

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

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

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ



Відповідальний редактор – проф., д-р техн. наук В. Д. Рудь

№33 2018

*м. Луцьк
Видавництво Луцького національного технічного університету*

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

№33 2018р.

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. Мельник А.О. (м.Київ)

проф., д.т.н. Сидорчук О.В. (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)

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.т.н. Самчук Л.М. (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**

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 №4 засідання від 27.11.2018)**

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.**

також входить до польської міжнародної
наукометричної бази даних

Index Copernicus

ISSN 2524-0560 (Online)

ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ

Hassan Mohamed Muhi-Aldeen, Tkachova O. B. A Method of network resource allocation in the networks supporting nfv technology. <i>[Мухи Алдин Хассан Мохамед, Ткачева Е. Б. Метод распределения сетевых ресурсов в сетях, поддерживающих технологию NFV.]</i>	5
Лаціна Р.О. Детектування рухів людини на відео послідовності в реальному часі.	12
Мельник В.М., Мельник К.В., Багнюк Н.В., Пишук Ю.С. Моделювання підходу зменшення затрат на копіювання під час обміну повідомленнями на базі TCP протоколів.	18
Науменко Т. О. Безсерверна технологія (Functions as a SERVICE) для створення хмарних мікросервісних додатків.	25
Попеляєв Д.П. Fog computing як проміжний обчислювальний шар між IoT та Cloud.	31
Шрамов О.Г., П'ятикоп О. Є. Розпізнавання рукописних цифр з використанням нейронної мережі.	37

ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

I. Andrushchak, Yu. Matviyiv, M. Poteychuk, O. Sivakovskaya, V. Martsenyuk. Features and prospects of outsourcing in the field of information technologies. <i>[Андрущак І.Є., Матвійів Ю.Я., Сіваковська О.М., Потейчук М.І., Марценюк В.П. Особливості та перспективи аутсорсингу у сфері інформаційних технологій.]</i>	42
Бунке О.С. Інформаційні засоби для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств.	46
Головачук І.П., Величко В.Л. Розробка конструкції установки для демонстрування 3d-голографічних проєкцій.	51
Гринюк С.В., Міскевич О.І. Технологічне керування точністю обробки поверхонь роликотішлипників в автоматизованих системах.	56
Дудник В. Ю. Автоматизація розв'язку анафори у системах аналізу природномовних текстів для української мови.	61
Журило А. Г., Сівак Є. М. Геометричні побудови при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричних проєкціях.	67
Захарчук Д.А., Захарчук В.Є., Ящинський Л.В., Коваль Ю.В. Впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні фізики.	72
Заяць В.М., Заяць М.М., Мошинський В.С., Рожанківський І.В. Системний підхід до побудови моделей для інтелектуального опрацювання даних в екзоінформаційних системах.	77
Ковалишин О.С. Інформаційна технологія оптимізації розкладів відновлювальної терапії.	85
Корінчук Н.Ю., Корінчук В.В. Використання інноваційних та комп'ютерних технологій при проведенні інтегрованих занять з математики та вищої математики.	90
Костючко С.М. Модель параметричної чутливості нелінійних систем.	95
Лабжинський В. А. Прогнозування стану складних технічних систем за допомогою нейронних мереж глибинного навчання.	98
Ліщина В.О., Ліщина Н.М., Повстяна Ю.С., Ящук А.А. Перспективи впровадження LMS системи на базі інформаційно-технологічної платформи Moodle в навчальний процес кафедри комп'ютерних технологій.	104
Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрущак І.Є. Математичне моделювання біосенсорних та імуносенсорних інформаційних систем.	110
Найдьонов І.М. Модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом авторанспорту.	121
Проніна О. І. Модель представлення послуги в умовах індивідуальних потреб клієнта.	128
Чуб І.А., Назіров Е.К., Назірова Т.О. Інструментальні засоби реєстрації покриття акустичними сигналами зони надзвичайної ситуації.	134

УДК 621.391

Hassan Mohamed Muhi-Aldeen, graduate student
Odessa National Polytechnic University

Tkachova O. B., teacher, Doctoral student of the department of infocommunication engineering,
Kharkiv National University of Radio Electronics

A METHOD OF NETWORK RESOURCE ALLOCATION IN THE NETWORKS SUPPORTING NFV TECHNOLOGY

Hassan Mohamed Muhi-Aldeen, Tkachova O. B. A Method of Network resource allocation in the Networks supporting NFV technology. Typical problems of modern telecommunication networks development were analyzed. New method of telecommunication network resources relocation and virtualization was proposed and got mathematical simulation. Developed algorithm takes into account relocation and performance of physical node parameters which are requested to provide the services with the required quality of service level. It was noted that the main advantage of the proposed method is the generation a set of paths to the physical nodes located in the same local area as a degrading service. The experiment results have shown that the total cost of migration could be reduced for the scheme that includes developed algorithms.

Keywords: telecommunication networks, virtualization, NFV Infrastructure, virtual node, resources allocation, objective function, ETSI.

Мухи Алдин Хассан Мохамед, Ткачева Е. Б. Метод распределения сетевых ресурсов в сетях, поддерживающих технологию NFV. Проведен анализ наиболее характерных проблем современных телекоммуникационных сетей. В результате анализа был предложен новый метод перераспределения компонентов и виртуализации сетевых телекоммуникационных сетей; на основе данного метода был построен соответствующий математический аппарат, который адекватно отображает происходящие в сетях процессы. Разработанный алгоритм учитывает параметр производительности узлов системы, которые запрашиваются при предоставлении соответствующих услуг с требуемым уровнем качества обслуживания. Было отмечено, что основным преимуществом предлагаемого метода является создание набора путей к физическим узлам, расположенным в той же локальной области, что и сервис, который подлежит дальнейшей реорганизации. Результаты эксперимента показали, что общая стоимость реорганизации может быть существенно уменьшена в случае внедрения схемы, которая включает разработанные алгоритмы оптимизации системы.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, виртуализация, инфраструктура NFV, виртуальный узел, распределение ресурсов, целевая функция, ETSI.

Мухі Алдін Хассан Мохамед, Ткачова О. Б. Метод розподілу мережевих ресурсів в мережах, що підтримують технологію NFV. Проведено аналіз найбільш характерних проблем сучасних телекомунікаційних мереж. В результаті аналізу було запропоновано новий метод перерозподілу компонентів і віртуалізації мережевих телекомунікаційних мереж; на основі даного методу було побудовано відповідний математичний апарат, який адекватно відображає процеси, що відбуваються у мережі. Розроблений алгоритм враховує параметр продуктивності вузлів системи, які запитуються при наданні відповідних послуг з необхідним рівнем якості обслуговування. Було відзначено, що основною перевагою запропонованого методу є створення набору шляхів до фізичних вузлів, розташованих в тій же локальній області, що і сервіс, який підлягає подальшій реорганізації. Результати експерименту показали, що загальна вартість реорганізації може бути істотно зменшена в разі впровадження схеми, яка включає розроблені алгоритми оптимізації системи.

Ключові слова: телекомунікаційні мережі, віртуалізація, інфраструктура NFV, віртуальний вузол, розподіл ресурсів, цільова функція, ETSI.

Introduction. The development of modern telecommunication networks is fraught with a number of difficulties: the increase in the volume and the expansion of the functionality of the services provided entails complicating the management mechanisms and increasing the requirements for the equipment of the network infrastructure [1]. Thus, a number of tasks of the session and application layers are superimposed on the network equipment of the transport and data link layer [2, 3], as well as the need to support a number of additional protocols responsible for managing the transmitted information. The current situation leads either to an increase in the cost of the network infrastructure, or to the occurrence of overloads in the network and, as a result, to a decrease in the quality of the provided services. The level of virtualization is a set of abstractions: virtual machines with different operating systems (OS) and applications and storage centers. They provide the formation and provision of services to end users.

The creation and implementation of networks supporting Network Function Virtualization (NFV) is one of the most promising ways to solve the problem of improving the quality of services. Due to the fact that NFV [2,3] technology allows the software to implement a wide range of functions and services, which are currently provided only by network equipment implemented as hardware (firewalls, edge routers, switches, access servers and others), in the form of open source software. Thus, with the use of

NFV technology, any type of service can be quickly implemented and provided to the customers in required time and quality terms.

As the popularity of NFV grows, the complexity of their management systems also increases. For example, incorrect resources allocation in the network supporting NFV may result in irrational use and the accuracy of the following problems:

- disbalanced resources distribution/unloading between logical fragments networks in case the intensity of requests for services is low. The disbalance of resources distribution leads to an unjustified increase in the financial costs of supporting both the virtual environment and the physical network lied in the basement;

- potential overload in those areas of the network where the intensity of requests for services is high, which leads to the occurrence of failures and denials of access, and, consequently, the reduction in reliability entails the imposition of penalties.

To eliminate the above disadvantages, the mechanisms of dynamic redistribution of network resources or migration of virtual nodes. However, when developing such mechanisms, several difficulties arise related to the unreasonably high cost of accurately calculating the load intensity, the distribution of requests for virtual network resources, and the level of popularity of the services provided [4, 5].

Lots of work on the development of methods for redistributing network resources is based on the distribution of virtual resources, where the objective function are minimizing bandwidth in the communication channels [6], increasing the level of availability by reserving resources [7] or expensive self-organizing network [8]. The application of approaches [6-8] allows to adapt well enough to network overloads, but it does not allow to estimate the cost of this adaptation - the cost of redistribution of resources, which in some cases leads to inefficient use of resources. Thus, the development of an algorithm that reacts responsibly to the deterioration of service quality in multiservice networks supporting NFV technology, as well as the cost of the process of reallocation of network resources, is an actual task.

Planning and allocation of resources in the networks supporting NFV technology. Accordance to the ETSI recommendations [9, 10], the architecture of the networks supporting Network Function Virtualization technology includes three main components: physical nodes (resources), virtual nodes (resources) и платформи управління и оркестровки сервисов (NFV MANO). The block diagram of the architecture of the network supporting network functions virtualization is shown in Fig. 1.

For a correct cooperation between the physical and virtual components of a network infrastructure component responsible MANO. According to the specifications and recommendations of ETSI [25], the main purpose of the MANO system is to manage the processes of providing services to end users: the MANO system coordinates all actions of the NFV infrastructure equipment, including the search and allocation of network resources required for the formation and provision of services, as well as support and monitoring of the services condition throughout the life cycle.

The NFV Infrastructure (NFVI) is a single platform for processing, storing and transferring data, which is realized through the interaction of physical and virtual network resources. Physical resources of NFVI include server hardware, switching and routing equipment, data storage systems and communication channels. The well-coordinated interaction of these components ensures the correct data transfer from the end user to the computing elements, and vice versa.

The level of virtualization is a set of abstractions: virtual machines with different operating systems (OS) and applications and storage centers. It is provide the formation and provision of services to end users.

Usually the allocate of additional resources both virtual and physical is required during the services provision process. In this case, the lack of physical resources leads to the limitation of virtual resources and, as a consequence, degradation of the quality of services running on virtual nodes. The different mechanisms are implemented with the aim to maintain requested quality of service [4-8], that allow to increase network performance due to forwarding service to the less loaded physical node [7], minimize the required bandwidth [6] during migration process, increase availability due to resources redundancy [8]. The existing algorithms for redistribution of network resources have a common significant drawback - the adoption of a management solution based on statistical data, which does not allow to evaluate the current interaction of network resources.

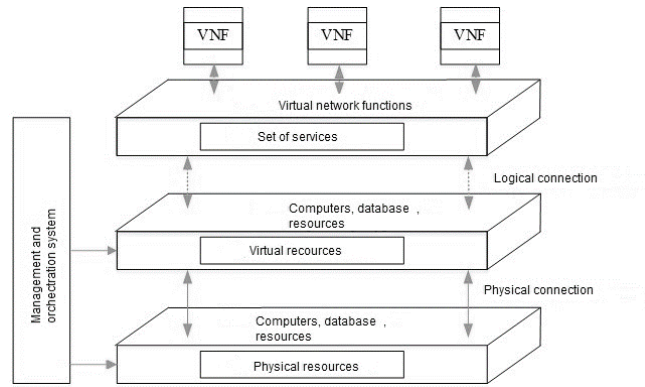


Fig.1.

In order to describe the interaction of network components in the development of the migration algorithm, it was suggesting to use a model approach [11]. The physical infrastructure of a multiservice network is represented by an oriented graph:

$$G_s = (N_s, E_s), \quad (1)$$

where

N_s is the set of network nodes, $\{n_{s1}, n_{s2}, n_{s3}, \dots \in N_s\}$,

E_s is the set of links between nodes $\{l_{s1}, l_{s2}, l_{s3}, \dots \in E_s\}$.

The virtual network architecture worked over physical architecture also can be represented by oriented graph (fig. 1):

$$G_v = (N_v, E_v), \quad (2)$$

where

N_v is the set of virtual nodes realized over physical nodes, $\{n_{v1}, n_{v2}, n_{v3}, \dots \in N_v\}$,

E_v is the set of links between virtual nodes, $\{l_{v1}, l_{v2}, l_{v3}, \dots \in E_v\}$. Each virtual node $n_{v_s}, \{v \in N_v\}$ is characterized by performance, each arc is characterized by bandwidth capacity $a_{l_v}(t)$.

In RFC 7149 [12], IETF P1903.3 [13], ETSI GS NFV 002 [14] proposed to provide analysis and further evaluation the set of network characteristics with aim to provide the complex estimation of service provision quality. Proposed to analyses the following network characteristics:

- cost of service provision $c(s)$;
- response time $t(s)$;
- reliability $r(s)$;
- availability $a(s)$.

In general, the value of chosen network characteristics $t(s)$, $r(s)$, $a(s)$ can characterize by complex indicator. The value of complex indicator depends on as well as performance both physical and virtual nodes and bandwidth ability. The complex performance and bandwidth can characterize by the following equation:

$$p_s(t) = p_{n_s}(t) + p_{v_s}(t);$$

$$Th_s(t) = \min(Th_{l_s}(t), Th_{l_v}(t)), \quad (3)$$

where

$p_{n_s}(t)$ is performance of physical node in the time t ,

$p_{v_s}(t)$ is performance of virtual node in the time t .

Virtual node performance always depends on physical node performance $p_{v_s}(t) < p_{n_s}(t)$.

$Th_s(t)$ is an available bandwidth of physical channel in the time t ,

$Th_v(t)$ is in available bandwidth in the time t . Bandwidth of virtual channel always depends on bandwidth of physical channel $Th_s(t)$ and cannot bigger that $Th_s(t)$: $Th_v(t) < Th_s(t)$,

In case of the physical node is not able to provide necessary for the effective operation of virtual resources performance and, as result, the required level of quality cannot be provided the mechanisms resource allocation are activated.

Reallocation of resources is carried out by migrating the virtual node from original physical node to another, less-loaded, physical node. Proposed method of resources relocation based on the analysis of the current performance of physical nodes and cost of migration.

The result of the functioning of the algorithm is a set of physical nodes with the required level of performance, the cost of migration for which is the smallest.

The objective function $Q()$ of proposed method can be characterized by the following formalization:

$$Q(p_s, C_{tot}(n_v)) \rightarrow \min_{CP_\alpha}, \quad (4)$$

where

p_s is the performance,

c_s is the cost of migration,

CP_α the management rules and policies.

In the analyzed case the optimization task can be reduced to the search of minimum value of the total cost of network resources reallocation - $\min(C_{tot}(n_v))$

The total cost of resources reallocation includes the following components:

- the "deploying" cost. The "deploying" cost is the cost of the degradation service implementation on another physical environment. The "deploying" cost includes the cost of service downtime during the selection of alternative physical nodes and preparation for implementation, $C_{reloc}(n_v)$;

- the cost of connection maintaining or migration cost. The cost of connection maintaining is the cost of service movements between new physical environment and environment where degradation service located. The cost of connection maintaining includes the cost bandwidth reservation and support of requested performance, $C_{mig}(n_v)$.

The total resources allocation cost can be characterized by the following equation:

$$C_{tot}(n_v) = C_{suspend}(n_v) + p_{n_s^r}(t) * C(M_{N_v^r}(n^r)) + \sum_{l_s} \sum_{l_v \in M_{L_v^r}} C(M_{L_v^r}(l^r)), \quad (5)$$

where

$p_{n_s^r}(t)$ is the alternative physical node corresponded to the QoS requirements;

$C(M_{N_v^r}(n^r))$ is the "deploying cost";

$C(M_{L_v^r}(l^r))$ is the migration cost.

The migration cost of includes the cost of allocating / reserving the bandwidth required for migration. The migration cost can be determine by the following equation:

$$C_{mig}(n_v) = C(l_s) * \sum_{l_s \in P_{mig}(n_v^r)} \min Th_{l_v^r}, \quad (7)$$

where

$l_s \in P_{mig}(n_v^r)$ is the route for migration of degradation service to the new physical node.

The total migration cost includes the cost of reallocation of resources and direct cost of migration:

$$C_{tot}(n_v) = C_{reloc}(n_v) + C_{mig}(n_v). \quad (8)$$

The main aim of proposed algorithm of resources allocation is the find out such the rough $l_s \in p_{mig}(n_v^r)$ for migration that has minimum total component of the cost of redistribution is minimized

$$C_{tot}(n_v) \rightarrow \min$$

To archive the aim the following steps are proposed:

- the definition of virtual nodes set, the migration of which is necessary – nodes with the load constantly increasing, and productivity, with increasing load, decreases (as a rule, there is a decrease in the physical node);
- the definition of the set of most suitable for migration physical nodes, which are located in one zone with a degrading service. As such nodes are the most tolerant to crashes and overloads;
- searching the routes allowed to ensure the lowest cost and final choice of nodes for migration. the algorithm should effectively map nodes and links to achieve the minimum goal of redistribution and migration;
- $C_{reloc}(n_v)$ and $C_{mig}(n_v)$ calculation.

A pseudo-code describing the behavior of the developed algorithm can be represented as follows:

```

Reallocate(nv, min(Ctot(nv)))
ReallocationResult ← failure
Remap Ctot(nv) ← ∞
Search nearnrv
if nearnv is less than required then
    for all ns ∈ near nv(degrad)
        do map nv in ns
        for all lv ∈ Snv do
            re-map virtual node to physical node
        end for
    if Ns mapping succeeds then
        ReallocationResult success
    if Creloc(Ns) < Creloc(Ns+1) then
        do route nv(degrad) in Ns
        for all lv ∈ Es ∩ Ev do
            do route nv in ns
            for all lv ∈ Snv do
                route virtual link ls onto a substrate path α using shortest path
                algorithm
            end if
        end if
    end if
end for
if ReallocationResult = Success then
    Add Creloc(nv) + Cmig(nv) to Ctot(nv)
end if
end if
return ReallocationResult
    
```

Evaluation of the proposed method of resources allocation

Mininet network emulator was used [15] to simulate activities of the fragment of network supporting NFV technology. The topology of the experimental fragment of the network is shown in Fig. 2.

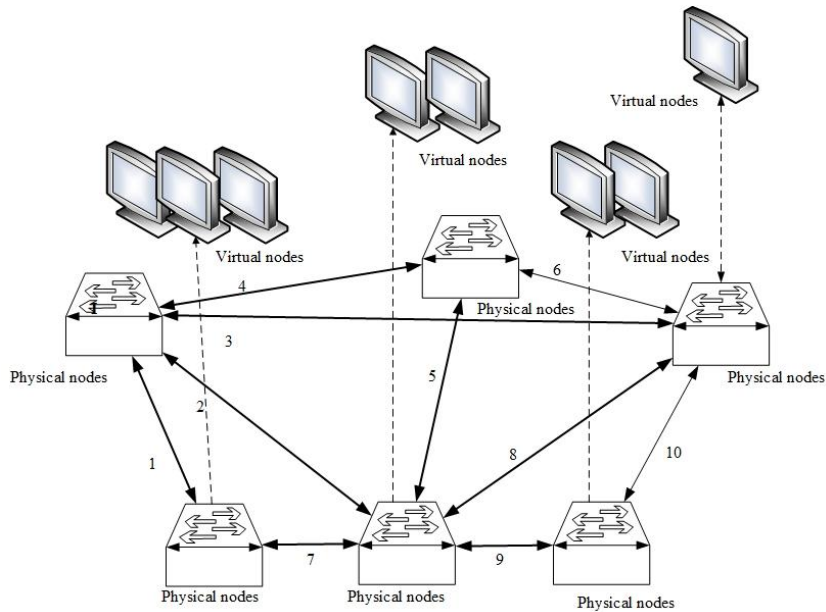


Fig. 2. Fragment of the experimental network

During the experiment the following well-known algorithms has been used: RSforEVN [8], DVNMA_NS [16] and proposed algorithm.

The following metrics has been used for experimental results evaluation:

- the “deploying” cost $C_{reloc}(n_v)$;
- the migration cost $C_{mig}(n_v)$.

The following data has been used as an input data:

- the threshold of physical node performance – 80%;
- bandwidth threshold – 1,2 Mbps;
- response time threshold – 350 ms;
- maximum data value is allowed in case of migration – 780 Mb.

Experimental result is provided in the Table 1.

Table 1.

Experimental result

The “deploying” cost $C_{reloc}(n_v)$		
RSforEVN	DVNMA_NS	Proposed algorithm
77	450	97
The cost of migration $C_{mig}(n_v)$		
RSforEVN	DVNMA_NS	Proposed algorithm
126	457	115

As the results of the experiment show, the cost of the planned reallocation of the resources of the developed algorithm is not significantly inferior to the cost of RSforEVN, but 4.5 times less than the cost of DVNMA_NS, and when estimating the cost of migration, it is minimal. The main advantage of the developed algorithm is the choice of the nearest alternative physical nodes, the performance of which does not exceed the specified limit, which allows to significantly reduce the cost of migration.

Conclusion. The method of network resources relocation in networks supporting network function virtualization is proposed in the work. The proposed algorithm takes into account such network parameters as a cost of resources relocation and performance of physical node requested to provide the services with the required QoS level. The main advantage of the proposed method is the generation a set of paths to the physical nodes located in the same local area as a degrading service.

The model includes two stages: generation the set of paths based on the criteria (2)-(4) and calculation of migration cost for each paths (5)-(8).

The experiment results show the total cost of migration is reduced in the case of using proposed algorithms.

1. Agushaka J. O. Effect of Weighting Scheme to QoS Properties in Web Service Discovery/Agushaka J.O., Lawal M. M., Bagiwa, A. M. and Abdullahi B. F//International Journal of Computer Science and Information Security Vol. 7 No. 3 March 2010. P.92-100.
2. ETSI Industry Specification Group (ISG). NFV, ETSI GS NFV 002 V1.2.1: Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework [online]. Available at: <http://www.etsi.org/deliver/etsigs/NFV/001099/002/01.02.0160/gsNFV002v010201p.pdf>, December 2014.
3. ETSI Industry Specification Group (ISG). NFV, ETSI GS NFV-MAN 001 V1.1.1: Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration, <http://www.etsi.org/deliver/etsigs/NFV-MAN/001099/001/01.01.0160/gsNFV-MAN001v010101p.pdf>, December 2014.
4. Tran P.N., Timm-Giel A. Reconfiguration of virtual network mapping considering service disruption. In: (ICC), 2013. P.160-169.
5. Lu J., Turner M., Efficient Mapping of Virtual Networks onto a Shared Substrate. Tech. rept. Washington University in St. Louis, Jonathan. 2006. 152 p.
6. Zhang S., Sheng Q. and all. Virtual Network Embedding with Opportunistic Resource Sharing. Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions, 2014. Vol. 25(3), P. 816–827.
7. Zhani M.F., Zhang Q., Simon G. VDC Planner: Dynamic migration-aware Virtual Data Center embedding for clouds. In: Integrated Network Management (IM 2013), 2013 IFIP/IEEE International Symposium on. 2014. P.112–118.
8. Jmila H., Houidi I., Zeglache D. RSforVNE: Node Reallocation Algorithm for Virtual Networks Adaptation. In: 19th IEEE Symposium on Computers and Communications (IEEE ISCC 2014).
9. NFV.Network Operator Perspectives on Industry Progress. Online. Available at: https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper2.pdf
10. Infonetics Research, Inc. SDN and NFV Strategies: Global Service Provider Survey [Электронный ресурс]. 2014 39 с. Режим доступа: <http://alu.us.neolane.net/res/img/286758382c7e061c52883e873cee02e6.pdf>
11. Поповский В. В. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах: [учебник] / В. В. Поповский, В. Ф. Олейник. - Х. : СМИТ, 2011. 362 с. ISBN 978-966-2028-72-0.
12. ITU-T Recommendation E.802. Series E: Overall network operation, telephone service, service operations and human factors - Framework and methodologies for the determination and application of QoS parameters. Geneva: International Telecommunications Union. – 2007.
13. P1903.3 - Standard for Self-Organizing Management Protocols of Next Generation Service Overlay Network (NGSON)
14. GS NFV 002 Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework. 15. Mininet: An Instant Virtual Network on your Laptop (or other PC) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mininet.org/>
15. Sun G., Yu H., Anand V. A cost efficient framework and algorithm for embedding dynamic virtual network requests. Future Generation Comp. Syst., 2013. Vol. 29(1), P.1265–1277.

УДК 621.865.8

Лаціна Руслан Олегович

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДЕТЕКТУВАННЯ РУХІВ ЛЮДИНИ НА ВІДЕО ПОСЛІДОВНОСТІ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ.

Лаціна Р.О. Детектування рухів людини на відео послідовності в реальному часі. Представлено комплексний алгоритм розпізнавання рухів людини на відеопослідовності в реальному часі, який може працювати в режимі автономного розпізнавання і в режимі інтерактивного розпізнавання рухів людини. Запропоновано дворівневу архітектуру для комплексного алгоритму розпізнавання рухів людини, що містить на першому рівні кроки отримання послідовних кадрів з відеокамери, перед обробки отриманих кадрів, і виявлення людини на відеокадрі.

Ключові слова: Детектування, розпізнавання рухів, відео послідовність, алгоритм, відеокамера, алгоритм Джонса-Віоли, ознаки Хаара, нейронна мережа.

Лацина Р.О. Детектирование движений человека на видео последовательности в реальном времени. Представлен комплексный алгоритм распознавания движений человека на видеопоследовательности в реальном времени, который может работать в режиме автономного распознавания и в режиме интерактивного распознавания движений человека. Предложена двухуровневую архитектуру для комплексного алгоритма распознавания движений человека, которая содержит на первом уровне шаги получения последовательных кадров с видеокамеры, предварительной обработки полученных кадров, и выявления человека на видеокадре.

Ключевые слова: Детектирование, распознавания движений, видео последовательность, алгоритм, видеокамера, алгоритм Джонса Виоли, признаки Хаара, нейронная сеть.

Latsina R. O. Detection of human movements at real time video sequence. A complex algorithm for recognizing human movements on a video sequence in real time is presented, which can work in the mode of autonomous recognition and in the mode of interactive recognition of human movements. A two-level architecture for a complex algorithm for recognizing human movements is proposed, which contains, at the first level, steps to obtain successive frames from the video camera, preliminary processing of the received frames, and identification of a person on the video frame.

Keywords: Detection, motion recognition, video sequence, algorithm, video camera, Jones Viola algorithm, Haar signs, neural network.

Вступ та постановка проблеми дослідження. В історії розвитку персонального комп'ютера спостерігалася еволюція користувальницького інтерфейсу в людино-машинній взаємодії (ЛМВ) від текстового командного інтерфейсу до графічного інтерфейсу, від простої клавіатури до миші, джойстика, електронної ручки, відео камери, і т.д. [1,] Пристрої ЛМВ стали більш зручними і природними для користувача. В даний час, з введенням нових понять, таких як «Віртуальне середовище – ВС», «людино-машинна інтелектуальна інтеракція – ЛМІ», «перцепційний призначений для користувача інтерфейс – ППІ » і т.д. потрібна розробка більш потужних і зручних способів взаємодії людини з комп'ютерною системою.

В якості одного із способів забезпечення комфортної взаємодії з комп'ютером, людська рука може бути використана в якості інтерфейсу введення [1, 2]. Жести є потужним каналом зв'язку, який формує основну частину передачі інформації в нашому повсякденному житті.

У порівнянні з традиційними пристроями ЛМВ, жести є менш нав'язливим, простим, більш зручними і природним способом взаємодії для користувачів. Проте, виразність жестів все ще залишається недостатньо вивченою для вирішення проблеми людино-машинної взаємодії.

В останні роки з'явилася і почала швидко розвиватися тенденція використання жестів, особливо жестів руки, як способу взаємодії з комп'ютерною системою. Розпізнавання жестів, таким чином, стало найважливішою частиною в ЛМІ і почало залучати безліч дослідників. Крім того, розроблені в ЛМІ технології також знаходять застосування в інших областях, таких як управління роботами, телеконференції, переклад мови жестів (для глухих), управління комп'ютерними іграми, і т.д.

Мета. Запропонувати комплексний алгоритм розпізнавання рухів людини на відеопослідовності в реальному часі, який може працювати в режимі автономного розпізнавання і в режимі інтерактивного розпізнавання рухів людини. Окреслити дворівневу архітектуру для комплексного алгоритму розпізнавання рухів людини, що містить на першому рівні кроки отримання послідовних кадрів з відеокамери, перед обробки отриманих кадрів, і виявлення людини на відеокадрі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні, кількість наукових розробок, щодо теми дослідження є суттєвою.

А.І. Томіліна та С.А. Савельєв [1] виконали порівняльний аналіз детекторів точкових особливостей для детектування і визначення напрямку руху на відеопослідовності. Авторами здійснено тестування швидкодії і якості реалізованих алгоритмів, проаналізовано вплив попередньої обробки на результат роботи алгоритмів.

К.В. Шепелев [2] розкрив точність детектування рухомих об'єктів на основі програмного забезпечення з відкритим кодом, що не перевищує 60%, це обумовлено існуючою проблемою, перший аспект полягає у відсутності алгоритмів і програмного забезпечення для імпортозаміщення, другий аспект полягає у високій вартості створення окремої системи відеоспостереження з функціями детектування і класифікації рухомих об'єктів.

Виявлення рухів об'єктів в послідовності зображень розкрили на сторінках своєї праці [3] Нгуєн В.Н. та Нгуєн Т.Т.

Із зарубіжних авторів варто наголосити на роботах Wu Y., Liu Q., and Huang T. [4], Yang J., Xu Y., Chen C. [5].

Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень, питання детектування рухів на відео послідовності залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Виклад основного матеріалу. Для опису динамічного компонента жестів потрібно створити відповідний класифікатор руху, що забезпечує можливість розпізнавання різних форм руху в реальному часі. Класифікатор руху повинен сприяти розпізнаванню сильно деформованих форм траєкторії (у порівнянні зі стандартними навчальними формами), тому що реальні рухи руки, що виконуються користувачами, можуть змінюватися і істотно відрізнятися від стандартних форм. Інші труднощі при розпізнаванні руху руки полягають в тому, що точки траєкторії, які спостерігаються при виконанні жесту дуже обмежені, особливо коли жест виконується з високою швидкістю за короткий час. У розглянутих роботах немає рішення проблеми розпізнавання руху. Алгоритм реалізації системи детектування рухів на відео послідовності, що пропонується у рамках даного дослідження наведено на рисунку 1.

Перший рівень призначений для виявлення присутності руки в області видимості відеокамери і для ініціалізації роботи алгоритмів розпізнавання і трекінгу другого рівня. Звичайна відеокамера записує в одну секунду від 15 до 30 кадрів розміру 640x480 пікселів, і в кожен момент часу відеосистема доставляє тільки один кадр для обробки.

Система розпізнавання жестів в реальному часі повинна обробляти відеокадри в міру їх надходження з відеосистеми. Таким чином, час обробки кожного кадру має бути не більше 66 мілісекунд, щоб не було затримки в роботі системи.

Для скорочення часу обробки, розмір кадрів зменшується до 320x240 пікселів на кроці перед обробки. На цьому кроці також відбувається перетворення отриманих кольорових кадрів у напівтонові зображення, тому що надалі алгоритми обробки працюють тільки з напівтоновими зображеннями.

Детектор руки виконує пошук присутності руки на кожному відеокадрі. Якщо на відеокадрі не виявляється рука, то кадр скасовується і в обробку запускається наступний відеокадр з відеосистеми. Якщо рука присутня на кадрі, то детектор руки відключається. Метою кроку виявлення руки є ініціалізація роботи алгоритмів трекінгу другого рівня шляхом визначення прямокутної області кадру, в якій знаходиться рука. Дана область кадру буде використовуватися як модель об'єкта для алгоритму трекінгу.

Для розпізнавання автономних жестів, на другому рівні застосовується розпізнавання пози і пов'язаного з нею глобального руху. Після того як становище руки визначається за допомогою детектора руки (на першому рівні), прямокутна область, де знаходиться рука, зберігається і передається в алгоритм трекінгу, а сам детектор відключається. Алгоритм трекінгу аналізує цю область для створення моделі об'єкта і починає процес трекінгу. вступники відеокадри з відеосистеми потім передаються відразу на другий рівень.

Після попередньої обробки (зменшення розміру і перетворення кадру в півтонове зображення), механізм трекінгу запускається для пошуку місця розташування руки на новому відеокадрі. Алгоритм розпізнавання поз потім працює тільки з областю кадру, де знаходиться рука, а не з цілим кадром, і, таким чином, може забезпечити високу швидкість розпізнавання, незалежно від реального розміру відеокадру. Якщо жест не завершений, новий кадр пропускається на обробку, інакше алгоритм розпізнавання руху запускається для розпізнавання отриманого жесту. Умовою завершення жесту приймається відсутність руки на кадрі, наприклад, коли рука рухається за межею області видимості камери і алгоритм трекінгу не може визначити

місцеположення руки на кадрі. Розпізнаний жест потім може перетворюватися в команди для роботи з комп'ютерною системою. Даний режим може використовуватися в системі взаємодії на основі жестів для виконання команд, функції яких аналогічні гарячим клавішам.

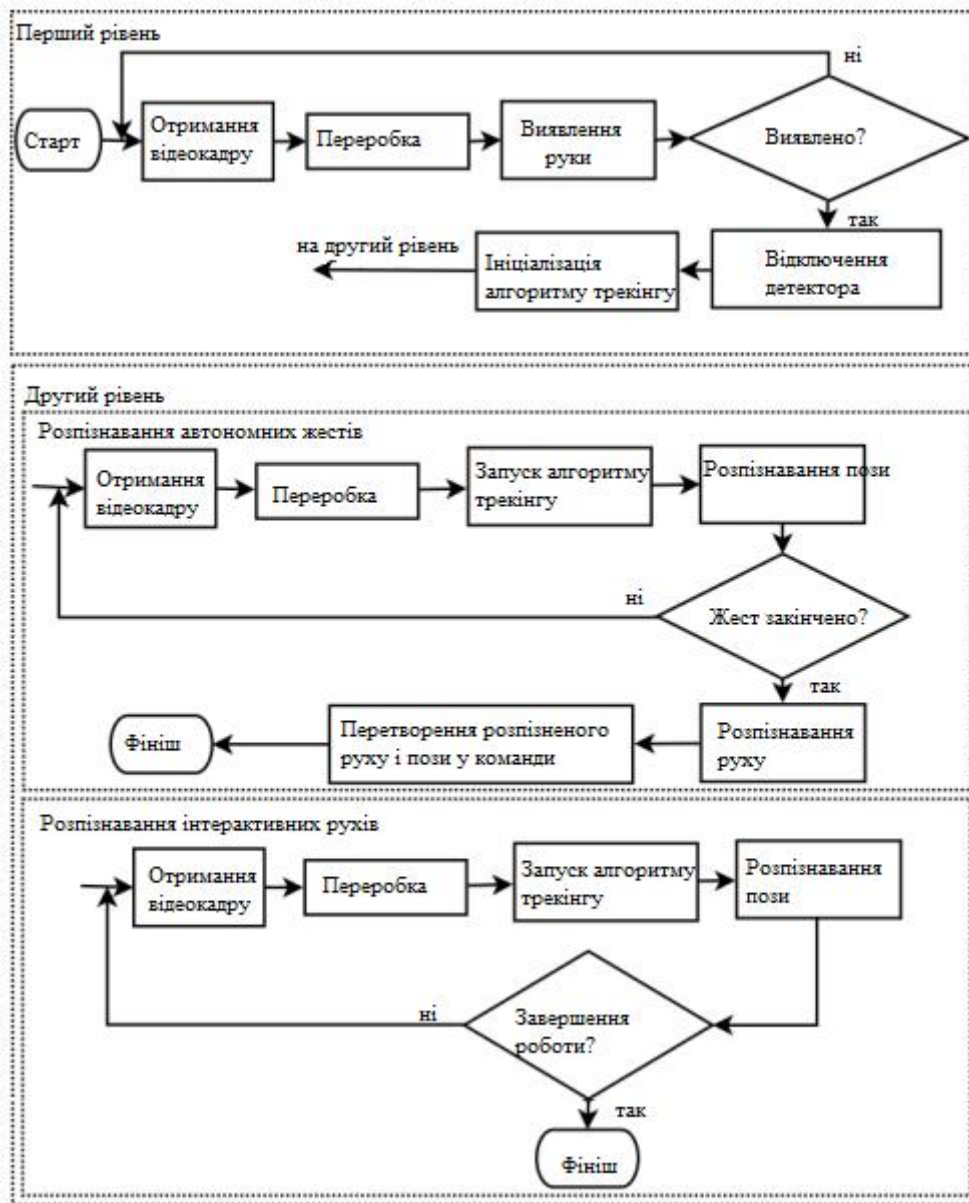


Рис. 1. Схема комплексного алгоритму розпізнавання жестів

Для розпізнавання інтерактивних жестів для прямої маніпуляції, на другому рівні застосовується розпізнавання пози і алгоритм трекінгу. При цьому трекінг також відповідає за спостереження за становищем руки на кожного з них.

Розпізнавання пози дозволяє виконати команди, такі як клацання миші.

Даний режим розпізнавання призначається для безперервної роботи з комп'ютерною системою, такий як віддалене управління курсором миші, малювання за допомогою жестів, і т.д. Умовою завершення роботи є відсутність руки на кадрі, коли рука рухається за межу області видимості камери.

Виявлення руки на зображенні є первинним завданням системи розпізнавання жестів. В даний час, метод Джонса-Віоли з використанням ознак Хаара і каскадного AdaBoost класифікатора [6] вважається одним з кращих алгоритмів по співвідношенню ефективності розпізнавання до часу обробки для таких завдань [2, 4]. Метод Джонса-Віоли спочатку був розроблений для завдання виявлення людських облич на зображенні.

Детектор Джонса-Віоли також володіє вкрай низькою ймовірністю помилкового виявлення об'єкта і добре розпізнає об'єкт під невеликим кутом, приблизно до 15 градусів для руки і 30 градусів для особи. Таким чином, застосування методу Джонса-Віоли дає можливість виявлення руки на відеопослідовності в реальному часі.

Основні принципи, на яких базується метод, полягають в наступному:

–представлення зображення в «інтегральному» вигляді, що дозволяє швидко обчислювати ознаки Хаара;

–пошук потрібного об'єкта на основі ознак Хаара;

–використання каскадної класифікації AdaBoost, що дозволяє швидко відкидати вікна, де не знайдений об'єкт, і концентрувати обчислення для областей з найбільшою ймовірністю знаходження об'єкта.

Основна ідея запропонованого алгоритму розпізнавання рухів на відео послідовності складається в тому, що зображення розглядається як текстовий документ, в якому візуальні ознаки (характерні точки і області) зображення враховуються як слова, що утворюють даний документ. Клас документа визначається шляхом обчислення частоти появи деяких «ключових слів». Дана ідея була взята з популярної в обробці текстових документів моделі "bagof-words" (BOW) [7].

Для застосування цієї ідеї в розпізнаванні об'єкта, характерні ознаки виділяються з набору зображень (бази даних для навчання), і потім поділяються на групи. У кожній групі вибирається один «представник» для всіх ознак групи. Обрані представники будуть служити «ключовими словами», з яких побудується так званий «словник ключових слів» (Безліч ключових слів). При зіставленні виділених ознак вхідного зображення з ключовими словами з словника ознак виходить гістограма ключових слів для даного зображення. Гістограма, що генерується служитиме дескриптором для розпізнавання у нейромережевому класифікаторі.

Алгоритм розпізнавання форми руки складається з наступних етапів:

1. Навчання класифікатора

а. Генерація словника візуальних ознак:

–Виділення ознак методом SURF;

–Кластеризація методом K-means;

–Генерація словника з кластерів.

б. Створення дескрипторів і навчання нейронної мережі:

–Зіставлення виділених ознак зі словником;

–Навчання класифікатора (нейронної мережі).

2. Розпізнавання

–Виділення ознак методом SURF;

–Зіставлення виділених ознак зі словником;

–Розпізнавання в нейронної мережі.

Початкове положення людини на відеокадрі визначається на етапі виявлення за допомогою детектора Джонса-Віоли. В процесі трекінгу, траєкторія руху записується для подальшої обробки в алгоритмі розпізнавання руху. Для вирішення цього завдання був розроблений швидкий алгоритм розпізнавання траєкторії руху руки на основі нейронної мережі.

Алгоритм розпізнавання траєкторії руху руки складається з наступних етапів:

Спрощення і згладжування траєкторії руху. В процесі трекінгу, траєкторія руху записується у вигляді масиву точок. Однак, при переміщенні людини, людина часто робить випадкові рухи малої амплітуди, що призводить до не "гладкої" траєкторії руху. Таким чином, в масиві даних, отриманому після закінчення руху, завжди присутній якийсь шум. Крім того, кількість точок для кожного руху досить велика, що ускладнює обробку. Для вирішення цієї проблеми, застосовується алгоритм Рамер-Дугласа-Пекера (Ramer-Douglas-Peucker), що дозволяє "згладити" траєкторію.

Передискретизація і перетворення траєкторії. Кількість точок в траєкторії руху людини не фіксована, а змінюється в залежності від швидкості переміщення і від швидкості обробки даних програмою. Механізм розпізнавання завжди вимагає, щоб число входів було фіксовано.

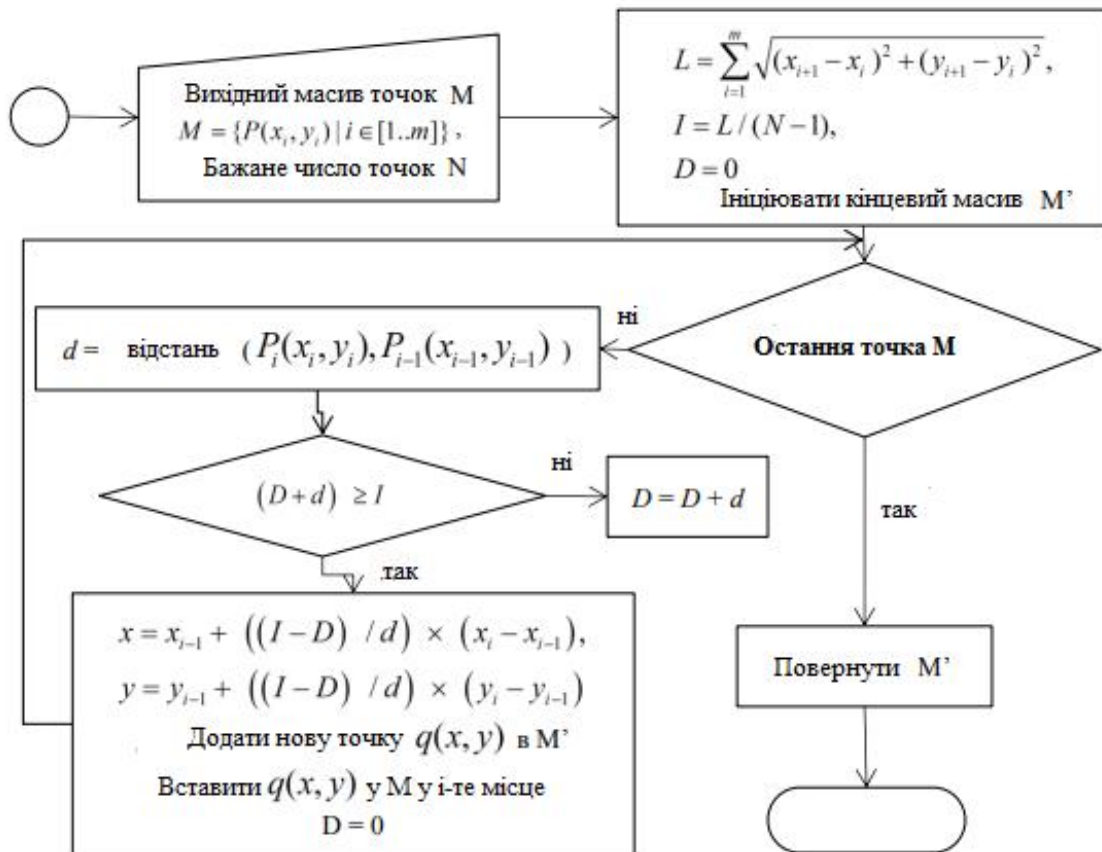


Рис. 2. Блок-схема процесу передискретизації і перетворення траєкторії

Повторна дискретизація (resampling) використовується для фіксування кількості точок траєкторії [8]. На даному етапі також виконується масштабування і переміщення траєкторії для підвищення ефективності дескрипторів, обчислених на наступному кроці.

Обчислення дескриптора. Масив точок траєкторії перетворюється в масив векторів нахилу і виконується обчислення синуса або косинуса кутів нахилу. Масив синусів (або косинусів) надалі буде служити входом для класифікатора.

Навчання та розпізнавання в нейронній мережі. Для розпізнавання форми траєкторії руху людини в якості класифікатора застосовується багатопшарова нейронна мережа зі зворотнім поширенням помилок.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Представлений новий комплексний алгоритм розпізнавання рухів людини на відеопослідовності в реальному часі, який може працювати в режимі автономного розпізнавання і в режимі інтерактивного розпізнавання рухів людини. Запропоновано дворівневу архітектуру для комплексного алгоритму розпізнавання жестів, що містить на першому рівні кроки отримання послідовних кадрів з відеокamera, перед обробки отриманих кадрів, і виявлення руки на відеокadrі. На другому рівні виконується стеження за рукою в часі, розпізнавання пози і розпізнавання глобального руху.

Запропоновано застосування алгоритму Джонса-Віюлі для виявлення руки у відеопотоці з можливістю функціонування в реальному часі.

Алгоритм працює на основі ознак Хаара, інтегрального зображення, і каскадного AdaBoost класифікатора.

- 1.Томила А.И., Савельев С.А. Анализ методов детектирования движения на видеопоследовательности на основе точечных особенностей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. – № 12. – С. 658-660
- 2.Шепелев К.В. Детектирование и классификация движущихся объектов в видеопоследовательности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2017. – № 12. – С. 658-660
- 3.Нгуен В.Н., Нгуен Т.Т. Обнаружение движущих объектов в последовательности изображений // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. – № 2. – С. 133-138
- 4.Wu Y., Liu Q., and Huang T. An adaptive self-organizing color segmentation algorithm with application to robust real-time human hand localization // Proceedings of the International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of

- Faces and Gestures in Real-Time Systems (RATFG-RTS '99). – Washington, DC: IEEE Computer Society, 1999. –P. 161-166.
5. Yang J., Xu Y., Chen C. Gesture Interface: Modeling and Learning // IEEE International Conference on Robotics and Automation (San Diego, CA, 1994). – IEEE Computer Society, 1994. –V. 2. –P. 1747-1752.
6. Руатаева А.В., Бандеев О. Е. Video based flame detection algorithm // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. – № 4. – С. 796-803.
7. Теплицкий Э.Г., Захаров С.М., Митрохин М.А. Метод обнаружения движущихся объектов на сложном динамическом фоне в оптическом диапазоне // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2016. – № 4 (40). – С. 16-26.
8. Афанасьев, Г.И. Особенности применения видеодетекторов движения в современных охранных системах видеонаблюдения [Текст] / Г.И. Афанасьев, Ю.В. Костенкова, С.А. Тоноян // Территория инноваций. – Энгельс, 2018. – № 4 (20). – С. 11-22

УДК 004.451

Мельник В.М., Мельник К.В., Багнюк Н.В., Пишук Ю.С.
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПІДХОДУ ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРАТ НА КОПІЮВАННЯ ПІД ЧАС ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ НА БАЗІ TCP ПРОТОКОЛІВ

Melnyk V.M., Melnyk K.V., Bahnyuk N.V., Pyshuk Y.S. Modeling of the copying overheads reduction based on TCP protocols during message exchange. The extension of the traditional socket interface is simplified for messaging based on TCP/IP protocols with using a new mechanism for finding the messages instead of receiving them at the set queue. Finding a message through a TCP socket allows the user to receive the expected message by skipping the order of the previous packets in the connection turn. By using the messaging search procedure, the user program can view the TCP socket as a list of messages that can be received or deleted with their data not just from the socket top, but from any arbitrary position in the queue. The simulated search mechanism allows you to bypass the operation of unwanted data copying into the library buffer before it is received and further displaying in the socket buffer. The interface for socket search messages can be used on the basis of the Linux kernel, and the results of an experimental verification can be obtained by using a set of simple micro-benchmark method.

Keywords: TCP/IP network interface, socket, message search, copying procedure, receiving time

Мельник В.М., Мельник К.В., Багнюк Н.В., Пишук Ю.С. Моделювання підходу зменшення затрат на копіювання під час обміну повідомленнями на базі TCP протоколів. Змодельовано розширення традиційного сокетного інтерфейсу для здійснення обміну повідомленнями на основі TCP/IP-протоколів з залученням нового механізму пошуку повідомлень замість їх отримання за встановленою чергою. Пошук повідомлення через TCP-сокет дозволяє користувачу отримувати очікуване повідомлення, обминаючи чергу проходження попередніх пакетів в порядку з'єднання. З застосуванням процедури пошуку під час обміну повідомленнями програма користувача може розглядати TCP-сокет як список повідомлень, що можуть отримуватися чи видалятися із їхніми даними не тільки з вершини сокета, а з будь-якої довільної позиції в ньому. Змодельований механізм пошуку дозволяє обійти операцію небажаного копіювання даних в буфер бібліотеки перед його отриманням і подальшим відображенням в буфері сокета. Інтерфейс для сокетів пошуку повідомлень може застосовуватись на базі ядра Linux, а результати експериментальні перевірки можуть бути отримані за допомогою набору простих мікро-тестових міток.

Ключові слова: TCP/IP мережевий інтерфейс, сокети, пошук повідомлень, процедура копіювання, час отримання.

Мельник В.М., Мельник К.В., Багнюк Н.В., Пишук Ю.С. Моделирование подхода уменьшения потерь на копирование в ходе обмена сообщениями на базе TCP протоколов. Смоделировано расширение традиционного сокетного интерфейса для осуществления обмена сообщениями на основе TCP/IP-протоколов с использованием нового механизма поиска сообщений вместо их получения согласно установленной очереди. Поиск сообщения через TCP-сокет позволяет пользователю получать ожидаемое сообщение, минуя очередь прохождения предыдущих пакетов в порядке соединения. С применением процедуры поиска при обмене сообщениями программа пользователя может рассматривать TCP-сокет как список сообщений, получаемых или удаляемых с их данными не только с вершины сокета, но и с любой произвольной позиции в нем. Смоделирован механизм поиска позволяет обойти операцию нежелательного копирования данных в буфер библиотеки перед его получением и последующим отображением в буфере сокета. Интерфейс для сокетов поиска сообщений может применяться на базе ядра Linux, а результаты экспериментальной проверки могут быть получены с помощью набора простых микро-тестовых меток.

Ключевые слова: TCP/IP сетевой интерфейс, сокет, поиск сообщений, процедура копирования, время получения.

1 Вступ. Високопродуктивні кластерні обчислення в основному використовуються для виконання довготривалих громіздких розрахунків наукового чи обчислювально-прикладного характеру. Особливо велику користь комп'ютерні мережеві кластери приносять в швидкодії виконання прикладних задач розподілених та локалізованих обчислень, які застосовуються в наукових мікроскопічних та телескопічних зйомках, які вимагають досить великої роздільної здатності. Подібні комп'ютерні системи здебільшого і потребують залучення у їх інтегровану роботу спеціалізованих операційних систем, спеціалізованого програмного та апаратного забезпечення [1]. Однак, домінуючу роль в обчисленнях подібного виду відіграє швидкодія, оскільки розподілені порції інформації передаються до кожного комп'ютера в системі на відповідну обробку, а параметр швидкодії прямо пропорційний швидкодії обміну пакетів між обчислювальними машинами, тобто отриманні та відсиланні повідомлень, які доставляють інформацію для обробки.

Крім того, окремі комп'ютери з відповідною частотою надсилають дані та повідомлення один одному чи на комп'ютер, що об'єднує оброблену інформацію з метою оновлення сукупної її цілісності, або надання іншим комп'ютерам даних та інформації, необхідних як параметрів чи доповнень для наступних розрахункових частин.

Базові комп'ютерні структури на основі кластерних компонентів можуть забезпечити гнучке та ефективне середовище для додатків з інтенсивною обробкою даних на базі розподілених платформ [2–5]. Додатки для таких структур розробляються спеціальним чином з набору підібраних взаємодіючих програмних компонентів, розміщення яких, поряд з ресурсами обчислення, відіграє важливість в ступені гнучкості та оптимізації продуктивності роботи прикладних додатків.

Наприклад, в роботі [5] згадується також, що в багатьох додатках з інтенсивною обробкою даних об'єм їх може розподілятися на визначені користувачем субблоки, обробка яких може проходити конвеєрно. Відмічається, якщо в ході організації роботи додатків обробка і зв'язок можуть перекриватися, то покращення продуктивності також буде залежати від розподілу обчислень, блоковості і розміру повідомлень, тобто субблоків даних. У відповідності з літературними даними блоки середніх та малих розмірів призводять до покращення балансу навантаження і конвеєризації. В практиці комунікації багато повідомлень генеруються саме блоками малих (до 1024 байт) розмірів. Однак блоки більшого розміру зменшують кількість повідомлень і досягають вищої пропускної здатності каналу зв'язку [6, 7]. Проте, ймовірно, вони можуть створювати дисбаланс навантаження і зменшення конвеєрності.

Додатки, написані з використанням інтерфейсу сокетів на базі *kernel* та TCP/IP поряд із вимогами продуктивності та інтенсивності обробки даних мають також і інші вимоги, такі як гарантія продуктивності, масштабованість цих гарантій і пристосованість до гетерогенних мереж. Щоб дозволити таким додаткам мати перевагу у використанні вискоефективних протоколів, дослідники використали ряд підходів, в тому числі і високопродуктивні сокетні рівні через протоколи на рівні користувача. До них відносяться і реалізація *архітектури віртуального інтерфейсу* та АНВ [10]. Додатки, які використовують їх, повинні бути написані з урахуванням збереження продуктивності зв'язку на базі TCP/IP протоколів.

Як показують результати окремих досліджень [5,10,11], в ході реорганізації окремих компонентів додатків досягаються значні покращення в продуктивності, яке приводить до підвищення масштабованості додатків з гарантіями виконання і дрібноблокового балансування навантаження. Таке навантаження, в свою чергу, робить додатки більш адаптованими до гетерогенних мереж. За архітектурою віртуального інтерфейсу різні характеристики роботи сокетів дозволяють більш ефективний поділ даних на вихідних вузлах, що призводить також до покращення продуктивності на порядок. Разом з високою продуктивністю сокети з низькими накладними затратами надають можливість додаткам досягти і якісних показників у багатьох напрямках вимірювання і мають чітке застосовуються у проектуванні, розробці та реалізації додатків з інтенсивною обробкою на сучасних кластерах. Не зважаючи на те, що структура кластера дозволяє багатьом комп'ютерам бути якомога повністю використаними з метою зменшити затрати часу на обчислення [5,6], все ж кластерні комп'ютерні системи зазнають накладних затрат в ході необхідної високопродуктивної комп'ютерної комунікації. Накладні затрати на виконання подібних обчислень залежать також і від кількості комп'ютерів в кластері, бібліотек використання для полегшення зв'язку, від вибору комунікаційного інтерфейсу між комп'ютерами та іншими складовими блоками всередині обчислювального кластера. Незважаючи на різноманітні експериментальні результати для кластерних взаємозв'язків останні дослідження продемонстрували взаємозалежність ефективного дизайну бібліотеки для організації обміну повідомленнями в кластерах, що використовують складові компоненти TCP/IP та Ethernet. Вони дозволили досягти продуктивності, співмірної із власними з'єднаннями [12, 13].

Отже, в даній роботі дослідження буде також спрямоване на прийомі та передачі повідомлень на основі TCP/IP протоколів.



Рис. 1. Залежність ефективності тримання очікуваного повідомлення від попередніх в черзі та неочікуваних повідомлень

Залежність витрат, які виникають під час використання повідомлень на основі протоколів сімейства TCP/IP, залежить від розміру повідомлень та їх частоти надходження на кожен робочий комп'ютер, і від того, чи повідомлення є очікуваним чи неочікуваним (несподіваним) для користувача. Повідомлення може надходити як неочікуване у тому випадку, якщо його дані надходять до приймача перед стартом системного виклику бібліотекою з метою одержати таке повідомлення в буфер пам'яті на рівні користувачького додатка. Відомо, що спочатку неочікувані дані копіюються в тимчасовий буфер бібліотеки [13, 14]. Для передачі повідомлень на базі TCP/IP-протоколів його можна вважати отриманим, коли дані про нього з'являються в мережі, а TCP-стек розміщує його в буфер сокета з'єднання між двома хостами комунікації.

Рисунок 1 висвітлює ту ситуацію, коли вона очікує на конкретне повідомлення поряд з неочікуваними повідомленнями, які надійшли до системи в той же момент. Наприклад, система очікує на повідомлення з комунікаційним інтерфейсом та з певним типом тега [8]. Інтерфейс передавання повідомлень (ПП) представляє собою стандартизовану і портативну систему передачі повідомлень, розроблену групою наукових та промислових дослідників для реалізації на різноманітних спаралелених обчислювальних архітектурах.

Для кластерної комунікації існує декілька досить ефективних реалізацій інтерфейсу передавання повідомлень, багато з яких є вільними і доступними чи відкритими для використання. Вищеописаний підхід сприяв також поштовху до розпаралелення програмного забезпечення з метою розробки великомасштабних і портативних додатків, які призначені до виконання паралельних обчислень.

В ході мережевої комунікації сокетний інтерфейс операційної системи для TCP-протоколів отримує певні байти або інформацію від утвореного з'єднання в установленому відповідному порядку, використовуючи один із системних мережевих викликів `recv()` або `read()`. Враховуючи це, щоб в наступному отримати доступ до очікуваного повідомлення, спочатку потрібно звільнити сокет від попередніх непередбачених повідомлень. В загальному процесі отримання повідомлень робочими додатками, ці дані, швидше за все, будуть потрібні пізніше. Кожне з них повинно бути скопійоване в спеціальну призначену пам'ять – пул прийому неочікуваних повідомлень. Такі операції перекопіювання неочікуваних повідомлень спричиняють суттєві накладні витрати (збільшується час затримки в ході отримання повідомлення) на копіювання. Далі, перед отриманням повідомлення на рівні додатка, потрібно перевірити пул прийому неочікуваних повідомлень, і лише після цього викликати до виконання функцію прийому очікуваного повідомлення для додатка користувача на рівні сокета з'єднання.

Метою даної роботи є моделювання розширення звичайного сокетного інтерфейсу на базі операційної системи Linux, за рахунок якого можна отримувати доступ до випадкового очікуваного повідомлення, тобто до місця його розміщення в сокетному буфері, обминаючи почерговість вибірки всіх попередніх перед ним повідомлень, які надійшли в чергу. Оновлений розширений інтерфейс повинен виконувати знаходження потрібної інформації в сокетному буфері і дозволяти додатку користувача отримувати очікуване повідомлення з будь-якого стекового положення, обминаючи операцію копіювання попередніх повідомлень в пул неочікуваних повідомлень, які надійшли раніше перед зазначеним повідомленням очікування додатком.

Збоку реалізації подібної розробки потрібно застосовувати багаторазовий пошук. Програма обміну повідомленнями або бібліотека використання повинна розглядати сокет TCP як послідовний список повідомлень, що можуть отримуватися додатком користувача і при реалізації процедури отримання зразу видаляти дані не тільки з вершини, як це робиться в порядку черги, але і з будь-якої довільної точки сокетного буфера.

Удосконалений діючий інтерфейс для сокетів, які відшуковують повідомлення в стеку у відповідності з вищеописаним методом, є взаємодоповнюючим для тих робіт, які своєю метою націлені на підвищення продуктивності процесу обміну повідомленнями з використанням протоколів TCP. Серед них можна виділити два напрямки – це ті, які спрямовані на використання перебудованої бібліотеки з удосконаленим або більш ефективним її дизайном чи конфігурацією та керовані подіями збоку власної доповненої архітектури або такі, які використовують спеціальну підтримку збоку втіленої апаратної перебудови, відмінної від загальноприйнятої та інтерфейсу мережевої карти, чи такі, які базуються на підходах розщеплення TCP-рівня [9,13,15]. Однак, дана робота базується на ефективності використання інтерфейсу операційної системи саме на рівні сокета для TCP-повідомлень і описана модель повинна співпрацювати з ідеями, які концентруються на підтримці інтерфейсу мережевої карти або на перебудованій архітектурі

діючої бібліотеки використання з метою підвищення продуктивності роботи інших системних компонентів.

Інтерфейс для здійснення необхідної операції пошуку очікуваних повідомлень в сокетному буфері згідно моделі може бути розроблений і реалізований на базі ядра Linux. Згідно літературних даних передбачається, що експериментальна перевірка може здійснюватися за допомогою використання тестового способу набору мікро-міток, дані для якого повинні отримуватися поза запитом, реалізованим для даного сокета. Результати деяких уже пророблених теоретичних розрахунків та припущень дають можливість виявити, що скорочення часу обробки з використанням сокетів, які прямим способом відшуковують повідомлення в стеку, повинно економити більш як третину часу. Зростання продуктивності системи, яка б функціонувала згідно з запропонованою моделлю, буде також прямо залежати від отримання більших за об'ємом повідомлень очікування чи від кількості попередніх повідомлень, які потрібно обійти в черзі отримання. Патч сокетів прямого пошуку повідомлень є доступний за адресою <http://www.ece.purdue.edu/~vrai/ssocks/>, який і можна використати в ході досліджень.



Рис. 2. Алгоритм функції recvmsg() для обміну TCP-повідомленнями на базі Linux

2. Основи Linux TCP

Згідно літературних джерел [9,13,14] TCP-стек під управлінням ядра Linux працює з сокетними буферами sk_buff's (sock_buf's чи skb's). Оскільки пакети даних приймаються мережевим пристроєм в процесі їх надходження, то вони розміщуються в так званій кільцевий буфер, а сокетний буфер sock_buff призначений для розміщення даних і повністю співвідноситься до них. Сокетний буфер sock_buff зберігає також метадані для кожного пакета, а стек операційної системи Linux для протоколів TCP/IP обробляє дані пакета, взаємодіючи з sock_buff. Для конкретного з'єднання, асоційованого кожного з сокетним буфером sock_buff проходить розміщення його в загальній черзі сокетних буферів. Для полегшення процедури прийому їх в правильному порядку та управління прийнятими пакетами кожному з sock_buff присвоюється послідовний номер в цій черзі, згідно якого вказується кількість байтів, надісланих для кожного пакета зокрема в ході з'єднання. Таке втілення дозволяє в процесі повторного запиту на рівні мережі можливість відновлювати пакети на стороні прийому та вилучати дані з сокетних буферів. Додаток користувача «не знає» або повинен би знати впорядкованість даних в пакетах чи почерговість надходження їх в мережу. Завдання, які асоціюються виключно з додатком користувача, полягають у тому, яким чином елементи даних надсилаються з джерела та визначення фіксованих їх довжин.

Коли програма користувача здійснює системні виклики `recv()`, `recvfrom()` або `recvmsg()` на TCP-сокеті, то функція `tcp_recvmsg()` виконується в ядрі Linux (`net/ipv4/tcp.c`). Рисунок 2 демонструє уривок наведеної блок-схеми алгоритму роботи цих функцій згідно запропонованої моделі. Функція `tcp_recvmsg()` починає копіювання даних з буферів `sock_buff's` у черзі сокета, які вказують на фактичні дані, розміщені в кільцевому буфері. Функція перевіряє перший `skb` у буфері сокета, а потім копіює дані в буфер простору користувача. Якщо `skb` має більше даних, ніж запитується, то функція `tcp_recvmsg()` залишає про це "мітку-нагадування" на черзі буфера сокета. Якщо користувач запитує більше даних, ніж об'єм даних, що розміщені на першому `skb`, то він виділяється разом з відповідними даними на кільцевому буфері, а вказані кроки, описані вище, продовжуються з наступним `skb` який знаходиться наступним в черзі. За замовчуванням функція `tcp_recvmsg()` повертає всі дані запиту із буфера сокета після процедури повного зчитування, вилучаючи всі буфери `skb's`, які містили очікувані дані отримання в повному об'ємі, і поновлює номер послідовності першого байта для здійснення наступної операції зчитування на сокеті.

Для відстеження треку, за яким здійснювалося зчитування з буфера сокетів TCP також використовує номери послідовностей і визначає порядок продовження процедури зчитування. На кожному кроці системна змінна `copied_seq` чітко фіксує порядок копіювання і отримує номер послідовності, за яким буде здійснюватися зчитування даних. Іншими словами, ця змінна міститиме впорядковану послідовність того, що вже було скопійовано, і що буде ще зчитуватися далі з черги прийому. В такому випадку, якщо послідовність номерів `copied_seq` була більша, ніж номер першої базової послідовності `skb`, а частина вже була зчитана з неї, то повна довжина запиту даних буде копіюватися, починаючи з номера послідовності, зазначеного в `copied_seq`. Отже, через використання зафіксованих номерів послідовностей будуть здійснюватися визначення даних, які запит прийому повинен зчитувати на сокеті.

3. Особливості додаткової процедури пошуку для запропонованої моделі

Основна мета застосування сокетів прямого пошуку повідомлень в черзі полягає в отриманні даних, які розміщуються на приймальному буфері сокета у будь-якому порядку. Коли дані копіюються з сокета, то відповідні суббуфери `skb`, які задіяні для шуканого повідомлення зі скопійованими даними, повинні бути вилученими з буфера, а поточний список їх (`skb'ів`) також повинен бути виправлений. Оскільки дані, які в номерах послідовності було зчитано, більше не наявні і не доступні з-за їх відсутності, то наступні звернення для їх отримання на сокеті повинні «знати про це» і враховувати, що ці дані більше не є доступними в буфері.

Це реалізується через список з'єднань, який містить початкові та кінцеві номери послідовностей для кожного "вибраного отвору" в сокетному буфері прийому. Створення отвору звільняє простір пам'яті у буфері сокета і дозволяє нормалізувати керування поведінкою TCP-потоків незалежно від місця в буфері, з якого були прийняті користувачем і видалені дані. Коли запит прийому починає процедуру копіювання даних користувачеві, він пропускає на шляху будь-яку дірку, яка йому зустрічається, і продовжує отримувати дані нормально, згідно порядкового номера, який слідує після дірки. В процесі отримування даних список дірок зростає, проходить їх зливання, а разом з тим і пов'язане з їх видаленням динамічне скорочення черги.

Запропонована реалізація прямого пошуку повідомлень в даній роботі вимагає створити оновлений потоковий протокол `SOCK SEEK STREAM`, який використовував би той же самий стек, що і TCP та звичайні сокети типу `SOCK_STREAM`. Однак базові функції повинні би бути дещо видозмінені таким чином, щоб можна було здійснювати прямий пошук сокетів типу `SOCK SEEK STREAM`.

У випадку, якщо сокетний запит здійснюється на звичайний сокет, який не здійснює процедури пошуку, або якщо виклик не відшукує пакет, який очікується користувачем для отримання, то шлях через стек TCP та його функції повинні бути майже ідентичними до коду, що використовується звичайним ядром Linux. Однак, якщо запит пошуку здійснюється на запропонованому сокеті пошуку згідно наведеної нами моделі, то шлях через стек TCP залишається однаковим, проте може змінюватися шлях коду через окремі функції. В основному зміни стосуються функції `tcp_recvmsg()`, її коду та субфункцій, які викликаються цією функцією.

Всі необхідні нововведені модифікації повинні також бути застосовними для керування списком дірок, їх порядковими номерами і `skb'ами` (буферами), які були вже зчитаними. Ще одна

вагома зміна повинна бути внесена до функції `tcp_recvmsg()`, яка стосується процедури отримання сокета, на якому здійснюється пошук. Вона полягає в відключенні механізму попереднього завантаження черги TCP. Хоча механізм попереднього завантаження черги TCP дозволяє краще керувати потоковими ресурсами в процесі обміну повідомленнями, однак він все ж спричиняє невелике зниження продуктивності роботи. Також неможливо легко змінювати чергу завантаження в загальній процедурі обміну повідомленнями для того, щоб дозволити реалізацію подальшого пошуку. В зв'язку з усім вищесказаним, механізм попереднього завантаження повинен бути вимкнений саме в момент прийому на сокет, який здійснює прямий пошук очікуваного повідомлення.

Після того, як змодельований сокет типу `SOCK_SEEK_STREAM` буде створений, відомі нам мережеві функції `recv()` і `recvmsg()` можна використовувати в роботі як звичайні функції. Нова розроблена функція `seek_recv()` реалізується у вигляді системного виклику, якому необхідно надати наступні аргументи:

```
ssize_t seek_recv(int s, void*buf, size_t len, int flags, size_t  
offset);
```

Аргументи для виклику функції `seek_recv()` ідентичні, як і для функції `recv()`, зі зміною, доданою для вказівки передавання кількості байтів для переведення в потік. Як відомо, таке зміщення завжди вказує на перший байт, який повинен бути отриманий через застосування системного виклику `recv()`.

Так як системний виклик `seek_recv()` змінює базову структуру `msghdr`, а потім викликає загальну функцію `sock_recvmsg()`, то для пошуку повідомлень очікування для конкретних одержувачів також можна використовувати функцію стандартної бібліотеки `recvmsg()`. Змінна `msg_seek` була додана до структури `msghdr` для того, щоб вказати зміщення пошуку. Модифікуючи структуру `msghdr`, передану в функцію `recvmsg()`, можна легше здійснювати пошук пакета, який очікується для отримання, без залучення в роботу нової спеціальної функції.

6 Висновки

У даній роботі запропоновано нове змодельоване розширення сокетного рівня, яке дозволяє отримувати випадковий доступи з одного TCP-з'єднання. Новий інтерфейс для сокетів прямого пошуку повідомлень, який отримує дані шуканого повідомлення поза запитом, може, на думку авторів, бути реалізований в системі Linux і протестований з використанням набору простих мікроміток. Модельні передбачення доводять про суттєве скорочення часу обробки отримання очікуваних повідомлень, а, за одно, і зростання загальної продуктивності обміну повідомлень.

Змодельовано новий сокетний інтерфейс, використання якого, як видно з наведеного алгоритму та удосконалення системних викликів, свідчить про те, що на початковому етапі розробки коду додатків потрібні лише деякі не значні зміни. На практиці використання цей інтерфейс потрібно буде інтегрувати в повнофункціональну бібліотеку обміну повідомленнями або бібліотеку, яка відповідала б за мережеву комунікацію, перш ніж робити подальші висновки.

Дією наступних досліджень послужить вплив повідомлень різного об'єму (байт) або різної їх кількості за встановленим порядком отримання на параметри отримання їх кінцевим користувачем та продуктивності роботи обміну взагалі на базі ядер системи Linux. Досвід використання цього нового інтерфейсу свідчить про те, що на початковому етапі розробки коду додатків потрібні лише деякі зміни.

1. Мельник В.М. Використання звичайних сокетів API для файлових систем типу Nadoop. / Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів. «Інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними комплексами» (5-6 квітня 2015 року). // Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк. – 2015, №18. – с. 40-49.
2. N. J. Boden, D. Cohen, R. E. Felderman, A. E. Kulawik, C. L. Seitz, J. N. Seizovic, and W.-K. Su. Myrinet: A Gigabit-per-Second Local Area Network. *IEEE MICRO*, 15(1):29–36, 1995.
3. P. Buonadonna and D. Culler. Queue Pair IP: A Hybrid Architecture for System Area Networks. In *Proceedings of the 29th International Symposium on Computer Architecture*, pages 247–256, May 2002.
4. D. Dunning, G. Regnier, G. McAlpine, D. Cameron, B. Shubert, F. Berry, A. Merritt, E. Gronke, and C. Dodd. The Virtual Interface Architecture. *IEEE MICRO*, 18(2):66–76, March 1998.
5. В. М. Мельник, Н. В. Багнюк, К. В. Мельник. Вплив високопродуктивних сокетів на інтенсивність обробки даних / Науковий журнал «ScienceRise» №6/2(11)2015. – с. 38-48.

6. Melnyk V.M. The Full Performance Effects for Parallel TCP Sockets on a Wide-Area Network. // Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк. – 2014, № 16-17 ст. 32-39.
7. V. Melnyk, N. Bahnyuk, K. Melnyk, O. Zhyharevych, N. Panasyuk. Implementation of the simplified communication mechanism in the cloud of high performance computations. *East-European journal of Enterprise Technologies*. – Kharkiv (DOI: 10.15587/1729-4061.2017.98896). – 2017. – № 2/2/86. – p. 24-32.
8. T. M. P. I. Forum. MPI: A Message-Passing Interface Standard. *International Journal of Supercomputer Applications*, 8(3/4), 1994.
9. P. Gilfeather and A. B. Macabe. Making TCP Viable as a High Performance Computing Protocol. In *Proceedings of the Third LACSI Symposium*, October 2002.
10. M. Lin, J. Hsieh, D.H. C. Du, and J. A. MacDonald. Performance of High-Speed Network I/O Subsystems: Case Study of a Fibre Channel Network. In *Proceedings of the 1994 conference on Supercomputing*, pages 174–183. IEEE Computer Society Press, 1994.
11. В.М. Мельник, П.А. Пех, К.В. Мельник, Н.В. Багнюк, О.К. Жигаревич. Побудова та використання міждоменого механізму зв'язку для високопродуктивної обробки даних. // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2016. – № 1/9/79. – с. 10-15.
12. S. Majumder and S. Rixner. Comparing Ethernet and Myrinet for MPI Communication. In *Proceedings of the Seventh Workshop on Languages, Compilers, and Run-time Support for Scalable Systems (LCR 2004)*, pages 83–89, October 2004.
13. S. Majumder, S. Rixner, and V. S. Pai. An Event-driven Architecture for MPI Libraries. In *Proceedings of the 2004 Los Alamos Computer Science Institute Symposium*, October 2004.
14. S. H. Rodrigues, T. E. Anderson, and D. E. Culler. High-Performance Local Area Communication With Fast Sockets. In *Proceedings of the 1997 USENIX Technical Conference*, pages 257–274, January 1997.
15. V. Melnyk, N. Bahnyuk, K. Melnyk, O. Zhyharevych, N. Panasyuk. Implementation of the simplified communication mechanism in the cloud of high performance computations. *East-European journal of Enterprise Technologies*. – Харків (Scopus DOI: 10.15587/1729-4061.2017.98896). – 2017. – № 2/2/86. – p. 24-32.

УДК 004.075:004.04:51-3

Науменко Т. О., аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

БЕЗСЕРВЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ (FUNCTIONS AS A SERVICE) ДЛЯ СТВОРЕННЯ ХМАРНИХ МІКРОСЕРВІСНИХ ДОДАТКІВ.

Науменко Т. О. Безсерверна технологія (Functions as a SERVICE) для створення хмарних мікросервісних додатків. У статті автор робить детальний аналіз необхідності та актуальності використання технологій, а саме у вигляді «Функція як сервіс». Досліджується використання веб-сервісів та контейнерів для хмарних сервіс-орієнтованих прикладних додатків.

Ключові слова: хмарні сервіси, мікросервісні додатки, обробка даних, метод віртуалізації.

Науменко Т. А. Безсерверна технологія (Functions as a Service) для создания облачных микросервисных приложений. В статье автор делает подробный анализ необходимости и актуальности использования безсерверных технологий, а именно в виде «Функция как сервис». Исследуется использование веб-сервисов и контейнеров для облачных сервис-ориентированных прикладных приложений.

Ключевые слова: облачные сервисы, микросервисные приложения, обработка данных, метод виртуализации.

Naumenko T. A. Non-server technology (Functions as a Service) to create cloud-based micro-service applications. In the article, the author make a detailed analysis of the necessity and relevance of using non-server technologies, namely in the form of "Function as a service". The use of Web services and containers for cloud-based service-oriented applications is explored.

Keywords: cloud services, microservice applications, data processing, virtualization method.

Вступ. Науковий розвиток інноваційних технологій, розширює спектр використання інформаційних засобів, які є результатом інтелектуальної діяльності висококваліфікованої частини сучасного суспільства, що в свою чергу викликає необхідність розвитку сервісів хмарних обчислень.

Використання та зберігання великих обсягів інформації є просто необхідним в сучасному суспільстві, але не завжди можливе в рамках одного підприємства у зв'язку з особливостями діяльності та наявністю необхідних апаратних та трудових ресурсів [4].

З цієї причини стає актуальною розробка безсерверної технології (Functions as a Service) для створення хмарних мікросервісних додатків, оскільки це в свою чергу дозволить клієнтам розробляти, запускати та керувати функціональними можливостями додатків без складності створення та підтримки інфраструктури, яка зазвичай пов'язана з розробкою та запуском додатка [3]. Перехід на автоматизацію зберігання та обробки інформації дозволить підвищити продуктивність праці в рамках конкретної галузі промисловості. У зв'язку з розвитком інформаційно-комунікаційних технологій стало можливим використання онлайн-сервісів у всіх ланках виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія зародження хмарних обчислень починається з 1950-х років вона тісно пов'язана із розвитком електроенергетики, перші кроки в розвитку безсерверних технологій та їх порівняння із можливими електронними носіями можна знайти в роботах Дугласа (Douglas Parkhill) зокрема в книзі «The Challenge of the Computer Utility» 1966 року. На думку іншого вченого тих часів Херба Гроша, необхідно близько 15 масштабних центрів для обробки всіх даних, які виникають в процесі діяльності людства в цілому світі. Якщо згадати початок 1990-х років то людство мало змогу оперувати лише фізичними серверами, які можна було охарактеризувати як обмежений ресурс, і для того щоб отримати нове необхідний значний проміжок часу. Формування методу віртуалізації припадає на кінець 1990-х на початок 2000-х років, що докорінно змінив основні підходи в роботі серверних систем. Аналітики «Гартнер Груп» («Gartner Group») провели детальний аналіз та шляхи розвитку хмарних обчислень, у результаті безсерверні технології є найбільш перспективним напрямком вдосконалення, а саме тільки на найближчі 5-7 років значна частина існуючих інформаційних систем перейде в хмари [5,6].

У 2015 (або хтось каже, що у 2012 рік) настав час комп'ютерної парадигми. Існує ряд інтерпретацій, запропонованих для терміна "безсерверний" та його наслідків. Одна школа приписує його до технології Бекенд як служба (Backend as a Service, BaaS). Наприклад, служби автентифікації, що запропоновані сторонніми постачальниками, як Google або Facebook. Інша

школа посиляється на концепцію, в якій серверна сторона логіки запускається за допомогою контейнерів без статусу (stateless containers), керованих стороннім провайдером у повному обсязі, яка має назву Функція як служба (Function as a Service, FaaS). [8] Однією з перших широко відомих реалізацій останньої є представлений в 2014 році сервіс AWS Lambda [3], аналогічні [2] пропозиції серед публічних FaaS є у Google (Cloud Functions [5]), IBM (на Apache OpenWhisk в складі платформи Bluemix) і Microsoft (Azure Functions).

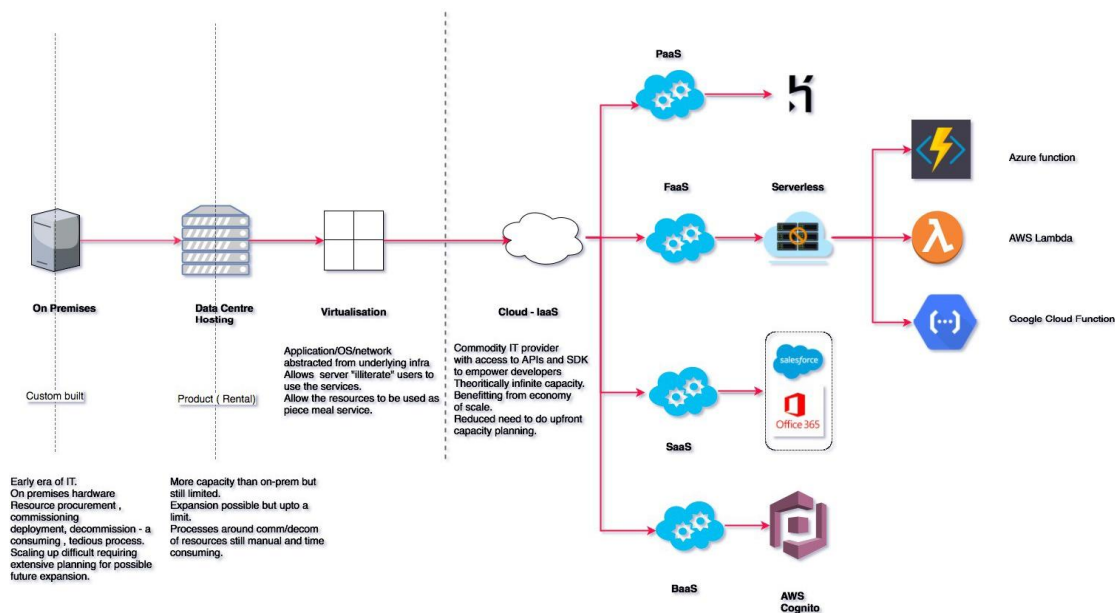


Рис. 1. Коротка еволюція парадигми хмарних обчислень [8]

Хмарні обчислення володіють багатьма перевагами в порівнянні з традиційними рішеннями для побудови інфраструктур підприємств, в пропозиції сервісів і послуг і т.п. [2]. Даний напрям дослідження є досить актуальним про що свідчить поява, останнім часом, великої кількості публікацій по даній тематиці, зокрема з рядом нових результатів можна ознайомитися в роботах А. В. Богданова, А. А. Лобанова, Г. І. Радченка та ін. Аналізуючи наукові розробки, бачимо, що вкрай непростою та актуальною задачею є правильний вибір хмарних платформ, оскільки кожна з них має власні особливості та переваги [1]. Виникає потреба у ґрунтовному аналізі та систематизації матеріалу стосовно розробки безсерверної технології (Functions as a Service) для створення хмарних мікросервісних додатків.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити теоретико-практичні основи створення ПЗ, що базується на безсерверній технології, у вигляді «Функція як сервіс» для хмарних сервіс-орієнтованих прикладних додатків на основі використання веб-сервісів і контейнерів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використання безсерверних технологій це своєрідна модель хмарних обчислень де платформа динамічно керує виділенням машинних ресурсів. Хмарні обчислення (англ. cloud computing) представляють собою систему розподіленої обробки даних, де необхідні ресурси представлені як інтернет-сервіс. Під час роботи з хмарними технологіями, зберігання даних, обробка інформації, проведення обчислень та інші операції переходять на сервери Всесвітньої Мережі. Оскільки мережа Інтернет, на сьогодні, може задовольнити попити широкого спектру користувачів причому в доволі громіздких запитах та великих діапазонах даних.

Досліджувані безсерверні обчислення носять назву «Функція як послуга» (англ. *Function as a Service, FaaS*), це можна пояснити тим що в основі коду є функція, яка обробляється певною платформою. Мається на увазі, для обробки та виконання одного запиту необхідно створити, а після завершення видалити окремий контейнер.[3] Проведемо аналіз переваг використання безсерверної технології Functions as a Service, перш за все це зниження потреби в підтримці і програмному забезпеченні. Хмарні обчислення, як правило, не вимагають чисельного ІТ-

персоналу, оскільки зникає потреба в управлінні програмним забезпеченням. Хмарні сервіси не вимагають потужних комп'ютерів, тож не має необхідності часто оновлювати техніку. Повна абстракція серверів від розробника, тобто є можливість працювати в будь-якому місці і в будь-який час. Хмарне програмне забезпечення дозволяє співробітникам працювати з дому. Крім того, хмарні інструменти полегшують співпрацю з людьми, які перебувають на великій відстані, тобто береться до уваги платежі на основі витрат та виконання, а не розміри екземплярів сервера. Також до переваг варто віднести те, що автор програми не буде перейматися про адміністрування серверів на яких запущені в роботу його додатки.

В процесі еволюції безсерверних обчислень з'являється гіпервізор, таким чином формується віртуалізація [3]. Розглянемо метод віртуалізації, його концепція полягає в тому, що ядро операційної системи може підтримувати не один ізольований примірник простору користувача, а декілька в залежності від запитів користувача. Примірники носять назву контейнери або зони, їх можна співставити з реальним сервером. Так як програми взяті з різних контейнерів, це забезпечує повну незалежність в їх роботі і виключає можливість впливу одна на одну.

Дослідники напрямку інформаційних технологій, детально вивчають особливості роботи контейнерів, так як має місце, на відміну від гіпервізорів, інший метод розподілу ресурсів, оскільки контейнерні двигуни, наприклад Docker [7], можуть обертати одиниці обчислення за лічені секунди. Такі інноваційні зміни в роботі мікросервісів надають ряд переваг та функціональних можливостей при роботі з великими масивами даних.

FaaS (*Function as a Service*) можна означити, як еволюцію контейнерів. Розглянемо детально основні етапи використання вказаної вище безсерверної технології. Якщо уявити, що вже існує кілька десятків контейнерів, які вже встановлені, наприклад, Python, Java або NodeJS, але без розгорнутих в них мікросервісів, які потрібно виконати в певному тимчасовому режимі. Принцип роботи полягає в тому, що при виникненні події, побудові додатку або виклику API, двигун FaaS завантажує код мікросервісу, обробляє код і вимикає контейнер. Можливий алгоритм, коли контейнер з кодом в ньому продовжує бути ввімкненим, для щоб на наступний виклик швидше реагувати, це значно оптимізує роботу над певною подією.

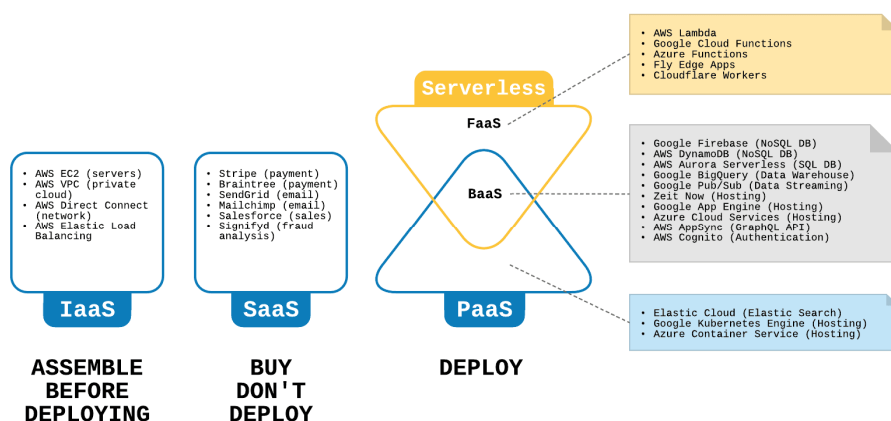
Таким чином, можна стверджувати, що Function as a service – архітектурний шаблон, який передбачає можливість виклику примірника керуючого коду без необхідності управління серверами і серверним додатком; ключовий компонент безсерверних обчислень (англ. serverless computing) [1].

Ідея полягає в тому, що серверна частина розбивається на набір незалежних від стану (stateless функцій для обробки подій (якими можуть бути приходять HTTP-запити, поява нових повідомлень в черзі, наступ зазначеного в планувальнику часу і тому подібні події)). Стан у даному випадку розуміється в контексті розгортання (deployment), тобто результат виконання функції не повинен залежати від стану пам'яті сервера (за вирахуванням переданих параметрів виклику) і вмісту локальної файлової системи. При таких обмеженнях, масштабування виконується автоматично провайдером, який може використовувати будь-який доступний йому в даний момент обчислювальний пристрій, що забезпечує необхідний рівень продуктивності. Також, як правило, час виконання функції примусово обмежується кількома хвилинами.

Головним завданням є правильна ієрархія при розробці програми в основі якої лежатиме така модель, адже таким чином користувачі мають змогу використовувати безсерверну архітектуру, яка є фундаментом при розробці мікросерверних розподілених додатків, де кожен компонент є ізольованим від впливу інших та виконує запрограмовану функцію. Використання схем робочих потоків дозволяє координувати роботу мікросервісів може, оснований на оркеструванні контейнерів і налагодженні API Gateway з метою співпраці сервісів.

Навіть з точки зору екології є вагомими переваги, оскільки величезні центри зберігання інформації вимагають багато електроенергії, однак вони: 1) мають високий рівень незалежності; 2) тривіальні в заміні однієї реалізації сервісу іншою; 3) організовані відносно бізнес логіки яку вони виконують; 4) можуть незалежно від інших кожен сервіс реалізувати за допомогою будь-якої мови програмування; 5) архітектурно побудовані за симетричним принципом (виробник-споживач).

Реалізація перерахованих вище можливостей засобів нових інформаційних технологій дозволяє організувати такі види діяльності як: 1) робота з даними представленими в великих обсягах; акумулювання інформації стосовно досліджуваних об'єктів та передача інформації, яка може бути представлена у різних формах; 2) продуктивна співпраця користувача з програмною (програмно-апаратною) системою, яку можна охарактеризувати тим що має місце обмін



Ілюстрація 2: Скорочене описання різниці між IaaS, SaaS, PaaS, BaaS, FaaS та Serverless [9]

текстовими командами (запитами) і відповідями (запрошеннями), широкий спектр засобів ведення діалогу; представлення альтернативи вибору варіантів змісту, режиму роботи; 3) можливість керування реальними об'єктами; 4) візуалізація даних та управління відображенням на екрані моделей різних об'єктів, явищ, процесів, навіть тих що реально відбуваються в часі [4]. Для обслуговування та підтримки роботи безсерверних технологій необхідно мати апаратне забезпечення і цей термін не варто розуміти буквально. Ця назва використовується тому, що користувачам такої платформи не треба мати справу з налаштуванням серверів для запуску коду: усі серверні налаштування, планування обчислювальних ресурсів цілком приховані від користувачів і керуються платформою. Безсерверний код може бути частиною застосунка побудованого на традиційній архітектурі, наприклад, на мікросервісах.

Розглянемо вид сервісу, який носить назву «безсерверні обчислення» (Serverless computing) своєю особливістю має те, що, хоча користувач і може розгортати таким чином своє ПЗ і може вносити деякі зміни у конфігурацію розгортання – користувач не може обрати ні віртуальну машину, ні оточення, тощо. Користувач може лише розгорнути своє ПЗ і вказати ситуації, у яких воно може бути запущене (наприклад за таймером), все інше бере на себе постачальник хмарних сервісів. Це дозволяє ще сильніше спростити розроблення й розгортання ПЗ з використанням хмарних сервісів.

Використовуючи хмарне програмне забезпечення більша частина роботи яка пов'язана із опрацюванням даних перекладається на центр обробки даних, який розташований в іншому місці. Тобто користувач бачить тільки результати роботи на власному ПК. Можна із впевненістю стверджувати, що «хмарні обчислення» є ніби онлайн альтернативою тим процесам, які зазвичай організації виконують самостійно. Хмара може означати як програмне забезпечення, так і інфраструктуру. З точки зору досконалості технології, програмне забезпечення в хмарах розвинуте значно краще, ніж апаратна складова. Варто відмітити, що хмарні технології забезпечують високий рівень обслуговування споживачів різних сфер діяльності. На сьогодні, існує безліч додатків та сервісів у вільному доступі через вікно будь-якого браузера, за наявності підключення до мережі Інтернет. Для прикладу розглянемо Google Apps – служби, надавані компанією Google. Головним є наявність доменного імя для цього потрібно зареєструватися через реєстратора, авторизованого компанією Google. Google Apps суміщає в собі безкоштовний базовий та професійний пакети. Для роботи з конструктором сайтів представлено сервіс сайти Google де можливо працювати з відео, зображеннями, документами. Мета сервісу – організувати єдиний інтернет-простір, де користувачі будуть ділитися інформацією.

Повсякденний ритм життя вимагає від користувачів зтак званого «онлайн режиму» для цього можливе використання хмарних сервісів через спеціальний мобільний додаток або браузер на смартфоні та планшеті. Хмарні сервіси не вимагають складного обладнання, яке працює на спеціалізованому програмному забезпеченні. Для прикладу, веб-сервіс пошти – це онлайн-альтернатива хостингу серверу електронної пошти. Більшість послуг «хмарних обчислень» можна отримати через веб-браузери: Microsoft Internet Explorer, Microsoft Edge, Mozilla Firefox або Google Chrome. Служба сайти Google дозволяє додавати на сайт найрізноманітнішу інформацію:

календарі, відео, зображення, документи й ін.; визначати параметри доступу до сайту. Легко зрозуміти, що сервіси Google завдяки хмарам дозволяють уникнути багатьох проблем і витрат, пов'язаних з обслуговуванням програмного й апаратного забезпечення.

Хмарні технології – це організація роботи, при якій все обчислювальне навантаження припадає на сервери. У хмарних обчисленнях звичайно виділяють три окремі категорії або рівня: 1. «Інфраструктура як послуга» (IaaS, infrastructure as a service). На цьому рівні користувачі одержують базові обчислювальні ресурси – наприклад, процесори й пристрої для зберігання інформації – і використовують їх для створення своїх власних операційних систем і додатків. Перевагою такого підходу є гнучкість конфігурації. Недоліки: складність конфігурації й ціна. 2. «Платформа як послуга» (PaaS, platform as a service). Тут користувачі мають можливість установлювати власні додатки на платформі, що надається провайдером послуги. Користувач може внести мінімум змін у їхню конфігурацію, він не має прямого доступу до віртуальних машин, де вони розгорнуті. Перевагами такого підходу (у порівнянні з IaaS) є спрощення розгортання й конфігурації, а також менша ціна. Недоліки: нижча гнучкість конфігурації, потенційно більше ризиків у безпеці системи. 3. «Програмне забезпечення як послуга» (SaaS, software as a service). У цьому типі користувач має виділені йому CRM, CMS, тощо. Користувач не має доступу до налаштувань веб-серверів, СКБД і, тим більше, ОС. Найшвидший і найпростіший у розгортанні тип сервісу. Але тут користувач майже немає можливостей до змінення конфігурації, налаштування безпеки сервісу, тощо. На цьому рівні в «хмарі» зберігаються не тільки дані, але й пов'язані з ними додатки, а користувачеві для роботи потрібно тільки веб-браузер [5].

Основна частина програмного забезпечення при роботі легко поєднується з моделлю SaaS, відмітимо найпоширеніші – Google Apps Education Edition і Microsoft Live@edu, адже з їх використанням можливі різносторонні послуги, і як засоби підтримки комунікації, так і як офісні додатки (електронна пошта й електронні таблиці). Зокрема мова йде про хмарні технології керування проектами. Хмарна технологія керування проектами Clarizen надає можливість зрозуміти в повній мірі, що таке проект, його значимість, основні етапи, застосування на практиці. Це онлайн-система керування проектами, що являє собою проектно-орієнтований робочий простір для ведення одного або декількох проектів, доступна всім учасникам через Інтернет. При виникненні апаратних проблем в роботі користувача на кожному сервері є резервний жорсткий диск, яким можна замінити диска, що вийшов з ладу, в складі масиву RAID. Заміну диску повинен проводити висококваліфікований спеціаліст, для того щоб уникнути повного припинення роботи сервера. Якщо все ж сервер остаточно вийшов з ладу то для відновлення потрібно використати резервну копію та поетапно виконати в ручному режимі план аварійного відновлення.

Проведемо аналіз і порівняння можливостей найбільш поширених на сьогоднішній день платформ хмарних обчислень: Amazon Web Services, Google App Engine і Microsoft Windows Azure. Для наочності та кращого сприйняття наведеного матеріалу, представимо характеристичні властивості платформ у вигляді таблиці

Таблиця 1 – Порівняння можливостей платформ хмарних обчислень: Amazon Web Services, Google App Engine і Microsoft Windows Azure

Назва платформи	Інтерфейс доступу користувача	Віртуалізація
Google App Engine	Web-консоль адміністрування	Контейнер додатків Docker
Microsoft Windows Azure	Портал Microsoft Windows Azure	Рівня ОС з Hyper-V-virtualized multitenant compute (Virtual Machines)
Amazon Web Services	Утиліти консолі Amazon	Рівня операційної системи (ОС), з гіпервізором Xen

*сформовано автором за джерелами [1;2; 4; 5]

По типу всі платформи однакові — IaaS, PaaS та мають підтримку Web API, а також схожі за мовами програмування: Java, Node.js, Ruby, Python and PHP. Відмінне за останнім критерієм лише те, що Google App Engine підтримує C# та GO, а Microsoft Windows Azure та Amazon Web Services - Microsoft .Net.

Підсумовуючи вище сказане, відмітимо, що хмарні технології забезпечують високий рівень обслуговування споживачів. Користувачі одержали можливість спільно працювати з документами, створювати окремі сайти для робочих груп, управляти проектами, обмінюватися миттєвими

повідомленнями, організувати вебконференції, користуватися електронною поштою з розширеним функціоналом та ін. Є можливість установити локальні версії програм на своїх власних пристроях – ноутбуках, планшетах, смартфонах – і залишатися на зв'язку, спілкуватися й учитися де завгодно. Виходячи з цього можна із впевненістю стверджувати, що при виборі платформи необхідно враховувати бюджет програмного проекту, призначення, технології розробки.

Висновки. Залишаючись монолітним в сучасному світі, важко змінюватись разом з потребами примхливого ринку. Ось чому створення програмного забезпечення у вигляді мікросервісів шалено набирає популярність на противагу монолітному підходу. Детальний аналіз наукових досягнень в даному напрямку, дав змогу систематизувати отримані, на даний час, новітні результати та узагальнити конкретні рекомендації з удосконалення технологій та методів, які активно застосовуються для подальшої розробки безсерверної технології Functions as a Service для створення хмарних мікросервісних додатків.

1. Богданов, А. В. Сравнение нескольких платформ облачных вычислений. – Киев: Академперіодика, 2016. – 472 с.
2. Эммерих В. Конструирование распределенных объектов. Методы и средства программирования интероперабельных объектов в архитектурах OMG/CORBA, Microsoft/COM и Java/RMI / Пер. с англ. – М.: Мир, 2012. – 510 с.
3. Радченко, Г.И. Распределенные вычислительные системы / Г.И. Радченко. – Челябинск: Фотохудожник, 2012. – 184 с.
4. Маклаков С.В. ВРwin ERwin CASE-средства разработки информационных систем. – М.: Диалог МИФИ, 2011. – 304 с.
5. Пасічник В.В. Глобальні інформаційні системи та технології: моделі ефективного аналізу, опрацювання та захисту даних. Монографія / В.В.Пасічник, П. І. Жежнич, Р. Б. Кравець, А. М.
6. Пелещин, Д. О. Тарасов – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 348 с. ISBN: 966-553-578-1.
7. Plummer D. C. Cloud Computing Confusion Leads to Opportunity / Daryl C. Plummer, David W. Cearley, David Mitchell Smith – Report № G00159034. – Gartner Group, 2017 – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.gartner.com/it/content/868800>
8. <https://www.docker.com>
9. 8. Himanshu Pant. A brief history of serverless (or, how I learned to stop worrying and start loving the cloud) ... – [Electronic resource]. – Access mode: <https://medium.freecodecamp.org/a-brief-history-of-serverless-or-how-i-learned-to-stop-worrying-and-start-loving-the-cloud-7e2fc633310d>
10. 9. Nicolas Dao. THE SERVERLESS SERIES—What Is Serverless?... – [Electronic resource]. – Access mode: <https://hackernoon.com/the-serverless-series-what-is-serverless-d651fbacf3f4>

УДК 551.568.85

Попеляєв Д. П., аспірант

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

FOG COMPUTING ЯК ПРОМІЖНИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ШАР МІЖ ІОТ ТА CLOUD

Попеляєв Д.П. Fog computing як проміжний обчислювальний шар між IoT та Cloud. У роботі представлено виклад положення туманних обчислень в середовищі IoT та Cloud computing. Показані мотиваційні причини для створення та впровадження Fog computing в якості проміжного обчислювального шару, зроблено високорівневий опис внутрішньої структури та організації туманного шару, показані передумови для формування крайових обчислень, а саме функціональні компоненти IoT та їх розподіл по фізичних обчислювальних шарах; а також системні характеристики IoT, що вимагають додаткового обчислювального шару. Таким чином, для надання необхідних сервісів і досягнення необхідної масштабованості, рівень туману має модульну організацію та розподіляється географічно, а його інтерфейси налаштовані на спілкування в гетерогенному середовищі з різнорідними протоколами бездротових мережевих платформ та архітектурами сенсорного шару IoT.

Ключові слова. Туманні обчислення, крайові обчислення, інтернет речей, хмарні обчислення, проміжне програмне забезпечення, шар сприйняття, розподілені обчислення, різнорідні протоколи.

Попеляев Д. П. Fog computing как промежуточный вычислительный шар между IoT и Cloud. Аннотация. В работе представлены изложение положения туманных вычислений в среде ИВТ и Cloud computing. Показаны мотивационные причины для создания и внедрения Fog computing в качестве промежуточного вычислительного слоя, сделано высокоуровневое описание внутренней структуры и организации туманного слоя, показаны предпосылки для формирования краевых вычислений, а именно функциональные компоненты IoT и их распределение по физическим вычислительным слоям а также системные характеристики IoT, требующие дополнительного вычислительного слоя. Стало быть, для предоставления необходимых сервисов и достижения необходимой масштабируемости, уровень тумана имеет модульную организацию и распределяется географически, а его интерфейсы настроены на общение в гетерогенной среде с разнородными протоколами беспроводных сетевых платформ и архитектурами сенсорного слоя IoT.

Ключевые слова. Туманные вычисления, краевые вычисления, интернет вещей, облачные вычисления, промежуточное программное обеспечение, слой восприятия, распределения вычисления, разнородные протоколы.

Popeliaiev D. P. Fog computing as an intermediate computing layer between IoT and Cloud. Annotation. The paper describes the provisions of the fog computing in the IOT and Cloud computing environment. The motivational reasons are shown for the creation and implementation of Fog computing as an intermediate computing layer; a high-level description of the internal structure and organization of a fog layer is made; the prerequisites for the formation of boundary calculations are shown; namely, the functional components of the IoT and their distribution on the physical computational layers; as well as IoT system specifications requiring an additional computing layer. Thus, to provide the necessary services and achieve the necessary scalability, the level of fog has a modular organization and is distributed geographically, and its interfaces are configured to communicate in a heterogeneous environment with various protocols of wireless networks, platforms and architectures of the IoT sensor layer.

Key word. Fog computing, edge computing, Internet of Things, Cloud computing, middleware, perception layer, distributed computing, heterogeneous protocols.

Вступ. Удосконалення науки та технологій дозволило виробляти менші, дешевші й продуктивніші обчислювальні пристрої, здатні відстежувати навколишнє середовище, спілкуватися та керуватися віддалено, що призвело до підвищення зацікавленості у застосуванні Internet of Things до великої кількості аспектів життя, таких як розумні міста, охорона здоров'я та розумний дім. Інтернет речей (IoT) - це самоконфігурована та адаптовна мережа, яка з'єднує реальні речі з Інтернетом, що дозволяє їм спілкуватися з іншими пов'язаними об'єктами, реалізуючи новий спектр розподілених сервісів [1]. Це визначення IoT не є всеосяжним, існує багато визначень, які відрізняються у деталях. IoT вже оточує нас, підключаючи wearable-пристрої (смарт-годинники, фітнес-трекери), смарт-автомобілі та інтелектуальні системи дому. Очікується, що до 2020 року до Інтернету буде підключено понад 50 мільярдів пристроїв [2].

Проблема полягає в тому, що впровадження такої величезної кількості підключених пристроїв вимагає масштабованої архітектури для їх підключення без погіршення якості сервісу, що вимагається додатками. Крім того, більшість пристроїв, що формують Інтернет речей, є обмеженими у ресурсах; такі ресурси як обчислювальна потужність, енергія, пропускна здатність та об'єм пам'яті, є дефіцитними. Ці обмеження накладають умови на можливі сценарії розгортання додатків, що використовують такі IoT пристрої. Наприклад, неможливо використовувати датчик, що працює від батареї, для безпосереднього підключення до Інтернету та передавання зібраної з оточення інформації протягом тривалого часу або тривалого зберігання логованих даних у локальній пам'яті. Ці обмеження мають конструктивний вплив, який

видозмінює архітектуру IoT багатьма способами. Вплив цих обмежень, потребує відповідних заходів по їх пом'якшенню [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що багато з обмежень архітектури IoT можна пом'якшити, або ж навіть повністю зняти, розширюючи функції Cloud computing ближче до пристроїв IoT, або ж навіть повністю перекладаючи частину з них [3]. Fog computing (туманні обчислення) [4], термін також відомий як крайові обчислення, є таким проміжним шаром, який розширює функції Cloud.

Туманні обчислення можуть служити мостом між розумними пристроями, розподіленими хмарними обчисленнями та службами зберігання даних. Через близькість до кінцевих користувачів у порівнянні з хмарними даними-центрами, туманні обчислення можуть запропонувати сервіси зі значно кращими показниками затримки [3]. Також слід підкреслити, що зазвичай існує значна різниця у масштабі між Fog і Cloud computing. Порівняно з туманом, Cloud має масивні обчислювальні та комунікаційні можливості, а також простори для зберігання даних [4].

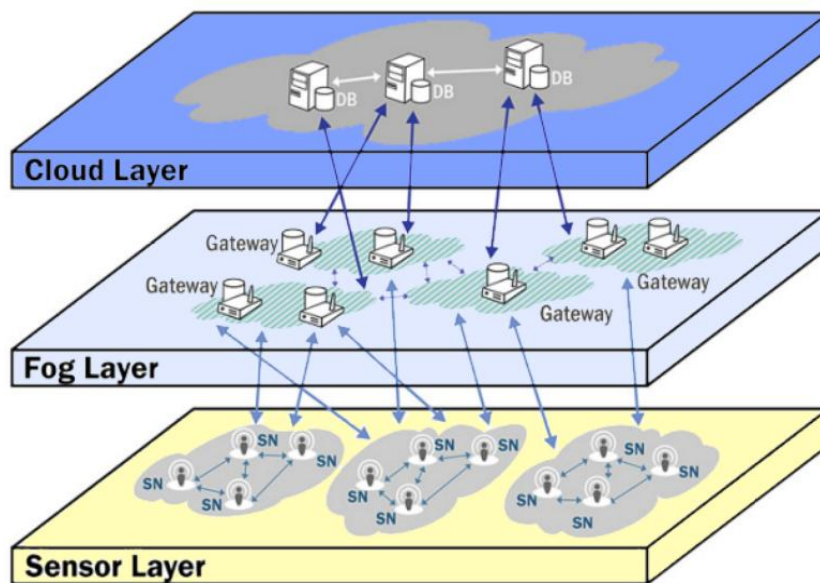


Рис. 1 IoT із залученням шару туманних обчислень [5]

На рисунку 1 показано роль, яку відіграють хмарні дата-центри та крайові обчислення (або як їх називають cloudlets) для надання сервісу IoT кінцевим користувачам. Оператори мобільних мереж є потенційними постачальниками туманних шлюзів, оскільки вони можуть пропонувати такий сервіс як одну з моделей IaaS, PaaS або SaaS для корпоративного бізнесу, надаючи послуги в їх мережі обслуговування [6]. Туманні обчислення стають оптимальним вибором для проектувальників IoT по наступним причинам:

- Розташування: туманна інфраструктура розташована між смарт об'єктами та хмарними даними-центрами; таким чином, забезпечуючи кращі показники затримки.
- Розповсюдження: в порівнянні з хмарою, ноди, на яких базується інфраструктура туманних обчислень, мають обмежені можливості зберігання, обробки та комунікації. Але таких нод, зазвичай, розгортається велика кількість, оскільки їх вартість, як правило, невелика, порівняно з хмарними даними-центрами.
- Масштабованість: Туман дозволяє IoT-системам бути більш масштабованими; так, збільшуючи кількість кінцевих користувачів, кількість розгорнутих нод може збільшуватися, щоб впоратися з зростаючим навантаженням. Якщо досягти такого розширення за рахунок хмари, а саме розгортанням нових центрів обробки даних, то це буде досягтися значно більшими витратами коштів [3].
- Підтримка мобільності: Туманна інфраструктура надає сервіси, що функціонують як мобільна хмара, оскільки вона розташована поруч із кінцевими користувачами. Таким чином, туман може забезпечити кращу продуктивність інтерактивних сервісів у реальному часі.
- Аналітика "на льоту": Ресурси туману можуть виконувати агрегацію для відправки не сирих, а частково оброблених даних до хмарних дата-центрів для подальшої обробки.

Набір можливих сервісів, які потенційно можуть бути інтегровані на рівні туманної інфраструктури, є величезним. Деякі з сервісів є масштабованою версією тих, що надаються хмарними обчисленнями, але більшість з них з'явилися останнім часом як відповідь на зростаючі потреби IoT.

Таким чином, **цілю статті** є дослідження питання, як туманні обчислення можуть підвищити загальну продуктивності застосунків IoT, беручи на себе частину хмарних сервісів високого рівня, виконуючи аналітику та зберігання даних на базі локальних ресурсів; а також визначення факторів, якими була мотивована поява явища Fog computing.

Поява Fog Computing. Архітектура IoT являється активною областю сучасних досліджень. Архітектура відіграє вирішальну роль в успіху створеної системи. Існує деяка кількість спроб від державних проєктів, промислових асоціацій та академічних інститутів створити універсальну робочу архітектуру IoT [7]. Більшість пропозицій щодо архітектури є загальними моделями IoT, що не залежать від конкретної області застосування або реалізації. Найвідоміший проєкт "Архітектура Інтернет-речей" (IoT-A) [8] містить узагальнення моделі домену IoT, що служить основою для еталонної архітектури. З функціональної точки зору, модель IoT-A визначає наступні компоненти системи IoT, як основні елементи: комунікація, безпека, керування та сервіс.

Згідно іншого варіанту визначення компонентів системи на функціональному рівні, дослідниками описується IoT як інтеграція компонентів ідентифікації, відстеження, зв'язку, обчислень, сервісу та семантики [3]. Дані компонентні класифікації IoT базуються на функціональних можливостях кожної одиниці. Деякі з функціональних одиниць можуть бути розташовані в одному фізичному пристрої. Проте система IoT є розподіленою системою. Визначені вище компоненти є географічно розподіленими, а за їх сумісну комунікацію та підключення відповідає компонент зв'язку.

У найпростішому випадку можуть бути логічно утворені дві групи компонент: перша група містить ідентифікацію та відстеження, а друга - обчислення, сервіс та семантику (аналогічний поділ можна зробити і у моделі IoT-A). Прагнучи знайти найкращий рівень функціональної класифікації та фізичного відокремлення, дослідники запропонували різні альтернативи.

Найпростіший спосіб зробити пристрій IoT видимим через Інтернет - забезпечити йому доступ до хмарного серверу, таким чином, щоб він міг завантажувати дані, отримувати сповіщення або команди. У такій конфігурації клієнт відповідає за читанням даних із середовища, коли як більшості інших функцій працюють у Cloud. Цей традиційний клієнт-серверний підхід до організації компонентів IoT все ще використовується багатьма вендорами. Існують також альтернативні варіанти цієї архітектури, де логічні компоненти системи розділяються на три або п'ять шарів [3]. Це розділення по рівнях в основному залежать від функціональності модулів.

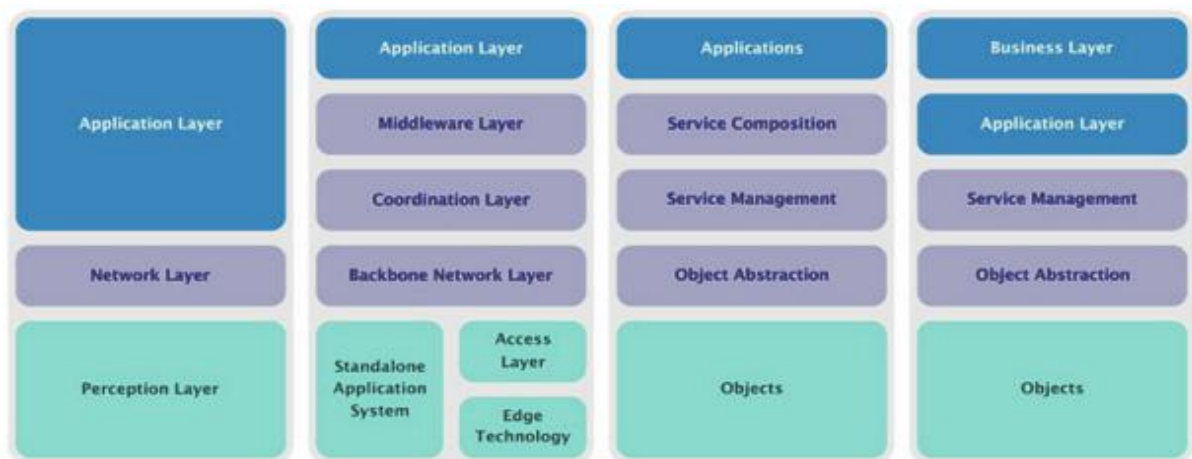


Рис. 2 Варіанти архітектури IoT [3]

Розглянемо тришарову архітектуру. У цьому варіанті архітектури, датчики знаходяться у нижньому шарі - шарі сприйняття (perception layer). Мережевий рівень (network layer), розташований наступним після сприйняття, з'єднує датчики з шаром застосунків (application layer). За такого поділу кожен шар має свою відокремлену функціональність. Датчики та виконавчі пристрої на рівні сприйняття збирають дані, які транспортуються через мережу, зрештою

досягаючи логіки конкретного застосунку в application layer. На рис. 2 показані різні типи логічного поділу компонентів IoT. Деякі з альтернативних варіантів розділяють архітектуру на п'ять рівнів, відокремлюючи додаткові проміжні шари, такі як middleware та object abstraction. Відповідно, ці додаткові шари допомагають надавати послуги інтеграції та інкапсулюють пристрої на рівні сприйняття, приближаючись до ідеї необхідності рівня туманних обчислень. Незважаючи на те, що наявність цих логічно відокремлених шарів забезпечує модульність та легкість реалізації, це не відповідає вимогам рівня сприйняття, таким як необхідність у низькій затримці зв'язку та мобільності.

Рівень сприйняття або сенсорний шар, показаний на рис. 1, може складатися з мільйонів пристроїв. Більшість з цих пристроїв малі за розміром, живляться від батареї, мають невелику пам'ять та обмежені в обчислювальній потужності. Такі ресурсні обмеження вимагають нових архітектурних підходів. Крім того, для мережевої взаємодії між пристроями широко використовуються різноманітні протоколи бездротового зв'язку такі як Wi-Fi, Bluetooth Low Energy, NFC, ZigBee, RFID та 6LoWPAN [14]. Крім вищезгаданих можливих варіантів мережевих протоколів, існують відмінності в протоколах прикладного рівня. Різні протоколи прикладного рівня можуть бути навіть серед пристроїв, що використовують один і той же базовий мережевий протокол. Наприклад, CoAP [9], MQTT [10], DDS [11] та XMPP [12] є часто використовуваними. Крім того, існує кілька специфічних форматів даних, в залежності від області застосування, які використовуються цими протоколами [5].

Таким чином, згадані вище чинники, а саме обмеженість у ресурсах, неоднорідність протоколів, платформ та форматів даних вимагають проектування більш ефективної та зручної IoT архітектури.

Процес проектування архітектури для конкретної системи залежить від атрибутів застосунку, що розробляється. Після логічного розділення функціональних компонентів на три-п'ять шарів, ми можемо відобразити логічні компоненти на фізичні обчислювальні шари. Як згадувалося раніше, в підході клієнт-сервер, більшість компонентів (показано на рис. 2) працюватимуть на сервері, розташованому в хмарі. Але цей підхід не відповідає всім вимогам, обговореним вище. Це ініціювало дослідження альтернативної ієрархії обчислень, яка б працювала для IoT кращим чином.

Туманні обчислення вводяться як проміжний шар між рівнем сприйняття та Cloud, що забезпечує більшу гнучкість розгортання компонентів системи IoT. На рис. 1 показане розположення туманного обчислювального шару між шаром сприйняття або датчиками та Cloud layer. Дано більш детальну інформацію про внутрішню організацію та сервіси, притаманні цьому рівню.

Характеристики Fog computing. Так як туман є проміжним обчислювальним шаром, його характеристики розглядається в порівнянні з хмарним та шаром сприйняття. На відміну від хмарного шару, крайові обчислення ближчі до рівня сприйняття, і ця близькість надає ряд переваг, які характеризують шар. Однією з найочевидніших переваг над Cloud є зручне місцезнаходження туманного шару в плані місцевого керування. Ця перевага витікає з фізичного географічного розподілу пристроїв, що формують туманний шар [6]. Як показано на рисунку 1, кожен шлюз в шарі туману керує підмножиною вузлів у сенсорному шарі. Це підмножина обмежених у ресурсах пристроїв, які розташовані близько один до одного, і керуючий шлюз може легко знайти кожен пристрій. Проінформованість туманного шару щодо розташування пристроїв може бути використана для вирішення кількох функціональних та нефункціональних вимог архітектури IoT, таких як мобільність та безпека. Ще однією тісно пов'язаною характеристикою туманного шару є його широкомасштабний розподіл, на відміну від централізованого хмарного шару. Централізація в цьому контексті є відносною; хмарний шар є централізованим з точки зору клієнта. Дивлячись на організацію серверів у хмарі, вони є географічно розподіленими, але на відміну від туманного шару, розподіл є незалежним від шару сприйняття. Наприклад, постачальники хмарних сервісів, такі як Amazon, мають кілька центрів обробки даних у різних регіонах. В свою чергу, географічний розподіл в туманному шарі відрізняється невеликими відстанями між шлюзами та їх розповсюдженням.

Комбінація таких переваг як проінформованість туманного шару щодо розташування пристроїв та широкомасштабний географічний розподіл, задовольняють вимоги мобільності пристроїв на рівні сприйняття. Більше того, близькість туману до кінцевих вузлів забезпечує взаємодію в режимі реального часу з датчиками та виконавчими елементами в сенсорному шарі.

Таким чином, ключовою особливістю туманного шару є географічний розподіл, що надає можливість комунікації з мінімальною затримкою. Деякі домени додатків IoT, такі як охорона здоров'я або автомобілебудування, дуже залежать від такої функції [13].

У сфері IoT переважають бездротові мережі. Існує велика кількість бездротових протоколів, призначених для роботи на низькому споживанні енергії та низькій пропускну здатності. Наприклад, деякі з цих протоколів: 6LoWPAN, BLE, NarrowBand IoT (NB-IoT) [15], LoRa [16] та Sigfox [17]. Більшість цих протоколів з'єднують сенсорні вузли з рівнем туману, щоб отримати доступ до хмарних сервісів. Ці протоколи зазвичай несумісні один з одним. Для того, щоб впоратися з цією проблемою, шар туману забезпечує додатковий сервіс, виступаючи в ролі інтерпретатора у гетерогенному середовищі з набором несумісних мережевих протоколів [18].

Шлюзи в шарі туману також можуть виконувати легку аналітику в межах мережі, щоб надавати дані, команди та сповіщення кінцевим користувачам, а також вузлам датчиків у режимі реального часу. Крім того, внутрішня інфраструктура самого туману може бути організована федеративно або ієрархічно, базуючись на функціонуванні застосунку або розташуванні підключених пристроїв.

Організація Fog computing. Виходячи з характеристик шару туману і можливого набору сервісів, може бути організована ефективна проміжна інфраструктура для задоволення потреб IoT. Така інфраструктура складається з мережевих шлюзів або бездротових точок доступу, що обслуговують клієнтів у певній області. Роль такого шлюзу полягає в тому, щоб передавати мережеві пакети до back-end інфраструктури, яка підключена до Інтернету. З огляду на величезну кількість IoT пристроїв, що підключаються до шару Fog, цей шар можна візуалізувати як мережу шлюзів, що покривають деяку область. Крім простого передавання мережевих пакетів, ці мережеві інтелектуальні шлюзи можуть обробляти дані або зберігати їх, коли це необхідно [13]. Рис. 1 показує шар туману, де розподілені інтелектуальні шлюзи зв'язуються з Cloud, сенсорним шаром та між собою. Критичним компонентом у туманних шлюзах являється мережевий інтерфейс, який дозволяє підтримувати гетерогенні протоколи бездротової мережі, показані раніше.

Висновки. У цій роботі представлено стислий виклад положення туманних обчислень в середовищі IoT та Cloud. Були показані мотиваційні причини для створення та впровадження Fog computing в якості проміжного обчислювального шару. Крім того, було зроблено високорівневий опис внутрішньої структури та організації туманного шару. Були показані передумови для формування туманних обчислень, а саме функціональні компоненти IoT та їх розподіл по фізичних обчислювальних шарах; а також системні характеристики IoT, такі як необхідність мобільності та ресурсні обмеження рівня сприйняття, що вимагають додаткового обчислювального шару. Функціями цього шару стало забезпечення зберігання даних, а також підключення та обробки датчиків та виконавчих пристроїв. Для досягнення цих функцій і необхідної масштабованості, рівень туману має модульну організацію та розподіляється географічно. Гетерогенна природа бездротових мережевих протоколів, платформ та архітектур сенсорного шару IoT ускладнює створення інтегрованої та надійної системи. Рівень туману забезпечує сервіси, які можуть бути використані для приховання такої неоднорідності та забезпечення єдиного каналу доступу до шару сприйняття користувачами через мережу Інтернет. **Подальша робота у даному напрямку** буде спрямована на дослідження можливостей, а також обмежень сервісів, що надаються туманним шаром інфраструктурі IoT.

1. Minerva R., Biru A., Rotondi D. Towards a definition of the Internet of Things (IoT) //IEEE Internet Initiative. – 2015. – Т. 1. – С. 1-86.
2. Ray S., Jin Y., Raychowdhury A. The changing computing paradigm with internet of things: A tutorial introduction //IEEE Design & Test. – 2016. – Т. 33. – №. 2. – С. 76-96.
3. Al-Fuqaha A. et al. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Т. 17. – №. 4. – С. 2347-2376.
4. Bonomi F. et al. Fog computing and its role in the internet of things //Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. – ACM, 2012. – С. 13-16.
5. Rahmani A. M. et al. (ed.). Fog Computing in the Internet of Things: Intelligence at the Edge. – Springer, 2017.
6. Verma D. C., Verma P. Techniques for surviving the mobile data explosion. – John Wiley & Sons, 2014.
7. Krco S., Pokric B., Carrez F. Designing IoT architecture (s): A European perspective //Internet of Things (WF-IoT), 2014 IEEE World Forum on. – IEEE, 2014. – С. 79-84.
8. Bauer M. et al. Deliverable D1. 5—Final architectural reference model for the IoT v3. 0. – 2013.
9. Shelby Z., Hartke K., Bormann C. The constrained application protocol (CoAP). – 2014. – №. RFC 7252.
10. OASIS M. version 3.1. 1 oasis standard. – 2014. – URL: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf>

11. Pardo-Castellote G. Omg data-distribution service: Architectural overview //Distributed Computing Systems Workshops, 2003. Proceedings. 23rd International Conference on. – IEEE, 2003. – С. 200-206. – URL: <http://www.omg.org/spec/DDS/1.4/>
12. Saint-Andre P. Extensible messaging and presence protocol (XMPP): Core. – 2011. – №. RFC 6120. – URL: <https://xmpp.org/extensions/index.html>
13. Gia T. N. et al. Fog computing in healthcare internet of things: A case study on ecg feature extraction //Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on. – IEEE, 2015. – С. 356-363.
14. Kushalnagar N., Montenegro G., Schumacher C. IPv6 over low-power wireless personal area networks (6LoWPANs): overview, assumptions, problem statement, and goals. – 2007. – №. RFC 4919. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4919>
15. Wang Y. P. E. et al. A primer on 3GPP narrowband internet of things //IEEE Communications Magazine. – 2017. – Т. 55. – №. 3. – С. 117-123.
16. Alliance L. R. Wide area networks for IoT //Recuperado el. – 2016. – Т. 23. – URL: <https://www.lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology>
17. Sigfox, About sigfox. – URL: <http://www.sigfox.com/>
18. Negash B. et al. LISA 2.0: lightweight internet of things service bus architecture using node centric networking //Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. – 2016. – Т. 7. – №. 3. – С. 305-319.

УДК 004.932

А.Г. Шрамов, Е.Е. Пятикоп

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНЫХ ЦИФР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Шрамов О.Г., Пятикоп О. С. Розпізнавання рукописних цифр з використанням нейронної мережі. Досліджуються можливості нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання рукописних цифр. Запропоновано конфігурацію нейронної мережі, що дозволяє при низькому часу навчання досягти високої ефективності розпізнавання. Представлені результати експериментальних досліджень застосування даної конфігурації мережі для вирішення задачі розпізнавання рукописних цифр набору даних MNIST.

Ключові слова: машинне навчання, оптичне розпізнавання символів, нейронні мережі, розпізнавання рукописного введення.

Шрамов А.Г., Пятикоп Е.Е. Распознавание рукописных цифр с использованием нейронной сети. Исследуются возможности нейронных сетей для решения задачи распознавания рукописных цифр. Предложена конфигурация нейронной сети, позволяющая при низком времени обучения достичь высокой эффективности распознавания. Представлены результаты экспериментальных исследований применения данной конфигурации сети к решению задачи распознавания рукописных цифр набора данных MNIST.

Ключевые слова: машинное обучение, оптическое распознавание символов, нейронные сети, распознавание рукописного ввода.

Shramov O.G., Piatykop O. Recognition of handwritten numbers using a neural network. The capabilities of neural networks for solving handwritten number recognition problems are investigated. A neural network configuration is proposed, which allows achieving a high recognition efficiency with low learning time. The results of experimental studies of this network configuration to solving the problem of recognizing handwritten numbers in the MNIST dataset are presented.

Keywords: machine learning, optical character recognition, neural networks, handwriting recognition.

Введение. В последнее время исследователи уделяют все больше внимания распознаванию символов. Почерк каждого человека индивидуален – поэтому распознавание рукописных данных является очень непростой задачей. Сегодня прослеживается тенденция к оцифрованию рукописных документов, для их сохранения и модифицирования в будущем. Распознаванию рукописных данных уделяют все больше внимания из-за широкого диапазона применений, таких как распознавание номерных знаков, оцифровка исторических документов, определение номера двигателя и корпуса, обработка форм в виде анкет, обработка банковских чеков и т.д.

Эта работа, затрагивает как область оптического распознавания символов, так и область интеллектуального распознавания символов. Оптическое распознавание символов [1] (OCR), представляет собой перевод изображений, содержащих печатный (обычно захваченный сканером) или машинописный текст в редактируемый компьютером текст.

Распознавание рукописного ввода [1] – это способность компьютера получать и интерпретировать понятный рукописный текст из таких источников, как бумага, фотографии, сенсорный экран и другие устройства. Изображение написанного текста может быть обработано «оффлайн», из бумаги, оптическим сканированием (оптическое распознавание символов) или интеллектуальным распознаванием слов. Альтернативно, движение записывающего инструмента можно обрабатывать «в режиме онлайн», например, с помощью сенсорного экрана с помощью стилуса.

Он-лайн распознавание рукописного ввода включает в себя автоматическое преобразование текста непосредственно во время написания, на специальном цифровом устройстве или КПК, где датчик фиксирует движения записывающего инструмента. Такие данные могут рассматриваться как динамическое представление почерка. Полученный сигнал преобразуется в буквенные коды, которые могут использоваться компьютером и приложениями для обработки текста [2].

Офф-лайн распознавание рукописного ввода включает автоматическое преобразование текста из изображения в буквенные коды, которые могут использоваться компьютером или другими приложениями для обработки текста. Данные, полученные в этой форме, рассматриваются как статическое представление почерка. Эта технология успешно используется в организациях, которые обрабатывают большое количество заполненных бланков. Офф-лайн распознавание рукописного ввода труднее распознавания он-лайн, потому что у разных людей

разные стили почерка. Тем не менее, ограничение типов входных данных позволяет улучшить процесс распознавания. [8]

Постановка задачи. Работа посвящена распознаванию рукописных цифр оффлайн, что является частным случаем задачи распознавания рукописного текста.

Оффлайн-распознавание заключается в распознавании уже сформированного изображения в текстовый формат. Отсутствие дополнительной информации о вводе текста вкупе с высокой вариабельностью распознаваемого объекта усложняет задачу оффлайнового распознавания текста в общем случае по сравнению с онлайн-овым. Неполный список проблем, типичных при распознавании рукописного текста оффлайн в общем случае, включает в себя [2]:

- высокая вариативность начертания символов — по размеру, наклону, набору составных частей, связям между ними и др.;
- орфографические ошибки в тексте;
- специфические особенности начертания, не позволяющие точно классифицировать символы;
- наложение частей текста друг на друга, пересечение элементов текста;
- дефекты носителя (бумаги), кляксы, помарки, исправления, а также возникающие при сканировании артефакты;
- неровность и непараллельность символов текста; и другие.

У задачи распознавания рукописных цифр есть несколько главных особенностей по сравнению с общей задачей распознавания текста. Во-первых, резко ограничен алфавит распознаваемых символов — рассматриваются только цифры от 0 до 9. Во-вторых, в строке все цифры имеют примерно одинаковую высоту. В-третьих, цифры, как правило, пишутся отдельно друг от друга, а их пересечения — скорее исключения. В совокупности эти особенности заметно упрощают этапы сегментации, извлечения признаков и классификации.

Данная работа направлена на решении задачи распознавания рукописных цифр, повышении качества распознавания и уменьшении количества ресурсов, затрачиваемых на обучение сети при помощи изменения конфигурации нейронной сети.

Анализ последних исследований. Актуальность данной работы подтверждает большое количество работ в этой области. Так, в работе [3] авторы исследуют распознавание рукописей и исторических документов, используя метод передачи обучения (transfer learning).

В работе [4] представили схему автономного рукописного распознавания символов Гурмуки на основе классификатора свёрточной нейронной сети (CNN). Предложенная система достигает максимальной точности распознавания 92.08% с 90% тренировочных данных и 10% тестировочных с использованием функций на основе зонирования и классификатора CNN. В работе [5] исследовано распознавание символов бенгальского языка на базе CNN. Предложенный метод показал результаты в 95,84%. В работе [6] авторы предложили методику распознавания рукописных символов деванагари с использованием глубоких сверточных нейронных сетей (DCNN), который является одним из недавних методов, заимствованным от сообщества глубокого обучения. Исследователи достигли результата в 98% с базой данных ISIDCHAR.

Практически все исследователи в последнее время выбирают именно метод нейронной сети для решения задачи распознавания рукописных символов. Нейронные сети обладают одним значительным недостатком при решении задач такого уровня — долгое время обучения, обусловленное большим количеством слоев и размером набора данных обучения. Время обучения нейронной сети на современных GPU может составлять от 1 до 6 часов. [7, 10]

В данной работе мы предлагаем реализацию нейронной сети, которая позволяет решать задачу распознавания рукописных цифр, представленных в виде изображений формата png, разрешением 28x28 пикселей с ошибкой не более 4% и временем обучения на процессорах с тактовой частотой от 1.8 GHz и выше, менее чем за 10 минут.

Многослойный перцептрон (рис. 1) представляет собой модель искусственной нейронной сети, которая отображает наборы входных данных на набор соответствующих выходов. Многослойный перцептрон состоит из трех или более слоев нелинейно-активирующих узлов. Может быть один входной слой, один выходной слой и несколько скрытых слоев.

MLP состоит из нескольких слоев узлов в направленном графе, где каждый слой соединен со следующим. За исключением входных узлов, каждый узел представляет собой нейрон с нелинейной функцией активации. MLP использует для обучения сети контролируемый метод обучения, называемый алгоритмом обратного распространения ошибки. MLP является модификацией стандартного линейного перцептрона и может различать данные, которые не

являются линейно разделяемыми. Многослойный перцептрон с использованием алгоритма обратного распространения ошибки является стандартным алгоритмом для любого контролируемого процесса обучения. В перцептроне обучение может быть выполнено путем изменения соединительных весов.

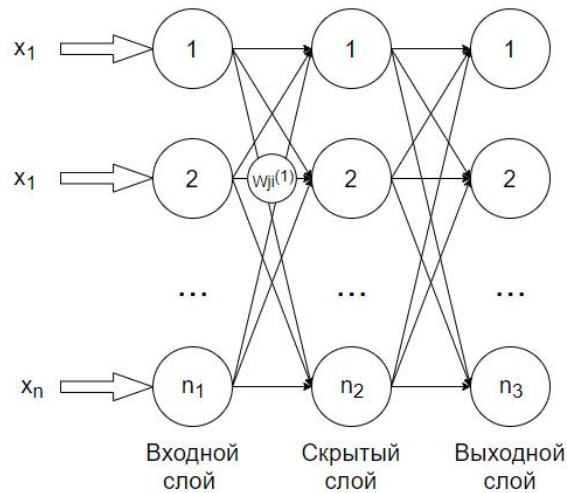


Рис. 1. Общая структура многослойного перцептрона

Предлагаемая нейронная сеть имеет 784 входных узла, так как это число равно произведению $28 * 28$ – разрешению изображения рукописной цифры. Выходной слой состоит из 10 узлов, по одному узлу на каждый возможный результат классификации. В качестве функции активации используется одна из самых эффективных и популярных используемых в многослойном перцептроне нелинейных функций – сигмоидная, данная функция имеет вид:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

где x – это сумма сигналов, поступающих в нейрон, а y – выходной сигнал этого нейрона.

Результаты экспериментов. Разработка и тестирование системы было выполнено на компьютере с характеристиками: 4 GB оперативной памяти, 500GB жесткого диска, процессор Intel Core i3-3217U(1.8 GHz, 3MB L3 cache) и операционная система Windows 10. Моделирование искусственной нейронной сети выполнено с использованием языка программирования Python.

Все эксперименты проведены с использованием набора данных MNIST. Исследование проведено с разными значениями количества нейронов в скрытом слое и коэффициента обучения, с целью определения наилучших значений для максимальной эффективности и минимального времени обучения. Количество эпох обучения во всех случаях равно 5. Результаты исследования представлены в таблицах 1, 2. Коэффициент обучения равен 0.1

Таблица 1. Результаты экспериментов изменения количества нейронов скрытого слоя

Номер эксперимента	Количество нейронов скрытого слоя	Время обучения	Эффективность
1	10	3 мин 12 сек	87,67%
2	50	5 мин 5 сек	95,98%
3	100	6 мин 41 сек	96,59%
4	150	8 мин 15 сек	97,22%
5	500	44 мин 47 сек	97,53%

По данным таблицы видно, что существенное увеличение количества нейронов скрытого слоя намного увеличивает время обучения, однако, ненамного увеличивает эффективность,

соответственно, в качестве оптимального значения количества нейронов скрытого слоя выбрано значение 150.

На рис. 2 представлена зависимость эффективности нейронной сети от количества нейронов скрытого слоя.

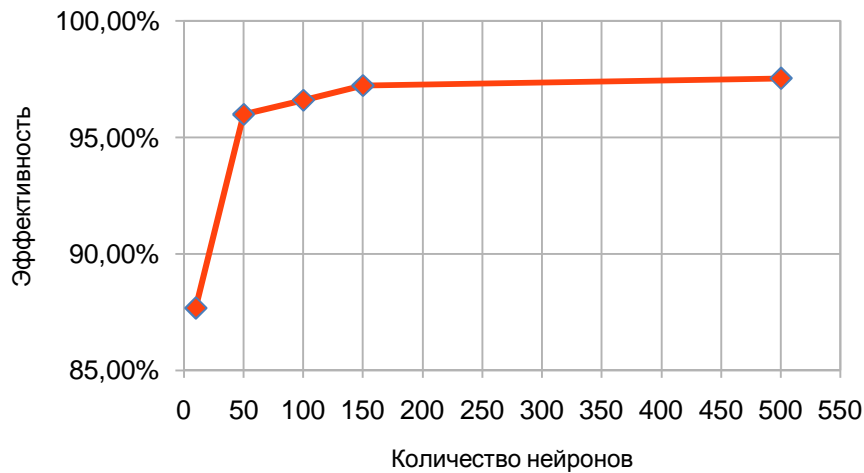


Рис. 2. Зависимость эффективности нейронной сети от количества нейронов скрытого слоя.

Таблица 2. Результаты экспериментов изменения количества нейронов скрытого слоя

Номер эксперимента	Коэффициент обучения	Время обучения	Эффективность
4	0.01	7 мин 09 сек	96,03%
5	0.05	7 мин 28 сек	97,29%
1	0.1	8 мин 15 сек	97,22%
2	0.2	6 мин 42 сек	96,81%
3	0.3	5 мин 39 сек	93,33%

По данным таблицы видно, что увеличение коэффициента обучения больше 0.05 ухудшает эффективность нейронной сети, что, вероятнее всего, связано с нарушением монотонности процесса минимизации ошибок методом градиентного спуска и сопровождается перескоком через минимум.

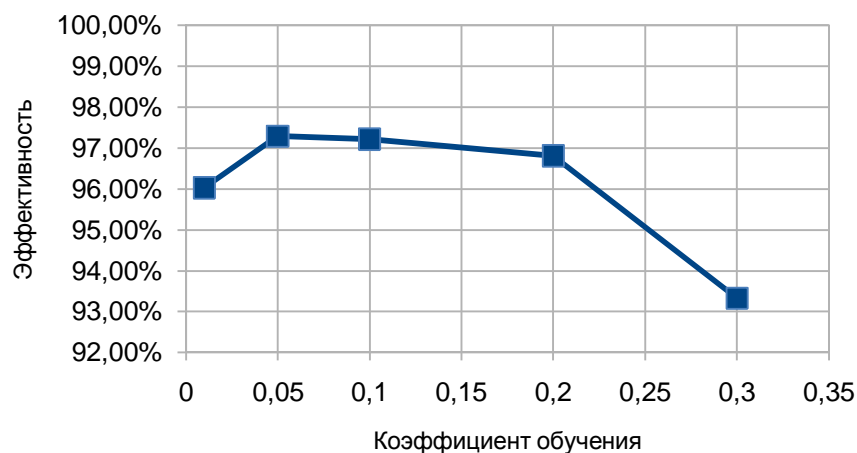


Рис. 3. Зависимость эффективности от коэффициента обучения

Результат ефективності 97.29% при значенні коефіцієнта обучения 0.05 більш високий, ніж описаний в роботах [4-5], відповідно, це значення являється оптимальним для набору даних MNIST і запропонованої нейронної мережі.

Висновок і перспективи подальшого розвитку. В роботі запропоновано вибір параметрів моделі нейронної мережі для рішення задачі розпізнавання рукописних цифр офлайн. Для розпізнавання використовувалась архітектура багаторівневої перцептрона, так як дана архітектура добре справляється зі складностями в розпізнаванні рукописних цифр завдяки своїй можливості паралельного виконання. Для тестування був використаний набір даних MNIST і отримано результат розпізнавання в 97,29%, що підтверджує високу ефективність запропонованої системи. Метод в даний час корисний тільки для цифр, які мають чітку межу і порожній фон, інакше модель не зможе правильно розпізнати символ, і може вивести помилковий результат. Також необхідно продовжити дослідження для розпізнавання цілих математичних виразів, замість окремих цифр.

1. Wassim Swaileh. Language Modelling for Handwriting Recognition. Modeling and Simulation / Wassim Swaileh. – 2017. – 151 с. – Normandie Université.
2. Homayoon S.M. Beigi. An Overview of Handwriting Recognition / Homayoon S.M. – 1997. – 17 с. – Beigi. T.J. Watson Research Center.
3. Transfer Learning for Handwriting Recognition on Historical Documents / Adeline Granet, Emmanuel Morin, Harold Mouchere, Solen Quiniou and Christian Viard-Gaudin – 2018. – 8 с. – Université de Nantes.
4. Handwritten Gurumukhi Character Recognition Using Convolution Neural Network / Harpreet Kaur, Simpel Rani – 2017. – 11 с. – International Journal of Computational Intelligence Research.
5. Bangla Handwritten Character Recognition using Convolutional Neural Network / Md. Mahbubar Rahman, M. A. H. Akhand, Shahidul Islam, Pintu Chandra Shill – 2015. – 8 с. – Dept. of Computer Science and Engineering Khulna University of Engineering & Technology Khulna.
6. Handwritten Devanagari Character Recognition Using Layer-Wise Training of Deep Convolutional Neural Networks and Adaptive Gradient Methods / Mahesh Jangid, Sumit Srivastava – 2018. – 14 с. – School of Computing & Information Technology, Manipal University Jaipur.
7. Convolutional Neural Network Committees For Handwritten Character Classification / Dan Claudiu Cireş, Ueli Meier, Luca Maria Gambardella, Jurgen Schmidhuber – 2011. – 5 с. – IDSIA USI, SUPSI Manno-Lugano.
8. An Overview of Character Recognition Focused on Off-line Handwriting / A. Jailin Reshma, J. Jenushma James, M.Kavya, M.Saravanan – 2016. – 7 с. – Department of Computer Science Engineering, Faculty of Computing, Sathyabama University.
9. Offline Handwritten Character Recognition Techniques using Neural Network: A Review / Vijay Laxmi Sahu, Babita Kubde – 2013. – 8 с. – Rungta College of Engineering & Technology.
10. Handwritten Hangul recognition using deep convolutional neural networks / In-Jung Kim, Xiaohui Xie – 2013. – 29 с. – School of CSEE, Handong Global University.

Рецензент

Заведуючий, професор кафедри інформатики Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет», доктор технических наук Чичкарев Е. А.

УДК 004.05(075.8)

Луцький національний технічний університет¹⁾

Університет Бельсько-Бяли, Польща²⁾

І.Є. Андрушак¹⁾, Ю.Я. Матвіїв¹⁾, О.М. Сіваковська¹⁾, М.І. Потейчук¹⁾, В.П. Марценюк²⁾

FEATURES AND PROSPECTS OF OUTSOURCING IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES.

І.Є. Андрушак, Ю.Я. Матвіїв, О.М. Сіваковська, М.І. Потейчук, В.П. Марценюк. Особливості та перспективи аутсорсингу у сфері інформаційних технологій. У даній статті буде розглянуто світовий ринок інформаційних технологій, його фірмова, географічна, товарна структура і основні напрямки розвитку, а також ринок аутсорсингу як драйвера розвитку ІТ-послуг. Виділено найбільш затребувані ІТ-послуги аутсорсингу. Виявлено та описано основні критерії, за допомогою яких можна створити класифікацію наданих ІТ-послуг.

Ключові слова: аутсорсинг, інформаційні технології (ІТ), інформаційні послуги.

И.Е. Андрушак, Ю.Я. Матвиив, М.И. Потейчук, А.Н. Сиваковська, В.П. Марценюк. Особенности и перспективы аутсорсинга в сфере информационных технологий. В данной статье будет рассмотрен мировой рынок информационных технологий, его фирменная, географическая, товарная структура и основные направления развития, а также рынок аутсорсинга как драйвера развития ИТ-услуг. Выделены самые востребованные ИТ-услуги аутсорсинга. Выявлены и описаны основные критерии, с помощью которых можно создать классификацию предоставляемых ИТ-услуг.

Ключевые слова: аутсорсинг, информационные технологии (ИТ), информационные услуги.

I. Andrushchak, Yu. Matviyiv, M. Poteychuk, O. Sivakovskaya, V. Martsenyuk. Features and prospects of outsourcing in the field of information technologies. This article will consider the world market of information technologies, its brand, geographic, commodity structure and main development directions, as well as the outsourcing market as a driver for the development of IT services. The most popular IT outsourcing services are highlighted. Identified and described the main criteria by which you can create a classification of the provided IT-service.

Key words: outsourcing, information technologies (IT), information services.

Formulation of the problem. The rapid development of computer technologies and their active implementation in all spheres of human activity not only facilitated the solution of many problems, but also entailed a number of difficulties. The sphere of computer technologies is one of the most complex branches of science and at the same time, one of the most necessary at the present stage of the development of society. No organization or enterprise can do without a computer and connect to a global network, which entails the need for competent specialists who can ensure the uninterrupted operation of the computer system of the enterprise. The presence in the staff of a personal IT specialist raises a number of constant financial costs, which are not budgeted by every company. At the same time, mostly large enterprises and corporations require daily monitoring of the overall operation of the computer system. In small organizations and enterprises, there is usually no need for a permanent IT specialist. Therefore, IT outsourcing is the optimal option for efficient operation of the enterprise.

Setting up tasks. IT outsourcing companies choose when they need to reduce their own non-core from the point of view of the core business IT staff. Also, the company may be moved by the desire to reduce the number of contracts with different contractors, for example, for the supply of various equipment (with each supplier its contract), the organization of telephony, the Internet, etc. If the enterprise chooses a complex IT outsourcing, then a lot of contracts can replace the relationship with the only contractor. In addition, literate specialists in the regions are clearly not enough, therefore it is rather difficult and expensive to form your own IT team. Using the model of outsourcing, the enterprise transfers responsibility for ensuring the quality of the transferred processes to an external provider, while the responsibility for forming the parameters determining the quality of the process lies with the enterprise itself. These parameters must be fixed in the SLA and controlled by the IT service of the enterprise-customer. This is true, except when it comes to outsourcing business processes. In this case, the responsibility for implementing the business process lies entirely with the external provider. The advantage of outsourcing is the better and less expensive execution of the transferred function.

External providers of IT outsourcing services work exclusively in the field of information technology and, due to narrow professional specialization, provide high-quality services, the cost of which is lower than the cost of using their own IT services. The IT outsourcer has a lot of experience in solving various problems that he faced with his clients. That is, there is a base of problem situations and methods for their possible solutions. In addition, the outsourcing company takes on the implementation of processes that divert people and resources from performing the basic functions. Thanks to IT outsourcing,

the company can significantly reduce the cost of owning its own information system. Thanks to IT outsourcing, it is possible to optimize the distribution of all company assets. At the same time, the contract concluded with the IT outsourcing company is a reliable guarantee that the computer system will function properly, and all the problems will be eliminated promptly. In addition, all new hardware and software components will be implemented competently and qualitatively. Due to the fact that the world around us is unstable, and the reaction to various business signals should be lightning fast - IT outsourcing has become quite popular. This type of outsourcing is very popular today among quite young companies that are actively developing, and who do not have the desire to expand their own staff of IT specialists [1].

Basic material presentation. Outsourcing in the field of information technology has existed in one form or another for several decades. Unlike some other management trends, the concept of subcontracting functions in the field of information technology to external service providers has passed the test of time. Outsourcing of services in the field of information technology has become a complementary to the generally accepted method. Undoubtedly, in some circumstances outsourcing causes damage and is more expensive than anticipated. It also leads to a reduction in morale and the disenchantment of those information technology professionals who had to oppose their desire to transfer to a new employer. Nevertheless, the outsourcing market continues to grow rapidly, currently supported by the economic downturn, which has caused many companies to start looking for ways to cut costs [2].

Although some suggest that the end of the era of general outsourcing agreements in the field of information technology (contracts that cover more than 80 percent of the organization's IT activities) is close, there is little evidence of this. Press reports on new major agreements or the expansion of contracts continue to appear regularly. Meanwhile, the outsourcing industry is developing, offering at the present time many different types of service providers capable of meeting a wide range of information technology requirements or specialized niche requirements, as well as providing a combination of business processes and supporting IT systems. The growth of the Internet and the increase in the availability of broadband connections open new ways of providing services.

The high demand for IT services is connected, on the one hand, with the rapid popularization of information systems in the enterprises of medium and even small businesses, as well as the unprecedented progress of e-commerce and the Internet as a whole. In addition, the transfer of functions of IT-services to special organizations is beneficial to the business. First, it allows to save considerably (according to Garner Group, the reduction of indirect costs in the transition to outsourcing is about 30%). And secondly, IT-specializing companies are able to provide high quality of their services, unlike one or two employees in the state. The term "outsourcing" (external-source-using) uses an external source / resource) provides an enterprise on a contractual basis with a number of certain business processes or production functions for the service of another company specializing in the relevant field. That is, it is a contractual relationship between legal entities and individuals to perform functions that are not within the scope of the main lines of business. For example, IT outsourcing (from English IT-outsourcing) is one of the most developed and in demand today. This is the transfer of the function of providing the IT infrastructure of an enterprise or organization (the uninterrupted operation of computers, networks, etc.) of a company that specializes specifically in subscriber servicing of specific enterprises and provides for a staff of narrow highly qualified specialists [3].

For small and medium-sized businesses, as for small organizations, IT support is necessary, but irregular, so IT outsourcing is the optimal solution for the effective operation of the company. IT outsourcing - the transfer of all works in the field of information technology of another organization under a contract. You can transfer to the company server maintenance, site and application support, repair of personal computers in the office, etc. Simply put, this form of cooperation is the provision of labor resources to the second enterprise to solve ordinary problems.

The main task of IT outsourcing is to support and further develop the IT infrastructure of the organization. Now every second company needs IT services, and the spectrum of work for different organizations is radically different [4].

The advantages of IT outsourcing (English, IT-outsourcing) are undeniable. Unlike standard and now generally accepted one-time IT support services or services, IT outsourcing works on a contractual basis for a period of time set by both parties. This secures certain responsibilities on both sides and guarantees the quality of the functions performed. Before concluding the contract, the specialists of the outsourcing company conduct an audit of the IT infrastructure of the enterprise, identify vulnerabilities and main directions of development in accordance with the specialization of the enterprise or

organization. Based on the results of this diagnosis, a contract is drawn up, the main points in which are determined by the client. The company-outsourcer offers the client its work strategy and options for its implementation. Thus, the customer gets a full picture of the IT infrastructure of his company and can independently determine which segments he would like to pay close attention to, which, according to the IT outsourcing policy, is fixed in the contract. Depending on the complexity of the company's IT infrastructure, the number of scheduled visits is determined to continuously monitor all segments: from monitoring the overall operation of the system to correcting local problems, such as cable damage, dustiness of equipment, etc. In addition to scheduled visits, IT support from the outsourcing company is a quick solution to unexpected problems, such as a malfunction of office equipment or a malfunctioning network. Such issues are resolved either remotely, or by the specialist's departure to the site, which is also stipulated in the contract. Another advantage of IT outsourcing is the definition of the list of serviced segments, or services. According to the contract, it is possible to transfer the outsourcing functions of the maintenance function from the maintenance of networks to the refilling of cartridges and the repair of office equipment. At the same time, large enterprises prefer to share the functions of IT-support between different companies-outsourcers, in particular monitoring and maintenance of specific software, it is preferable to instruct a developer more competent in the features of his product [5].

Another advantage of IT outsourcing is the provision of uninterrupted operation of a whole staff of specialists. That is, regardless of the time of the day, calendar holidays or weather conditions, the customer is guaranteed the provision of a qualified specialist to solve the problems encountered. At the same time, an important advantage is that, according to the contract, the outsourcing company constantly diagnoses the operation of the company's IT infrastructure and eliminates the problem. The specialist already knows all the features of the system, which significantly reduces the time spent troubleshooting and helps to prevent them from appearing in the company. further.

Despite the fact that IT outsourcing can take a variety of forms, there are three main ones:

- resource outsourcing. In our country, this type of IT outsourcing is more common today. With this option, the client uses and manages external IT resources. However, he carries all the risks that are associated with the result of his activities.

- functional outsourcing. With this option, the outsourcing company transfers the functions. The responsibility of the service provider, as well as the criteria for its operation in this case are stipulated in the agreement. Such criteria may include: the speed of response to various incidents, the frequency of prevention, the recovery time after the failures, etc.

- strategic outsourcing. In this case, a complete transfer to a complex IT outsourcing of the entire IT infrastructure of the enterprise is carried out.

For most enterprises, the main argument for applying to IT outsourcing is budget saving. The hiring of a full-time IT specialist requires a separate workplace, the fulfillment of financial obligations provided for by law and the provision of a social package, which includes both compulsory paid leave and sick leave. This is quite costly for many enterprises. Since problems with the operation of the IT infrastructure can occur at different intervals. Problems can arise or extremely rarely, or require constant support of a specialist, while he may be absent due to leave or illness. While the outsourcing company undertakes to provide competent professionals regardless of external circumstances. Another item of expenditure may be the training of an IT specialist. Computer technologies do not stand still and are in constant development. It is almost impossible to keep track of all innovations to one specialist, while IT outsourcing policy is based on constant improvement. Outsourcing companies are interested in the continuous improvement of the qualifications of their employees in different areas of IT technologies [6].

Involvement of outside support is most often needed for:

- the development of the infrastructure of the enterprise without distracting the staff from ordinary projects.

- reducing costs for maintenance of office equipment and other tasks in 2-3 times.

- improving the efficiency of performing a number of tasks in the field of support of information technologies in the enterprise.

- Increase the level of responsibility of employees for the current state of servers, infrastructure, office equipment.

Also IT outsourcing helps to reduce the cost of maintaining the infrastructure by 30-50%. For example, it is not profitable for a company to hire a full-time system administrator, because it will often hurt, work long, or vice versa - do it too quickly, and therefore most of the working time will not do anything.

We will admit, in office there are only 5 computers and 20 units of office equipment. To handle at every failure to the masters or to the service centers is also unprofitable - private masters take expensive, service centers repair a long time. The best way is to hire an incoming system administrator from a company that provides IT outsourcing: it will monitor the operation of office equipment remotely, and periodically come for physical service. The firm will pay him less than a full-time employee, while forgetting about expensive repairs.

Applying more and more in the work of information technology companies leads to the fact that firms try to use the labor of the most qualified personnel. At the same time, technology is increasingly dependent on the human factor, and therefore does not require constant intervention in its work. Servicing computers and repairing equipment are increasingly outsourced to almost every company in every country. Many executives believe that it is undesirable to give out to IT-outsourcing important projects with high expected returns. Some believe that it is better to entrust them to full-time specialists. It is not recommended to outsource the maintenance of rare CRM and profile software developed by another team. To transfer ordinary tasks to outsourcing did not bring additional problems, carefully choose a legal entity. Pay attention to reviews - look for them on the Internet in profile forums, thematic sites, special resources. Pay special attention to official letters of thanks sent from partners - the more of them, the better [7].

Statistics show that at the moment IT outsourcing is at the stage of active development. More and more companies and organizations are turning to IT outsourcing companies. As the transfer of functions of IT infrastructure maintenance to highly focused specialists significantly increases the efficiency of the enterprise as a whole. This makes it possible to concentrate precisely on the directions in which the company specializes. Nevertheless, the market of IT services in our country is gaining momentum every year. More and more entrepreneurs and even large firms prefer external contractors. Today, the dependence of business on IT is extremely high. Modern technologies and solutions allow not only to maintain and accelerate existing business processes, but to change the very model of the company's activity on the market, to open new lines of business. The best option for an actively developing business is cooperation with experienced IT outsourcers [8].

Conclusion

Nevertheless, the market of IT services in our country is gaining momentum every year. More and more entrepreneurs and even large firms prefer external contractors. After all, it saves not only material resources, but also strength and time. The IT services market is gradually migrating towards the model of integrated outsourcing. The new model puts new tasks before all participants of the process, requires new competences from them, and for today not all companies are ready for it. But hardly anyone can argue that speed and flexibility are key factors in the success of modern business. Complex IT outsourcing is a way to provide them.

Therefore, in our opinion, the transition to a new model of obtaining IT services is inevitable. And this is facilitated by positive examples, which are becoming more common on the market. All these and many other problems can be solved by using IT outsourcing services, which can provide high-quality modern IT services. Thanks to IT outsourcing, the management of a firm or an enterprise will be able to get rid of worries about eliminating technical problems. Exactly qualitative outsourcing in Ukraine can guarantee you prompt response to all arising calls and requests of clients.

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. Heywood, J. Bryan Outsourcing: In Search of Competitive Advantages / J. Bryan Heywood; trans. with English. - M.: Publishing house "Williams", 2004. - 176 p.
4. 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.
5. Wayle, P. IT governance: the experience of leading companies. How information technology helps to achieve Sunrise results / Peter Weil, Jinn W. Ross; trans. with English. - M.: Alpina Business Books, 2005. - 293 p.
6. Vorobiev K. Yu. Classification of outsourcing from the positions of the managerial approach // Vestnik Kostroma State University. N. A. Nekrasov. Scientific and methodical journal. Volume 19, №4. 2013 - P.53-56.
7. Information technologies of 2017 [Electronic resource] // BIT. Business & Information Technology. - 2017.-No. 01 (64).
8. Extract from the report World Electronic Industries 2012–2017 carried out by DECISION (March 2014), p. 4.

УДК 007.5; 004.85

Бунке О. С., доцент, канд. тех. наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ІНФОРМАЦІЙНІ ЗАСОБИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бунке О.С. Інформаційні засоби для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств. У роботі досліджено та виявлено інформаційні засоби для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств. Показано, що найпривабливішим інформаційним засобом для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств є ERP-системи, які дозволять скоротити фінансові витрати на ІТ-підтримку. Вибір інформаційних засобів для комплексної автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств повинен визначатися багатьма показниками, але головним, універсальним критерієм, звичайно, виступає економічна доцільність. Тому перед придбанням інформаційних засобів для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств необхідно визначити витрати, доходи і ефективність впровадження таких засобів.

Ключові слова: автоматизація, бізнес-процеси, інформаційні засоби

Бунке А. С. Информационные средства для автоматизации бизнес-процессов промышленных предприятий. В работе исследовано и выявлены информационные средства для автоматизации бизнес-процессов промышленных предприятий. Показано, что наиболее привлекательным информационным средством для автоматизации бизнес-процессов промышленных предприятий является ERP- системы, которые позволяют сократить финансовые расходы на IT- поддержку. Выбор информационных средств для комплексной автоматизации бизнес-процессов промышленных предприятий должен определяться многими показателями, но в качестве главного, универсального критерия, конечно, выступает экономическая целесообразность. Поэтому перед приобретением информационных средств для автоматизации бизнес-процессов промышленных предприятий необходимо определить расходы, доходы и эффективность внедрения таких средств.

Ключевые слова: автоматизация, бизнес-процессы, информационные средства

Bunke O.S. Information tools for automating business processes of industrial enterprises. The research paper investigates and identifies information tools for automating business processes of industrial enterprises. It is shown that the most attractive information tool for automating business processes of industrial enterprises is ERP-systems, which will allow reducing financial expenses for IT-support. The choice of information tools for the complex automation of business processes of industrial enterprises should be determined by many indicators, but the main, universal criterion, is undoubtedly economic feasibility. Therefore, before purchasing information tools for automating the business processes of industrial enterprises, it is necessary to determine the costs, revenues and the effectiveness of the implementation of such tools.

Key words: automation, business processes, information tools.

Вступ. Автоматизація бізнес-процесів спрямована на створення таких механізмів, які забезпечують підвищення ефективності діяльності підприємств через безперервне вдосконалення виникаючих в них процесах [1-7]. Інформаційні засоби для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств повинні включати сукупність програм і систем, що підтримують спеціалізовані завдання управління «наскрізними» процесами (моделювання, впровадження, оперативне управління та адміністрування, моніторинг та аналіз показників ефективності), забезпечуючи при цьому злагоджену взаємодію людей і інформаційних систем. На сьогоднішній день ведеться багато суперечок про правильність того чи іншого підходу до автоматизації промислових підприємств [1, 4-9]. На даний момент найбільш прийнятним вважається західний підхід. Такий підхід, але в галузі управління, мав розвиток і впровадження в більш розвинених країнах, і тепер необхідне його застосування на українських підприємствах.

Постановка проблеми. У роботі необхідно дослідити та виявити інформаційні засоби для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідженнями питань автоматизації бізнес-процесів на підприємствах та їх впровадженням займалось багато науковців, серед яких, слід зазначити: Марченко А.В. [1], який проводив дослідження систем управління потоками робот для випадку здійснення автоматизації складних бізнес-процесів; Герасимчук Г.А. [2], який провів узагальнення і аналіз шляхів для здійснення ефективної автоматизації бізнес-процесів; Чалий С.Ф. [3], який здійснив дослідження моделей, методів і технологій АСУ бізнес-процесами; Кузьмінський Ю.А. [4], який здійснив опис проведення контрольних речей на різних ділянках обліку; Никитин А.В. [5], який провів дослідження інтегрованої інформаційної системи промислового підприємства; Наливайченко К.В. [6], яка дослідила деякі питання, пов'язані з інформатизацією підприємств України. Не дивлячись на це, автоматизація бізнес-процесів промислових та виробничих підприємств виявляє багато проблем, що потребують подальшого дослідження.

Західний підхід сьогодні є найпривабливішим при здійсненні автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств [7, 9], який ураховує цілі стратегії розвитку підприємства з майбутньою його фінансово-економічною ефективністю від впровадження автоматизації.

Зазначений підхід включає [8, 10]:

- поліпшення протікання всіх бізнес-процесів з урахуванням інтересів підприємства;
- підвищення ефективності виконання окремого бізнес-процесу при здійсненні автоматизації;
- прогнозування техніко-економічного ефекту автоматизації з порівнянням капіталовкладень;
- остаточне завершення процесу реорганізації та автоматизації всіх бізнес-процесів дослідного підприємства.

При автоматизації промислових підприємств, техніко-економічний ефект оцінюється виконанням таких завдань, що пов'язані з плануванням ресурсів промислового підприємства, управлінням відносинами з існуючими клієнтами, поліпшенням конструкторсько-технологічних процесів [9, 11]. Це повинно здійснити вплив на фінансові витрати, що припадають на ресурси, тобто їх зменшення та знизити собівартість кінцевої продукції промислового підприємства.

При такому підході завдання обліку і контролю будуть вторинними, оскільки зв'язати їх з цілями підприємства і оцінити їх ефект дуже складно. Завдання обліку і контролю в цьому випадку є невід'ємною частиною завдань планування і аналізу.

Саме на цих передумовах засновані комплексні інформаційні системи, що підтримують стандарти ERP (планування ресурсів підприємства), CRM (управління взаєминами з клієнтами), CAD / CAM системи.

Позитивні характеристики даного підходу впливають з його опису, а до негативних характеристик – слід віднести [7, 10]:

- необхідність розробки нової стратегії промислових підприємств із залученням сторонніх консультантів, і перебудови всієї системи стратегічного планування в зв'язку з неготовністю до автоматизації підприємства;
- потреба реінжинірингу бізнес-процесів підприємства. Ці два пункти вимагають серйозних матеріальних і тимчасових витрат, а також психологічної готовності до перетворень персоналу і менеджменту підприємства;
- вартість застосування інформаційних засобів автоматизації, спрямованих на автоматизацію бізнес-процесів промислових підприємств є занадто високою.

Західний підхід до автоматизації підприємств виражається у впровадженні «коштовної» комплексної системи управління, без пов'язання впровадження з цілями підприємства і коректної оцінки передбачуваної ефективності такої системи і як результат, досить невелика кількість проєктів автоматизації виявляється вдало завершеними в повному обсязі [1, 3, 7, 9].

Якщо врахувати реалії виробництва українських промислових підприємств, слід також врахувати жорсткі вимоги з боку держави в частині ведення на підприємстві бухгалтерського і податкового обліку. Ці завдання віднімають багато ресурсів у промислового підприємства і не завжди адекватно підтримуються комплексними системами управління підприємством.

Автоматизація бізнес-процесів промислових підприємств повинна включати наступне [1-5, 7-11]:

- автоматизацію бухгалтерського обліку, розрахунку заробітної плати, кадрового обліку, яка дозволяє вирішити досить ресурсномісткі завдання і забезпечити керівництво підприємства зведеною управлінською інформацією. Керівництво підприємства входить в процес освоєння інформаційних технологій і починає формулювати вимоги щодо отримання детальної і оперативної інформації про діяльність свого підприємства;
- автоматизацію оперативного виробничого, управлінського обліку, яка дозволяє впорядкувати технологічну інформацію підприємства, налагодити оперативний виробничий, складський і управлінський облік. При цьому керівництво отримує оперативну і детальну інформацію про діяльність свого підприємства і може переглядати механізми планування на підприємстві. У свою чергу, детальна і оперативна управлінська інформація є основною для точного і детального планування діяльності підприємства;
- автоматизацію планування матеріальних і трудових ресурсів відповідно до стандартів MRP / ERP, що дозволяє керівництву підприємства підвищити якість і швидкість процесів

планування діяльності, скоротити витрати за змістом ресурсів. Наявність планової та фактичної управлінської інформації дозволяє аналізувати і контролювати діяльність підприємства;

- автоматизацію фінансового планування і планування бюджету, що дозволяє планувати, оцінювати і аналізувати діяльність підприємства в фінансових показниках;
- комплексну автоматизацію підприємства відповідно до системи стандарту ERP.

Результати досліджень. Для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств можуть бути використані інформаційні засоби технології BPM (BusinessProcessManagement - управління бізнес-процесами)[11, 12].

До інформаційних засобів, що відносяться до рішень по технології BusinessProcessManagement, можна віднести наступні: ARIS, SAP, Oracle, Ultimus тощо. При цьому, продукти ARIS можна вважати засобом опису і аналізу бізнес-процесів, SAP відноситься до систем управління ресурсами підприємства, а Oracle асоціюється в першу чергу з базами даних, аналітичними засобами, засобами інтеграції і лише трохи – з workflow-технологіями [3, 12, 13].

Існує також значна кількість інформаційних засобів, які, охоплюючи своєю функціональністю частину перерахованих вище стадій, зараховують себе до BPM-систем (наприклад, TIBCO, MSFT, які є засобами інтеграції) [3, 12, 13].

Слід зазначити, що більшість сучасних інформаційних засобів, що надають специфічний функціонал (ERP, EAI, ECM тощо), володіють і окремими варіантами підтримки бізнес-процесів. Але при цьому на ринку існує клас так званих чистих BPM-систем, тобто систем, які спочатку проектувались і розроблялись для того, щоб забезпечити інформаційну підтримку всіх етапів управління процесами – від моделювання та аналізу до моніторингу і контролю версій. Дані системи призначені саме для автоматизації «наскрізних» бізнес-процесів, незалежно від того, якими інформаційними засобами вони підтримані.

Сьогодні на ринку постачальників BPM-систем в Україні і СНД існує значна кількість фірм. Однією з таких систем є Ultimus BPM Suite, що розроблена американською компанією Ultimus і, яка поширюється на територіях країн СНД [3, 9-15]. Дана система має найвищі показники серед BPM-систем, такі як якість архітектури, рівень реалізації можливостей, положення на ринку, вартість володіння тощо [3, 15].

Також інформаційними засобами систем автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств може бути: технічне управління (ведення специфічних наукових і експериментальних досліджень – LIMS (LaboratoryInformationManagementSystems), управління основними фондами EAM (EnterpriseAssetsManagement) тощо, а сама система управління інженерною інформацією повинна існувати в одному інформаційному просторі з ERP-системою (EnterpriseResourcePlanning). Для реалізації єдиного інформаційного простору необхідне об'єднання прикладного програмного забезпечення керування життєвим циклом продукції (PLM - ProductLifecycleManagement) з ERP-системою, оскільки ERP-система створює і споживає значну частину інформації про ресурси підприємства.

Актуальні PLM-системи являють високотехнологічні рішення в сфері електронного документообігу та систем керування технологічними даними (PDM –ProductDataManagement), що формують єдиний інформаційний простір для конструкторів (CAD-системи, Computer-aided design– система автоматизованого проектування), технологів (CAM-системи, Computer-aided manufacturing – автоматизована система для підготовки керуючих програм, орієнтована на використання інформаційних технологій), інженерів (CAE-системи, Computer-aided engineering – програми, призначені для вирішення таких інженерних завдань, як розрахунки, аналіз, симуляція фізичних процесів), управлінців і проектувальників виробництва, які працюють з симуляторами і системами 3D-моделювання, фахівців в галузі управління якістю.

Інтеграція таких систем з ERP, MES-системами на базі CALS-технологій (ContinuousAcquisitionandLifecycleSupport – системний підхід, що полягає у використанні інформаційних технологій в підтримці кожного життєвого циклу продукції) дозволяє мінімізувати ризики, скоротити терміни розробки і виведення на ринок нової продукції, здійснювати ефективне управління змінами, в тому числі в частині реалізації інноваційних проектів. Управління технологічними даними (PDM) і збудовані за моделями сучасного менеджменту архітектурні рішення в даних системах забезпечують взаємодію з економічним аспектом діяльності на рівні ERP, SCM-систем, з виробничим аспектом на рівні MES-систем (електронне креслення), комп'ютеризованими системами управління за допомогою кодогенерації на основі електронного макетування, а також з системами управління та контролю якості продукції [13].

Застосування САД-засобів дозволяє моделювати геометричні моделі виробів, що використовуються в якості вхідних даних в системах САМ, і на її основі в системах САЕ формується модель досліджуваного процесу, необхідна для інженерного аналізу.

Без застосування систем, що використовують методи паралельного проектування, на сьогоднішній день неможливо наукомістке виробництво продукції, що складається з великої кількості елементів різної фізичної природи. У свою чергу, велика кількість різнорідних матеріалів, комплектуючих елементів для виробництва наукомісткої продукції вимагає організації логістичних процесів, що реалізуються на виробничих підприємствах на основі використання ERP-систем з можливістю виконувати процес виробничого планування.

Ще один напрямок сучасних інформаційних систем, інтегрованих в комплекс автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств – це економічне управління, що реалізується на сьогоднішній день на основі ERP-стандарту, який розширює традиційний інструментарій менеджменту (виробництво, фінанси тощо), систем управління кадрами, інформаційних систем управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), систем управління поставками (SCM), модулів перспективного планування (APS) тощо [9].

ERP-системи [1-8], зазвичай, повинні будуватися за модульним принципом, а їх структура повинна передбачати окремі блоки, які відповідають за конкретний процес; через такі принципи для промислового підприємства можливий варіант доробки, а також розширити функціональні можливості всієї системи в міру з'явлення нових технологій, різних змін в національному законодавстві або в існуючих потребах клієнтів. Більшість ERP-систем мають наступні групи модулів: логістичний; виробничий; маркетинговий; збутовий; інші.

Після впровадження ERP-системи промислове підприємство може відмовитися від використання численних розрізаних програм для роботи з фінансами, складом, офісом, логістикою. Це, в свою чергу, дозволить промислового підприємству істотно скоротити витрати на IT-підтримку.

У 2016 році за рейтингом консалтингової компанії PanoramaConsultingSolutions[14] в трійку лідерів світового ринку ERP-систем увійшли SAP з часткою 20%; Oracle–13,9% і Microsoft – 9,4%. Далі в порядку убывання розташувалися такі компанії: Infor, Epicor, Sage, NetSuite, IFS, IQMS, Syspro. Лідером за швидкістю впровадження стала компанія Oracle, а за термінами окупності інвестицій – SAP. В Україні, за даними[16], найпопулярнішими ERP-системами на сьогодні є: OneBox, 1С, Microsoft Dynamics, IT-Enterprise тощо.

Висновки. Сфера застосування інформаційних технологій на промислових підприємствах розширюється, у зв'язку з чим відбувається безперервна інтеграція можливостей інформаційних засобів для автоматизації сфер планування виробництва, логістики, вибудовування взаємин з замовниками, управління запасами, здійснення контролю та випробувань тощо.

Показано, що найпривабливішим інформаційним засобом для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств є ERP-системи, які дозволять скоротити фінансові витрати на IT-підтримку.

Вибір інформаційних засобів для комплексної автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств повинен визначатися багатьма показниками, але головним, універсальним критерієм, звичайно, виступає економічна доцільність. Тому перед придбанням інформаційних засобів для автоматизації бізнес-процесів промислових підприємств необхідно визначити витрати, доходи і ефективність впровадження таких засобів.

1. Марченко А.В. Формальний опис і автоматизація бізнес-процесу підприємства за допомогою систем управління потоками робіт / А.В. Марченко, Н.О. Милостна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №4/2 (52). – С. 28-31.
2. Герасимчук Г.А. Впровадження інформаційних систем для управління бізнес-процесами / Г.А. Герасимчук, О.Ю. Повстяной // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк, 2011. – Вип. 3. – С. 40-43.
3. Чалий С.Ф. Автоматизоване управління бізнес-процесами (моделі, методи і технології) : дис. на здобуття наук ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / С.Ф. Чалий ; Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. – Х., 2007. – 502 с.
4. Кузьмінський Ю.А. Автоматизація оперативного обліку та контролю міжнародних економічних операцій: [монографія] / Ю.А. Кузьмінський. – К.: КНЕУ, 2001. – 268 с.
5. Никитин А.В. Управление предприятием (фирмой) с использованием информационных систем: [учеб. пособие] / А. В. Никитин, И. А. Рачковская, И. В. Савченко. – М.: ИНФРА-М, 2007. – XIV, 188 с.
6. Наливайченко К.В. Информатизация економічного розвитку сучасних національних компаній / К. В. Наливайченко // Економічний вісник Донбасу. – 2012. – №2 (28). – С. 196-201.

7. Филиппов С.А., Умнова Е.Г. Особенности автоматизации бизнес-процессов // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах. – 2014. – С.49- 50.
8. Торош О.И., Плучевская Э.В. Моделирование и автоматизация бизнеспроцессов как основа эффективного развития предприятия. // Управление человеческими ресурсами – основа развития инновационной экономики. – 2011. – №3. – С. 630-635.
9. Ипатова Э.Р., Ипатов Ю.В. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем: учебник – 2-е изд., стер. – М.: Флинта, 2016. – 256 с.
10. Хаммер М. Реинжинринг корпорации: Манифест революции в бизнесе: пер. с англ. / М. Хаммер, Дж. Чампи. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1997. – 332 с.
11. Fundamentals of business process management / M. DumasMenijvar, M. La Rosa, J. Mendling, H. Reijers. – Berlin : Springer, 2013. – 400 p.
12. BPMN постер. – Режим доступа : <http://www.bpmb.de/index.php/BPMNPoster>.
13. Мещерякова И.А. Совершенствование управления бизнес-процессами промышленных предприятий: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Воронеж, 2012. – 173 с.
14. Истигечева Е.В., Григорьева Т.Е. Моделирование логистических схем бизнес-процессов// Информатика и системы управления. – 2017. – № 1. – С. 25-33.
15. Краснов С.В., Федосеева О.Ю. Информационные технологии в организации производства наукоемкой продукции // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2011. – № 17. – С. 58-63.
16. <http://www.livebusiness.com.ua/tools/erp/> Дата звернення 08.10.2018.

УДК 004.358

Головачук І.П.¹, Величко В.Л.²

¹Луцький національний технічний університет

²Волинський коледж Національного університету харчових технологій

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕМОНСТРУВАННЯ 3D ГОЛОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Головачук І.П., Величко В.Л. Розробка конструкції установки для демонстрування 3d-голографічних проєкцій. У статті проаналізовано сучасний стан розробок у галузі голографічних зображень. Наведено приклади їх використання у світовій практиці. Виконано опис конструкції установки для демонстрування 3D голографічних зображень. Викладено рекомендації до впровадження результатів досліджень у освітній процес.

Ключові слова: голограма, голографія, голографічна 3D-піраміда, установка.

Головачук И.П., Величко В.Л. Разработка конструкции установки для демонстрации 3d-голографических проєкций. В статье проанализировано современное состояние разработок в области голографических изображений. Приведены примеры их использования в мировой практике. Выполнено описание конструкции установки для демонстрации 3D голографических изображений. Изложены рекомендации к внедрению результатов исследований в образовательный процесс.

Ключевые слова: голограмма, голография, голографическая 3D-пирамида, установка.

Golovachuk I.P., Velychko V.L. Development of the construction units for demonstration 3d-holographic projections. The article analyzes the current state of development in the field of holographic images. Examples of their use in world practice are given. A description of the design of the installation for displaying 3D holographic images is executed. Recommendations for implementation of research results in the educational process are presented.

Key words: projective hologram, holographic 3D pyramid, reflection of light

Постановка проблеми. Стрімкий процес збільшення об'ємів та видів інформації, що викликаний науково-технічним прогресом, спонукає удосконалювати розробки у галузі комп'ютерної техніки та інформаційних технологій, завдяки впровадженню нових пристроїв, девайсів, гаджетів та способів візуалізації даних. На сьогоднішній день спостерігається перехід від передачі і сприйняття інформації через поняття та означення до передачі інформації через віртуальні образи та об'єкти, що наділені реальними властивостями, тобто людство вступило в, так звану, цифрову еру де відбувається віртуальне продукування, поширення та сприйняття не лише знань і навичок, але й послуг та виробів. Невпинний розвиток науки та техніки, на сьогоднішній день, дозволяє втілювати явища, розробки та технології, що описувалися письменниками-фантастами у далекому минулому, коли віртуальний простір існував лише завдяки кіноіндустрії.

Візуалізація тривимірних об'єктів у 3D просторі вимагає використання спеціального програмного та апаратного забезпечення. Проте, через обмеження фізичних можливостей людини (дискомфорт під час перегляду 3D зображень та відео, короткотермінова втрата орієнтації у просторі або часі та ін.), необхідність використання вартісного обладнання, дані технології поки що не набули масового поширення. При цьому, майбутнє галузей реклами, розваг, освіти та інших, звичайно, за об'ємом, реалістичністю та інтерактивністю. Окрім того, технологічна мода на тривимірність поки що охопила не всі царини, у яких можна вирішувати певні проблеми користувачів завдяки цифровим 3D технологіям. Загалом, ринок інноваційних комп'ютерних розробок та девайсів спрямований до подальшого розвитку та впровадження концепції багатовимірності, яка природньо сприймається користувачами.

У інженерно-технічній галузі, в загальному і зокрема на етапі підготовки фахівців у закладах освіти, існує проблема представлення та сприйняття складної графічної інформації. Технології комп'ютерної графіки, такі як 3D геометричне моделювання, візуалізація зображень на екрані монітора, частково вирішують таку проблему, проте не усі користувачі однаково легко сприймають інформацію надану в такій формі (залежить від особистих якостей та рівня підготовки людини), тому що зображення проєціюється на плоску поверхню дисплея. Можливим шляхом вирішення є використання технологій 3D-друку або технологій віртуальної (доповненої) реальності, проте вони є високовартісними, так як потребують використання спеціального обладнання та витратних матеріалів.

Тому, альтернативою вищенаведеним технологіям з метою вирішення проблеми демонстрування, сприйняття та спрощення опрацювання складних об'єктів, можуть бути використані голографічні 3D зображення (псевдоголограми), які дозволяють продемонструвати об'єкт у доступній і прийнятній для людини формі, тобто тривимірним та інтегрованим до реального світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Винахідником голографії вважається англійський фізик доктор Денніс Габор (1947 році). В 60-х роках двадцятого століття вагомий доробок у царину дослідження голографії вніс Денисюк Ю. Н. та американські вчені – Е.Лейт і Ю.Упатніекс з Мічиганського університету. Сучасні публікації про результати досліджень, виконаних в даній галузі, свідчать про те, що прискорений розвиток комп'ютерної та мультимедійної техніки суттєво розширює можливості використання голографічних моделей в багатьох галузях людської діяльності, і, як наслідок, існує потреба розробки, проектування, впровадження і розвитку нових технологій візуалізації віртуальних об'єктів. [5]

Виклад основного матеріалу і обґрунтування отриманих результатів. Представлення інформації у тривимірному вигляді є найбільш наочним та природним для людини. Людина отримує близько 80% всієї інформації завдяки зору. Око це оптичний прилад, природнього походження, а тому формування зорового сприйняття зображень навколишнього середовища визначається законами дифракції.

Важливою є можливість фіксування, збереження та відтворення зображень за допомогою спеціальної техніки. Проте зображення отримані за технологією фотографії є статичними та не передають всю глибину, тобто тривимірність сцени. З цієї причини на фотографії зображення об'єкта відповідає одному ракурсу, а саме напрямку, з якого здійснюється фотографування об'єкту. Даний недолік вдалося усунути завдяки винайденню голографії. [5]

Голографія (від грецького holos – повний + graphe – запис) – набір технологій для точного запису, відтворення і переформатування об'ємних зображень предметів за допомогою спеціального обладнання. [9] Голографія – це особливий фотографічний метод, при якому за допомогою лазера реєструються, а потім відновлюються зображення тривимірних об'єктів, надзвичайно схожі на реальні. Такий фотографічний запис називається голограмою. При висвітленні лазером голограма формує зображення, яке представляє собою точну копію вихідного тривимірного об'єкту. [8]

Різновидом в даному класі зображень є 3D-голографія, або псевдоголографія, що дозволяє обходити об'ємне зображення навколо, і воно буде змінюватися так, ніби ви ходите навколо «об'ємного» об'єкта, але в дійсності це ілюзія, створена особливим поєднанням оптичних ефектів та 3D-технологій.

На сьогоднішній день такі розробки успішно використовуються в багатьох галузях діяльності людини. Є факти використання технологія 3D-голографічного візуалізації, для проведення операцій на серці. Інтерактивні тривимірні зображення були отримані в режимі реального часу на базі даних, знятих за допомогою ангиографа та ультразвукової кардіологічної системи. Кардіолог має можливість у всіх деталях розглянути і дослідити голограму серця, що «висить» в повітрі, просто під час проведення малоінвазивної операції (тобто малотравматичної), виконаної без застосування спеціальних окулярів, що покращує продуктивність роботи і не завантажує додатковим обладнанням. Дані технології рекомендовано до впровадження і у інших напрямках медичної практики.

На сьогоднішній день об'ємні технології один з найкращих способів привернути увагу і здивувати клієнта, глядача або потенційного покупця. Загальновідомо, що візуальне сприйняття відіграє ґрунтовну роль при поданні інформації та презентації. Створена реклама з яскравими візуальними і оригінальними ефектами 3D запам'ятовується і надовго залишається в пам'яті. 3D-голографія – принципово новий рекламоносій. Використання даної технології в місцях з активним потоком відвідувачів (виставки, торгові центри, відкриті майданчики), зможе замінити будь-який рекламний банер. Використання технологій голографічних проєкцій є перспективним для забезпечення публічних виступів політиків та громадських діячів з точки зору особистої безпеки та впливу на громадськість. Яскравим прикладом був виступ прем'єр-міністра Туреччини у вигляді 3D-голограми перед прихильниками. Використання голографії в шоу-бізнесі було запроваджено одним з перших, тому можна з великою вірогідністю сказати, що найближчим часом комерційне використання цієї технології буде набувати глобальних масштабів. [2]

Поряд з вищенаведеним, галузь освіти також є перспективним майданчиком для впровадження технологій 3D голографії та мультимедіа. Великий об'єм інформації, яку викладач у закладі освіти повинен донести до студентів у рамках обмеженого аудиторного часу, відведеного на викладання дисципліни, вимагає пошуку і впровадження нових і більш ефективних методів викладання, використання сучасних навчальних технологій та залучення новітніх методик. В основу таких розробок покладено впровадження комп'ютерно-інформаційних засобів. Стрімкі темпи розвитку інформаційних технологій, які все глибше проникають у всі сфери діяльності людини, поступово стають невід'ємною частиною професійної діяльності викладача. Завдяки комп'ютерним технологіям та спеціальному апаратному забезпеченню, навчальні заняття набувають нового сенсу. Вони видозмінюють форму і перетворюються із ресурсів пасивного виду надання інформації на інтерактивні, динамічно змінні, суттєво інформативно наповнені, а самостійна робота студентів стає більш творчою, осмисленою та оригінальною, що знаходить своє відображення у підвищенні якості навчання та освіти.

З метою удосконалення процесу викладання та полегшення сприйняття студентами навчального графічного матеріалу, на кафедрі інженерної та комп'ютерної графіки Луцького національного технічного університету проводяться дослідження та запроваджуються електронні засоби навчання. Серед таких розробок, створено пристрій для демонстрування голографічних 3D зображень (рис. 1).

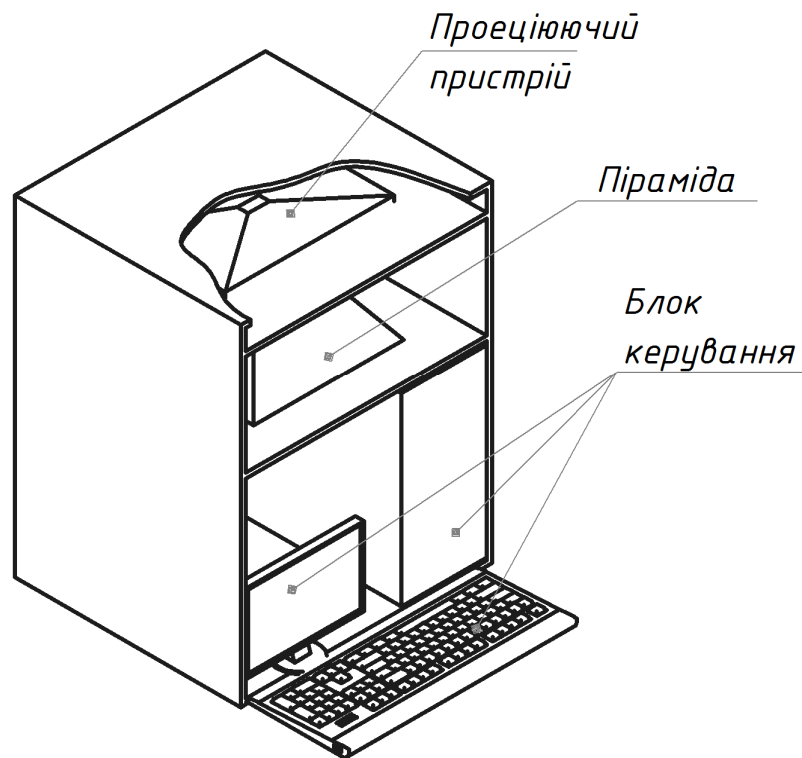


Рисунок 1 – Конструктивна схема установки для демонстрування 3D голографічних зображень

Базовим елементом установки є голографічна піраміда – це спеціально розроблений за певними пропорціями пристрій, який дозволяє отримувати псевдотривимірне зображення всередині прозорого об'єму (рис. 2).

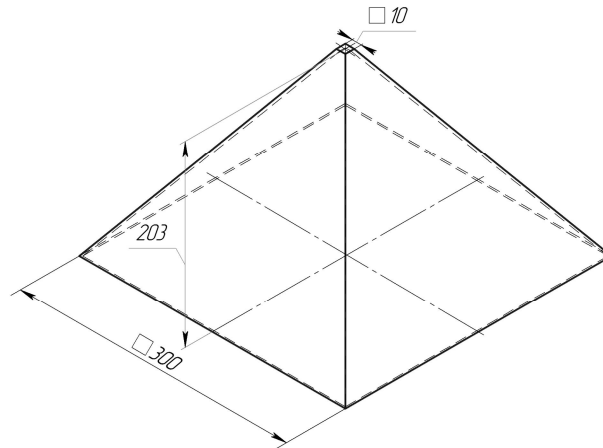


Рисунок 2 – Конструктивна схема голографічної піраміди

Піраміда надає відображене (спроєційоване) зображення віртуальних (цифрових) копій реальних об'єктів (рис. 3), коли її прозора поверхня сторін відбиває проєціюючі промені. Принцип її дії заснований на оптичному ефекті – відбиванні спеціально створеного зображення (розкладеного по кількості граней піраміди) з використанням темного фону (рис. 5).

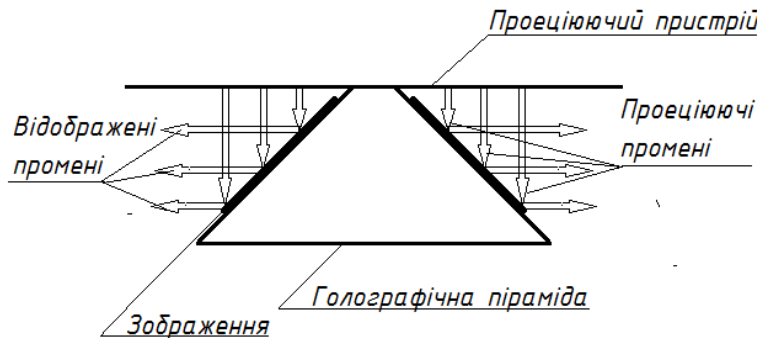


Рисунок 3 – Схема утворення 3D голографічного зображення

Побудову 3D моделей та створення анімацій здійснюють, використовуючи будь які CAD системи (SolidWorks, AutoCAD, Компас), а також редактори Cinema 4D, Blender, 3Ds Max тощо. Наступним кроком є монтування чотирьох (за кількістю граней піраміди) синхронних сцен або відео потоків, за допомогою будь-якого відео редактора. Проте в межах даного проекту засобами програмування було розроблено плагін для браузера, який дозволяє конвертувати зображення або відео потоки у симетричні. На рисунку 4 представлено фрагмент коду даного додатка з вказівкою імені відеофайлу «1.mov».

```
<body class="home-wrap">
<div class="video-wrap">
  <div class="video top">
    <video src="videos/1.mov" autoplay loop></video>
  </div>
  <div class="video left">
    <video src="videos/1.mov" autoplay loop></video>
  </div>
  <div class="video right">
    <video src="videos/1.mov" autoplay loop></video>
  </div>
  <div class="video bottom">
    <video src="videos/1.mov" autoplay loop></video>
  </div>
</div>
```

Рисунок 4 – Фрагмент коду додатка

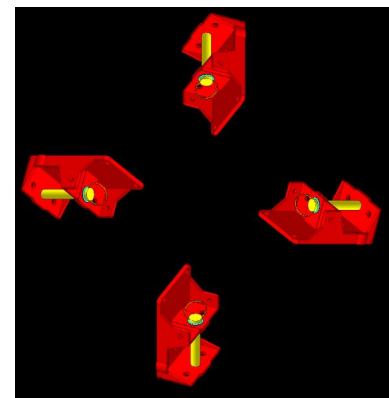


Рисунок 5 – Результат виконання коду додатка

Спостерігач бачить одночасно крім цього зображення підсвічування об'єкта всередині піраміди, таким чином виникає ефект просторового об'єму (рис. 6).

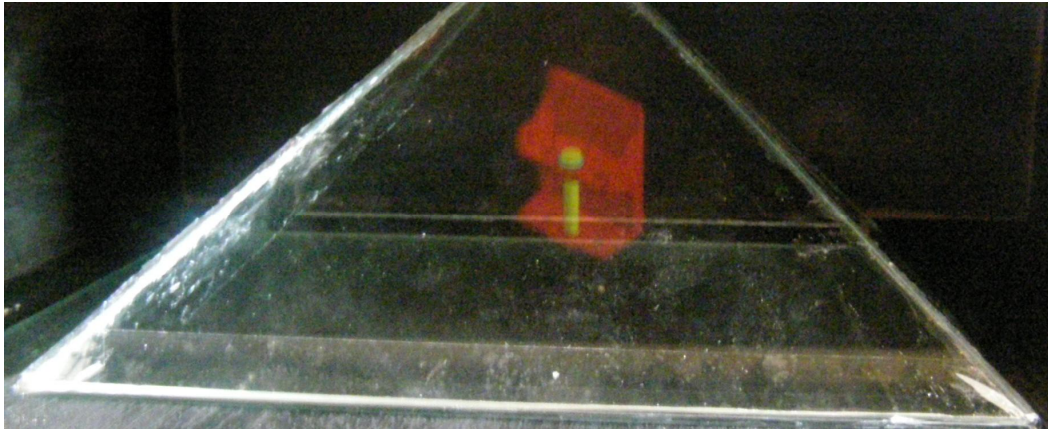


Рисунок 6 – Приклад голографічного зображення

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Використання даної установки можливе з освітньою, рекламною, промоційною метою. Так, як голографічна проекція може утворюватися за допомогою мультимедіа-проектора, комп'ютера з HD-монітором, мобільного пристрою (смартфону чи планшету) та системи прозорих (плівок) зі спеціальним хімічним напленням, яке пропускає основний світловий потік, заплановано продовжити дослідження з метою вибору оптимальних параметрів установки та мінімальних затрат на виготовлення. Дану технологію варто розвивати, удосконалювати та впроваджувати у різні галузі діяльності.

1. FUTURE24 Разработана технология передачи и просмотра движущихся трехмерных изображений – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <http://future24.ru/razrobotana-tekhnologiya-peredachi-i-prosmotradvizhushchikhsya-trekhmerykh-izobrazhenii>.
2. Robohunter А. 8 применений 3D-голограммы уже сейчас [Електронний ресурс] / Admin Robohunter // Robohunter. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://robo-hunter.com/news/8-primenenii-3d-gologrammi-uje-seichas>.
3. Бурчак І.Н., Величко В.Л., Головачук І.П. Використання 3d голографічних зображень у навчальному процесі. Матеріали науково-практичної конференції «Сучасна наука та освіта Волині». Луцьк – Володимир-Волинський. 22 листопада 2018 року.
4. Величко В.Л., Головачук І.П. Прийоми надання навчальної інформації засобами ActionScript // Тези VI-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» (ПКТ–2017). – Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2017.
5. Голодюк Д.А. Застосування методу голографії для тривимірного представлення віртуальної реальності: перспективи розвитку. Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2010. Випуск №27.
6. Гордєєва С.П., Величко В.Л. Інженерна графіка. Розрізи деталей: Навчально-наочний посібник. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ ЛНТУ, 2012. 162 с.
7. Мир со стороны 3D. Trend Club [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <http://trendclub.ru/blogs/dreamrobot/6781>.
8. Новости высоких технологий. Голограммы в натуральную величину воплощаются в жизнь — [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <http://hi-news.ru/technology/gologrammy-v-naturalnuyu-velichinuvoploshhayutsya-v-zhizn.html>.
9. От 3D к псевдоголографии и голографии [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <http://www.zillion.net/ru/blog/489/ot-3d-k-psievdogologhografii-i-ghologhrafii-tieliefony-planshiety-obshchieniie-shou-obrazovaniie-i-promoushn>.
10. Портал о КПК. Первая в мире голографическая комната от DVE и Microsoft – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <http://4pda.ru/2014/01/16/135915/>.
11. Технологии экранов псевдоголографии [Електронний ресурс] — Режим доступу. – URL: <http://geektimes.ru/post/158231>.

Рецензенти: Бурбан Олександр Вікторович, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри інформаційних технологій Волинського коледжу НУХТ;

Бурчак Ігор Несторович, кандидат технічних наук, професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Луцького НТУ.

УДК 621.914.1

Гринюк С.В., Міскевич О.І.

Луцький національний технічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

Гринюк С.В., Міскевич О.І. Технологічне керування точністю обробки поверхонь роликотпідшипників в автоматизованих системах. У статті розглядаються основні напрямки дослідження точності при обробці поверхонь роликотпідшипників з використання автоматизованих систем та оцінка статичної похибки оброблюваної деталі.

Ключові слова: автоматизована система, точність, похибка, підшипники, процес.

Гринюк С.В., Міскевич О.І. Технологічне керування точністю обробки поверхонь роликотпідшипників в автоматизованих системах. В статті рассматриваются основные направления исследования точности при обработке поверхностей роликотпідшипников по использованию автоматизированных систем и оценка статической погрешности обрабатываемой детали.

Ключевые слова: автоматизированная система, точность, погрешность, подшипники, процесс.

Grinyuk S., Miskevich O.I. Technological tone of the tachnitsyu oblepochki of the superconducting of the bearings in the avtomatizovyh system. The article deals with the main directions of study of accuracy in the processing of surfaces of roller bearings using automated systems and estimation of the static error of the workpiece.

Keywords: automated system, accuracy, error, bearings, process.

Вступ. Дослідження в галузі точності технологічних процесів і операцій являються базою та передумовою для створення систем управління якістю виробів, що особливо важливо для умов автоматизованого виробництва. Вимоги сучасного виробництва не задовольняє управління, що обмежується початковим налагоджуванням устаткування, підналагоджуваннями координат розміщення інструменту, або заміною неякісного інструменту. Багато технологічних процесів вимагають використання вдосконалених засобів керування, в тому числі самоналагоджувальні системи керування, які забезпечують оптимальний хід технологічного процесу навіть при випадкових коливаннях характеристик оброблюваності матеріалу і інтенсивності зношуваності інструменту, а також при температурних, силових та інших збуреннях.

Для створення таких систем управління точністю та якістю виробів необхідне математичне описання технологічного процесу з врахуванням наслідків впливу на нього широкого спектру різномірних зовнішніх та внутрішніх чинників.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз робіт показує, що в дослідженні точності можливо виділити три основних напрямки [5]: перший напрямок носить геометричний характер, базується на теорії розмірних ланцюгів, розроблений Б. С. Балакшиним [2]; другий пов'язаний з дослідженням в основному жорсткісних характеристик деталей, технологічного устаткування, спорядження і їх впливу на точність та жорсткість технологічних систем [4]; третій напрямок базується на поєднанні та врахуванні всього комплексу чинників, в тому числі геометричних і жорсткісних [7].

Метою роботи є дослідження традиційних методів підвищення точності, які ґрунтуються на покращенні технологічних характеристик верстатів і проектування технологічних процесів з заданою точністю (конструкторські методи керування точністю та керування координатами розміщення інструменту відносно заготовки).

Виклад основного матеріалу. В геометричному розмірному аналізі на основі теорії розмірних ланцюгів розроблені правила та принципи, як наприклад принцип єдності баз, принцип найкоротшого шляху, принцип суміщення та постійності баз, умова найменшої похибки, котрі дозволяють раціонально вибирати способи базування деталей для забезпечення заданої точності. Розроблена схема формування похибок, що враховує реальні форми деталей, дозволила допуски на положення деталі в машині виразити як функції параметрів, які характеризують відхилення форм від ідеальних. В результаті такого підходу встановлено, що внаслідок криволінійності поверхонь деталі можуть взаємодіяти між собою через комплект опорних точок, котрі розглядаються як матеріалізація системи координат, що зв'язана з деталлю. При цьому до кожної деталі прив'язуються системи координат, що побудовані на основних і допоміжних базах, та система координат машини. Складові переносу і відносного повороту координатних систем дозволяють судити про відносне положення як поверхонь деталей, так і деталі в цілому. Цей підхід віддзеркалився в ГОСТ 21495-76 згідно з яким при базуванні деталей досягається співпадання координатних систем опорних точок, побудованих на елементах пристроїв і на основних базах деталей. Деталі розглядаються як абсолютно тверді тіла, форма яких не змінюється від зусиль закріплення та різання, що має підґрунтя при обробці жорстких деталей.

Уточнення схеми оцінки похибки досягається шляхом відмови від розгляду деталей і вузлів як абсолютно твердих тіл та моделювання власних контактних деформацій.

Оцінка статичної похибки обробленої деталі, як наслідок деформацій еквівалентної пружної системи може бути проведена за залежністю:

$$\delta = \Delta_{ЗАГ} \frac{K_{ЭУС} \cdot K_P}{1 + K_{ЭУС} \cdot K_P} \quad (1)$$

де δ – неточність обробленої деталі;

$\Delta_{ЗАГ}$ – відома неточність заготовки;

$K_{ЭУС}$ – статична характеристика (податливість еквівалентної пружної системи верстата);

$K_P = K_{УД} \cdot b$ – коефіцієнт різання;

$K_{УД}$ – питома сила різання;

b – ширина зрізаного шару.

В третьому напрямку дослідження точності враховується сумарний вплив геометричних, жорсткісних та інших чинників, що супроводжують процес механообробки. Найбільш повна комплексна точнісна модель процесу обробки розроблена Б. М. Базровим [1]. Ця модель знайшла віддзеркалення в роботах інших дослідників.

В основу аналітичних досліджень точності у всіх роботах покладена лінійна модель виду:

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_c + \Delta_o$$

або її модифікації, де Δ – похибка обробки; Δ_y , Δ_c , Δ_o – відповідно похибки встановлення, статичного та динамічного налаштування. Нелінійність, що виникає в процесі формування похибок, не враховується.

Методика проектно-точнісних розрахунків розроблена Н. А. Бородачевим, [3] враховує максимальну кількість технологічних факторів і дозволяє отримати достатньо правдиві результати. Однак, використання даної методики ускладнюється через відсутність довідкового матеріалу у відповідності з прийнятою автором диференціацію виробничих процесів.

Базуючись на розрахунково-аналітичному методі і в подальшому розвинутих, можливо попередньо визначити величину похибки, яку деталь буде мати після механічної обробки. Метод полягає у визначенні окремих складових похибок, що залежать від певних чинників та їх суми. При розрахунку враховуються наступні фактори, що викликають відповідні похибки: геометрична неточність верстата (Δ_1), зношуваність ріжучого інструменту (Δ_2), теплові деформації технологічної системи (Δ_3), пружні деформації технологічної системи (Δ_4), неточність налаштування верстата (Δ_5), тобто визначаючи систематичні складові похибки.

Величина сумарної похибки визначається в загальному вигляді як $\Delta_{сум} = \Delta_c + \Delta_{сл}$, де Δ_c – алгебраїчна сума систематичних похибок:

$$\Delta_{сл} = \sqrt{(\Delta_{сл1})^2 + (\Delta_{сл2})^2 + (\Delta_{сл3})^2} \quad (2)$$

- випадкові похибки, що визначаються нерівномірністю твердості матеріалу деталі ($\Delta_{сл1}$), неточністю вимірювань ($\Delta_{сл2}$), змінним припуском матеріалу деталі ($\Delta_{сл3}$).

При підсумовуванні похибок необхідно враховувати тип виробництва: одиничне, дрібносерійне, серійне і масове. В одиничному і дрібносерійному виробництвах приходиться рахуватися тільки із систематичною похибкою (Δ_c), тому що механічна обробка в умовах такого виробництва має ряд особливостей і істотного значення набувають розмірно-силові фактори, що впливають на точнісні характеристики деталей. Характер виробництва в більшості сучасних галузей промисловості можна віднести до дрібносерійного, тому величина сумарної похибки може бути визначена як:

$$\Delta_{сум} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 \quad (3)$$

де Δ_6 - похибка від гіроскопічного ефекту. При обробці на устаткуванні, у якого жорсткості передньої і задньої бабок близькі одна до одної, похибку від гіроскопічного ефекту можна не враховувати, тому що вона близька до нуля.

Похибка, яка визначається виразом (3), являє собою похибку форми деталі. Похибка геометричної форми представляє різницю відповідних розмірів однієї і тієї ж деталі, обумовленої кресленням, і входить у вигляді складової частини в сумарну похибку обробки і складає її переважаючу частину 50-70%.

Пружні деформації нежорсткої заготовки під дією сили різання входять у складову Δ_4 залежності (3). При цьому дія сил різання супроводжується зніманням припуску із заготовки, зменшується її маса, а відповідно, і момент інерції, змінюється конструктивна форма заготовки. З урахуванням діаметрального розміру вала через знімання припуску величина прогину вала в перехідному перетині від однієї ступіні до іншої буде визначатися залежністю:

$$y_0 = \frac{P_x^5}{3EI_1L^2} + \frac{P}{EI_2} \left[\left(\frac{L^3 - x^3}{3} \right) \left(1 - \frac{x^2}{L} \right) - 2 \left(\frac{L^2 - x^2}{2} \right) \left(x - \frac{x^2}{L} \right) + x(L - x) \right], \quad (4)$$

$$\text{при } x = L/2 \quad y_0 = \left[PL^3 / EI_1 + PL^3 / EI_2 \right] \cdot 1/96,$$

де x - координата поздовжнього перетину, у якій визначається прогин; I_1, I_2 - моменти інерції ступіней вала; P - поперечна сила.

Вплив фактора змінної маси на точність обробки стає істотним, коли величина припуску, що знімається, складає не менше 20% від величини діаметра заготовки.

Методика визначення похибок для деталей типу вал, з урахуванням виразу (4) дозволяє з достатньою точністю розрахувати переважаючу похибку і, надалі намітити шляхи її усунення.

У роботі [6] розглянутий приклад розрахунку окремих складових похибок і частка їхньої участі в сумарній похибці. Розрахунок проводився з урахуванням наступних умов: обробка деталей проводиться на новому верстаті моделі 1ИБ11П, що має $f_r=f_a=0,005$ мм; $f_{з.б.}=0,010$ мм; $f_{н.б.}=0,005$ мм; $\Delta d_{заг}=0,002$ мм; $\Delta d_{изм}=0$; $\Delta d_8=0$; різець встановлений по центру обробки; жорсткість передньої бабки $j_{н.б.}=30000$ Н/мкм; жорсткість задньої бабки $j_{з.б.}=24000$ Н/мкм; через невеликий діаметр оброблюваного валика і нетривалості часу обробки ($T=1,6$ хв), похибка від температурного розширення не враховувалась і виліт різця прийнятий рівним $L_p=40$ мм; середнє збільшення температури за час обробки $T_{cp}=3^\circ\text{C}$. З метою отримання даних про характер впливу різних факторів на точність обробки похибка від деформацій елементів верстата і похибка від деформацій деталі розраховані окремо, розрахунок зроблений по 5 рівновіддалених один від одної точках, результати розрахунків зведені в табл. 1.. Отримані розрахункові величини похибок обробки близько сходяться з величинами похибок, отриманих при експериментальній обробці. Результати аналітичного визначення точності обробки показують, що 97% величини сумарної похибки при чорновій обробці складає похибка від пружної деформації деталі; при чистовій обробці ця похибка складає 85% загальної похибки. Розбіжність результатів з фактичними, отриманими при експериментальній токарній обробці (11-13 мкм) цілком пояснюється дією випадкових збурюючих факторів, що не враховувалися при аналітичному визначенні точності обробки. З аналізу отриманих результатів випливає, що з підвищенням точності обробки зростає відносне значення випадкових похибок у загальній похибці обробки, у вищенаведеному прикладі їхнє значення складає до 40%.

Технологічний процес шліфування має ряд істотних відмінностей від процесів різання лезовим інструментом: хаотичне розташування і різновисотність величезної кількості дрібних зерен на робочій поверхні круга; переривчаста ріжуча кромка у шліфувального круга; неправильна геометрична форма абразивних зерен і наявність у них округлених вершин, що утворюють негативні передні кути різання від 40° до 150° ; висока твердість, гострота, крихкість і термостійкість абразивних зерен; динамічний вплив кожного зерна на оброблюваний поверхневий шар; високий ступінь нагрівання оброблюваного матеріалу і стружки; висока швидкість і мала глибина різання; диспергування (роздрібнення) стружки супроводжується значними витратами енергії на подолання тертя (у 4-5 разів більше, ніж при фрезеруванні й у 12-15 разів більше, ніж при точінні).

Таблиця 1. Залежності для визначення складових похибки

№ п.п.	Причини похибки	Знак похибки	Похибка у перетині деталі $\times 10^{-3}$ мм										
			L	0,9L	0,8L	0,7L	0,6L	0,5L	0,4L	0,3L	0,2L	0,1L	
1	Геометрична неточність і знос верстата	\pm	$\Delta_1 = x/L(f_2 + f_8 + f_{з.б.} + f_{н.б.}) - \Delta d_8 + \Delta d_{изм} + \Delta d_{заг}$										
2	Розмірний знос ріжучого інструмента	+	$\Delta_2 = \frac{U_0 L_{рез}}{1000}, \quad L_{рез} = \frac{\pi dL}{1000S}$										
3	Температурні деформації системи ВПІД	-	$\Delta_3 = L_{рез} \cdot \alpha \cdot T_{cp}$										
4	Пружні деформації технологічної системи ВПІД під впливом сили різання	+	$\Delta_4 = P_y \left[\frac{x^2(L-x)^2}{3EIL} \beta + \frac{(L-x)^2}{L^2 \cdot j_{н.б.}} + \frac{x^2}{L^2 \cdot j_{з.б.}} + \frac{1}{j_c} \right]$										
5	Сумарна похибка		$\Delta_c = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4$										

Таблиця 2. Числові значення складових похибок обробки циліндричної поверхні зовнішнього кільця підшипника (токарна операція)

№ п.п.	Причини похибки	Величини похибок після 1-го проходу					Величини похибок після 2-го проходу				
		0	0,25L	0,5L	0,75L	L	0	0,25L	0,5L	0,75L	L
1	Геометрична неточність верстата	0,002	0,005	0,010	0,013	0,017	0,002	0,005	0,010	0,013	0,017
2	Знос ріжучого інструмента	0,0003	0,0002	0,0001	0	0	0,0003	0,0002	0,0001	0	0
3	Температурні деформації системи ВПІД	-0,014	-0,010	-0,007	-0,003	0	-0,0098	-0,0074	-0,0049	-0,0024	0
4	Пружні віджаття деталі	0	0,1005	0,144	0,096	0	0	0,0221	0,0316	0,0211	0

Шліфування розглядається як процес масового дуже тонкого надшвидкісного мікрорізання

окремими зернами шліфувального круга. Стружка знімається окремим зерном за час 10-4-10-5 с, тобто практично миттєво. Абразивні зерна мають різну форму і розміри, розташовані хаотично по периферії круга з різною глибиною залягання. Кожне зерно прорізає в металі канавку, що відповідає розмірам і

формі його виступаючої частини. Це викликає появу повздовжніх нерівностей поверхні, що представляють сукупність безсистемно розташованих виступів і западин. Вирівнювання нерівностей відбувається, коли сукупність абразивних зерен наближається до суцільного ріжучого леза, що має місце при збільшенні швидкості кола V_k , зниженні швидкості деталі V_d і повздовжньої подачі $S_{пр}$, зменшенні розмірів зерен.

Залежність процесу формування поверхні при шліфуванні від властивостей матеріалу оброблюваної деталі, гостроти ріжучих зерен, хімічного споріднення контактуючих пар, пластичної деформації і вібрацій. Відзначено, що на характер нерівностей обробленої поверхні може впливати перевага одного з цих факторів. Але умови формування поверхні, внаслідок затуплення і зміни форми зерен шліфувального круга, безупинно змінюються в часі. Значний вплив на формування поверхонь деталей при шліфуванні здійснюють вібрації, що є наслідком коливань нежорстких заготовок, періодично виникаючих дефектів вузлів верстата й інструмента, тертя поверхні інструмента оброблювану поверхню й інші причини. При чистовому шліфуванні на утворення хвилястості, наприклад, найбільш активно впливають коливання оброблюваної деталі, шліфувальної бабки, шліфувального круга, співвідношення швидкостей деталі і круга, їхні розміри, число проходів і зрушення фаз хвиль при наступних проходах.

Амплітуда і частота вібрацій залежать від вібростійкості верстата, деталі й інструмента. У ряді випадків коливання можуть мати змінну амплітуду, величина якої в даний момент часу випадкова. Це вкрай ускладнює встановлення причин появи вібрацій, характеру і закономірності їхнього впливу на формування поверхні деталі при її шліфуванні.

Сформовані представлення про механізм різання абразивними зернами, характеру руйнування металу й інших фізичних явищ при шліфуванні багато в чому суперечливі. Мало відомостей про особливості формування точності форми при шліфуванні нежорстких заготовок. Аналітичні залежності у більшості випадків носять приватний характер, тому що отримані для конкретних умов і видів шліфування. Дані про взаємозв'язок і вплив окремих технічних і технологічних параметрів і умов на формування якості й експлуатаційних властивостей деталей під час шліфування не враховують характерних рис обробки поверхонь обертання кілець підшипників з позицій керування хвилястістю поверхонь.

Висновки. Таким чином дослідження технологічного походження хвилястості робочих поверхонь підшипників кочення з метою направленою керування віброакустичними характеристиками підшипників залишається на сьогоднішній день актуальною проблемою, яка може бути вирішена на основі комплексного підходу до дослідження і моделювання зв'язків технологічних факторів формування з показниками якості поверхонь на формують операціях механічної обробки.

1. Базров Б.М. Расчеты точности машин на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.14
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1969. – 556 с.17
3. Бородачев Н.А. Анализ качества и точности производства. – М.: Машгиз, 1952. – 252 с.26
4. Левина З.М., Решетов Д.И. Контактная жесткость машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.100
5. Основы технологии машиностроения. / Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.181
6. Разработка и исследование элементов и систем автоматического управления токарным станком при обработке нежестких деталей. / Лакс В.К., Кудинов В.К., Шамлиев В.К., Тараненко В.А. и др./ Реферат информации о НИР в ВУЗах УССР: Машиностроение и металлообработка К.: Вища школа, 1978. – Вып. 21. - С. 73-74.200
7. Точность производства в машиностроении и приборостроении. / Под ред. А.Н. Гаврилова. – М.: Машиностроение, 1973. – 567 с. 241

УДК 621.3: 811.161.2

Дудник В. Ю., аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗВ'ЯЗКУ АНАФОРИ У СИСТЕМАХ АНАЛІЗУ ПРИРОДНОМОВНИХ ТЕКСТІВ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

Дудник В. Ю. Автоматизація розв'язку анафори у системах аналізу природномовних текстів для української мови. У статті автори роблять детальний аналіз сучасних методів дослідження питання розв'язку анафори у системах аналізу текстів з української мови. Автори зосереджують увагу на тому, що у зв'язку із збільшенням обсягів доступної для людей інформації, важливу роль відіграє інформаційний пошук, вилучення інформації, машинний пошук. Але, незважаючи на практичну значущість даної теми, необхідних для роботи науковців, автоматизованих систем аналізу текстів з української мови існує не так багато, і вони значно поступаються місцем у порівнянні з якістю ручної роботи лінгвістів. Таким чином, постає необхідність до побудови нових або вдосконалення існуючих систем аналізу з метою ефективного вирішення питань анафори у текстах з української мови. Анафору необхідно розуміти як певне відношення залежності значення одного мовного вираження від іншого, тобто розглядається не повторення висловлювання вцілому, а тільки про спрощену форму, яка зустрічається у тексті, який був наведений раніше у необхідному мовному вираженні і є цілком логічним та легким для сприймання читачем. Висвітлено питання побудови моделей та методів для інтелектуальної обробки природномовних текстів на основі використання автоматизованих систем. Пропонується загальне введення в лінгвістичну проблематику, опис суті проблеми і аналітичного апарату, що використовується в сучасних теоріях для її дослідження. Стаття ілюструє способи міждисциплінарної взаємодії між філософами, програмістами, логіками, лінгвістами у рамках сучасних тенденцій при дослідженні української мови. Проведений аналіз літературних джерел, які широко висвітлюють питання автоматизації лінгвістичних процесів та основних підходів при виборі методу дослідження питання анафори природномовних текстів. У процесі інтелектуальної діяльності науковці-лінгвісти удосконалюють існуючі методи, технічні засоби для проведення автоматизації та обробки текстових даних. З цієї причини виникає необхідність у дослідженні існуючих систем обробки текстових масивів та побудови конструктивних алгоритмів, розширень на основі комбінованих методів аналізу.

Ключові слова: українська мова, лінгвістика, анафора, семантичний аналіз, морфологічний аналіз, відношення, автоматизовані системи, алгоритм.

Дудник В. Ю. Автоматизация решения анафоры в системе анализа естественно-мовных текстов для украинского языка. В статье авторы делают детальный анализ современных методов исследования вопроса развязку анафоры в системах анализа текстов с украинского языка. Авторы сосредоточивают внимание на том, что в связи с увеличением объемов доступной для людей информации, важную роль играет информационный поиск, извлечение информации, машинный поиск. Но, несмотря на практическую значимость данной темы, необходимых для работы ученых, автоматизированных систем анализа текстов с украинского языка существует не так много, и они значительно уступают место по сравнению с качеством ручной работы лингвистов. Таким образом, возникает необходимость к построению новых или совершенствования существующих систем анализа с целью эффективного решения вопросов анафоры в текстах по украинскому языку. Анафору необходимо понимать как некое отношение зависимости значения одного языкового выражения от другого, то есть рассматривается не повторение высказывания в целом, а только об упрощенной форме, которая встречается в тексте, который был приведен ранее в необходимом языковом выражении и является вполне логичным и легким для восприятия читателем. Освещены вопросы построения моделей и методов для интеллектуальной обработки естественно-текстов на основе использования автоматизированных систем. Предлагается общее введение в лингвистическую проблематику, описание сути проблемы и аналитического аппарата, используемого в современных теориях для ее исследования. Статья иллюстрирует способы междисциплинарного взаимодействия между философами, программистами, логиками, лингвистами в рамках современных тенденций при исследовании украинского языка. Проведенный анализ литературных источников, которые широко освещают вопросы автоматизации лингвистических процессов и основных подходов при выборе метода исследования вопроса анафоры естественно-текстов. В процессе интеллектуальной деятельности ученые-лингвисты совершенствуют существующие методы, технические средства для проведения автоматизации и обработки текстовых данных. По этой причине возникает необходимость в исследовании существующих систем текстовых массивов и построения конструктивных алгоритмов, расширений на основе комбинированных методов анализа.

Ключевые слова: украинский язык, лингвистика, анафора, семантический анализ, морфологический анализ, отношение, автоматизированные системы, алгоритм.

Dudnik V. Y. Automation of anaphora solution in the system of analysis of natural text for the Ukrainian language. In the article, the authors make a detailed analysis of modern methods of studying the problem of the anaphora solution in systems of analysis of texts from the Ukrainian language. The authors focus on the fact that in connection with the increase in the volume of information accessible to people, information search, information retrieval, machine search plays an important role. But, despite the practical significance of this topic, there is not much that is needed for scientists, automated systems for analyzing texts from the Ukrainian language, and they are significantly inferior to the quality of manual work of linguists. Thus, there is a need to build new or improve existing analysis systems in order to effectively address the issues of anaphora in Ukrainian language texts. An anaphora must be understood as a certain relation of the dependence of the value of one language expression from another, that is, not a repetition of the expression in the whole, but only a simplified form that occurs in the text that was given earlier in the required language expression, is quite logical and easy to read by the reader. The

questions of the construction of models and methods for the intellectual processing of natural language texts based on the use of automated systems are discussed. The general introduction to the linguistic perspective, the description of the essence of the problem and the analytical apparatus used in modern theories for its study are offered. The article illustrates the ways of interdisciplinary interaction between philosophers, programmers, logicians, and linguists within the framework of modern tendencies in the study of the Ukrainian language. The analysis of literary sources, which widely covers the issues of automation of linguistic processes and basic approaches when choosing the method of research, is an anaphora of natural language texts. In the process of intellectual activity, linguists improve existing methods, technical means for automation and processing of text data. For this reason, there is a need for the study of existing systems for processing text arrays and the construction of constructive algorithms, extensions based on combined analysis methods.

Keywords: ukrainian language, linguistics, anaphora, semantic analysis, morphological analysis, relations, automated systems, algorithm.

Вступ. Активний розвиток всесвітньої інформаційно-комунікаційної системи зумовлює вдосконалення існуючих інтелектуальних лінгвістичних систем, зокрема найбільш актуальним є питання розробки засобів інтелектуального автоматизованого опрацювання природномовних текстів [1,4,5].

Дослідження питання автоматизації лінгвістичних процесів є на даний час передовим у більшості науковців, це можна пояснити тим, що у всесвітньо-глобальних мережах почав накопичуватися великий арсенал текстових масивів, у зв'язку з цим виникає необхідність до розбудови технологій обробки інформації та вдосконалення процесу автоматизації опрацювання текстових масивів, перш за все для того щоб описати алгоритм знаходження анафоричних зв'язків для систем аналізу природномовних текстів, з метою дослідження впливу семантичних ознак на якість вирішення питання анафори для українськомовних текстів [2].

Існуючі системи для опрацювання природномовних текстів потребують детального аналізу тексту де відтворення мовних одиниць відбувається точно та однозначно. Здійснюючи дослідження україномовних текстів виникає проблема при проведенні аналізу існуючих відношень між словами, оскільки виокремити окремі слова та дослідити їх морфологічні ознаки має змогу велика кількість систем аналізу і це не становить великих труднощів [6] (система Apache UIMA, WordNet, Text Mining, TQAS).

Анафора охоплює широке коло питань для проведення дослідження та практичної реалізації результатів, а саме провідні організації такі як Google, IBM, Microsoft займаються вивченням питання анафори та шляхів її розв'язку, але вони зосереджені на проведенні наукових досліджень в рамках англійської мови, розглядаючи вітчизняні наукові праці можна простежити повільну тенденцію розвитку систем аналізу для автоматичного впровадження розв'язання питань анафори у природномовних текстах для української мови. Виходячи з цього, окреслений напрям дослідження представляє інтерес для детального вивчення питання розв'язання анафори та шляхів реалізації у системах аналізу з метою здійснення автоматизації процесів [3,5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням питання автоматичного семантичного аналізу тексту, а саме дослідженням питання анафори займалися такі науковці як : А. Анісімов, Н.Д. Арутюнова, О. Большакова, Є. Гінзбург, І. Замаруєва, Л. Компанцева, А.А. Кибрик, О. Кургаєв, Н. Леонтьєва, О. Палагін, Е.В. Падучева , Д. Ланде, О. Литвиненко, Ю. Марчук, О. Малащук, Р. Мітков, К. Jones та ін. [1,2]. Варто відмітити, що семантика тексту характеризується недостатньою формалізацією та одночасно дає поштовх до створення лінгвістичних методів, моделей, де завдяки певним алгоритмам буде можливість виділити з текстового масиву необхідні смислові елементи, наукові досягнення у даному напрямі можна знайти у роботах: Р. Даревича, А. Лучик, Т. Гранкіна, Ю. Рашкевича, О. Селіванова [5,6]. Описані науковцями-лінгвістами шляхи вирішення питання автоматизації текстового аналізу мають важливе практичне використання під час проведення інформатизації освітніх процесів, а саме – реалізації оцінювання якості навчання це можна пояснити тим що система оцінювання знань тісно пов'язана із проведенням семантичного аналізу та виявлення ступеня релевантності даних текстових відповідей вказаних студентами до необхідних зразкових текстів навчальних предметів.

Дослідження методів аналізу природномовних текстів є досить актуальним напрямом в колі сучасних науковців про що свідчить поява, останнім часом, великої кількості публікацій по даній тематиці [1,3, 7]. Основні підходи до розв'язання питання визначення анафори детально описані у роботах [2,4,5], де проводяться дослідницькі експерименти на основі використання методів машинного навчання, а саме методу опорних векторів, який полягає у тому, що для вказаного набору даних, кожен з яких відноситься до однієї з двох категорій, виконується

побудова моделі завдяки опорно-векторної машини, яка класифікує нові надходження даних до однієї чи іншої категорії використовуючи бінарні лінійні класифікатори.

Провівши детальний аналіз наукових праць, можна з впевненістю стверджувати, що вкрай непростою та практично значущою задачею сучасних інтелектуальних лінгвістичних систем є вдалий вибір методів для розв'язання питання анафори в українській мові, оскільки кожен з них має власні переваги та недоліки при практичному використанні [4].

Вагоме місце в наукових публікаціях сьогодення відводиться правильному виборі методів розв'язання питання анафори природномовних текстів та їх успішної реалізації в системах аналізу, оскільки інтенсивний розвиток технічного прогресу провокує появу та стрімкий розвиток нових засобів з метою розв'язання більшості лінгвістичних задач, вдосконалення програмних середовищ з надвисокою точністю обробки україномовних текстів [2].

Виходячи з цього виникає необхідність досліджувати вирішення питання анафори із використанням існуючих систем аналізу для потреб сучасної лінгвістики та окреслювати шляхи подальшого розвитку в даному напрямі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити питання знаходження анафоричних зв'язків для систем аналізу природномовних текстів та побудови алгоритмів для їх автоматичної реалізації у сучасній інтелектуальній лінгвістиці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо шляхи реалізації семантичних процесів на основі використання систем аналізу. Науковці-лінгвісти показують практичну значущість необхідності проведення семантичного аналізу тексту, оскільки з усього змісту текстового матеріалу здійснюють вибірку та відтворюють її у деяку модель, яка дасть змогу проаналізувати змістовну близькість досліджуваного тексту, під час розв'язання питання задачі пошуку враховують близькість пошуку та документу [3].

Під час проведення семантичного аналізу масив синтаксем для кожного речення представляється у вигляді неоднорідної семантичної мережі, яку вперше запропонував Г.С. Осиповий, яка відображується синтаксемами при вершинах, семантичні зв'язки представляють собою ребра. У більшості випадків семантичний аналіз тексту зосереджений на роботу із іменними синтаксемами, які утворюються у результаті проведення морфологічного та синтаксичного аналізів. Іменна синтаксема подається у вигляді іменної або прийменникової групи де слово є керуючим об'єктом, вказану синтаксему можна охарактеризувати морфологічною формою – прийменником, врахування категоріально-семантичного класу іменника, відмінку досліджуваного слова від якого вона була похідна. Лінгвістичний аналізатор тексту дає змогу визначити морфологічну форму у текстовому масиві даних та встановити категоріально-семантичний клас.

Відомі випадки, коли синтаксему вдається детально розглянути завдяки аналізу синтаксичної функції, яку вона виконує у реченні та врахуванням синтаксичного значення. В процесі семантичного аналізу тексту потрібно виокремити значення іменних синтаксем, які відображають основний зміст тексту. При виникненні питання неоднозначності встановлення морфологічної форми та категоріально-семантичного класу іменної синтаксеми потрібно додатково використати контекст – віддієслівний іменник (дієслово), де іменна синтаксема входить до складу речення, зручним є використання спеціальних вбудованих словників, які вказують найбільш вживані сполучення дієслова із потрібними синтаксемами.

Використання комп'ютерно-лінгвістичних методів для розв'язання задач аналізу природномовних текстів, зокрема питання анафори є найбільш перспективним для проведення дослідницьких робіт у даному напрямі. Виникає потреба до створення єдиної класифікації існуючих лінгвістичних методів та виокремлення основних підходів для того щоб можна було ввести єдину термінологію, а це в свою чергу дасть змогу створити лінгвістичні шаблони та відповідно автоматизувати роботу завдяки використанню ЕОМ. Побудова шкали лінгвістичних методів сприятиме ефективнішому використанню систем аналізу, отримані результати характеризуватимуться чіткістю, точністю, однозначністю, крім того, можна буде сформулювати певні набори ознак того чи іншого класу методів [1,6].

Наведемо основні підходи, які використовуються при розв'язанні великої кількості лінгвістичних завдань, а також задач прикладного характеру. Відомо чотири основні підходи – морфологічний, статистичний, синтаксичний, семантичний. Наведена класифікація не є фіксованою і більшість науковців сьогодення у своїх наукових доробках вказують на те що можливо на перспективу побудова системного аналізу змішаних типів на основі комбінування

існуючих методів, оскільки більшість прикладних задач не можливо конкретно віднести до певного методу.

Морфологічний підхід являє собою велику кількість сучасних методів, які ґрунтуються на перетворенні тексту морфологічними способами: проведення дослідження граматичних класів слів, процес нормування вхідного текстового масиву, збільшення запиту завдяки словоформам та ін. При опрацюванні текстових баз даних виникає необхідність до відшукування певних документів за вказаним змістом. Традиційні підходи базуються на наявності входження слів у документ, досить часто не здатні забезпечити чіткий та достовірний відбір інформації, це пов'язано з тим, що формулювання потрібного запиту не є точним та зрозумілим за вказаними ключовими словами. До причин виникнення неоднозначного пошуку можна віднести: відсутність необхідної теоретичної бази знань користувача, присутність синонімічних слів, орфографічні помилки, які зустрічаються як у пошукових запитах так і самому текстовому масиві даних. Вирішити описану проблему запропонувала компанія RCO, яка дає змогу збільшувати запити близькими, подібними до суті словами, які містяться в тексті документів, за якими користувач здійснює пошук [5].

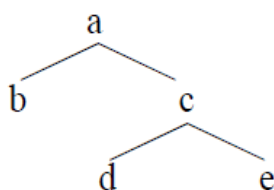
Асоціативно-статистичні методи тісно пов'язані із математично-статистичними методами, оскільки в їх основі лежить математичний апарат, який дає змогу використовувати лінгвістичні моделі та опрацьовувати результати статистичного аналізу, на відміну із теоретичною обробкою текстових документів. Побудова рефератів у своїй основі містить орієнтований граф, вершинами якого виступають потрібні теми, які користувач виокремив у проаналізованому тексті, а дуги представлені зв'язками між ними. Кожна вершина має значимість, тобто вагу та частоту повторення теми, а дуга має силу зв'язку та частоту використання зв'язку у тексті. Дослідник може вказувати вручну мінімально допустимі значення по вазі, нижче яких система аналізу інформації не включатиме знайдені теми до семантичної мережі.

Побудова асоціативних зв'язків між вказаними користувачем темами відбувається із врахуванням частоти їх одночасної появи в одному реченні. Відомою системою для побудови рефератів є розроблена у дослідницькому центрі Хероx, система Inxight Summarizer, яка у своїй роботі використовує алгоритм виділення тих речень із усього масиву тексту, які мають статистично вагоме значення, а також беруть до уваги слова-підказки. Розробники даної системи побудували один із найбільш точних, на даний час, для проведення оцінки якості реферату. Успіх використання вказаної системи полягає в тому, що відразу використовуються найдієвіші статистичні алгоритми, а на завершення роботи алгоритму користувач отримував тісний зв'язок між отриманими результатами роботи.

Застосування синтаксичного підходу для автоматизації аналізу природно мовних текстів використовується рідко, оскільки задача проведення детального синтаксичного аналізу для флективних мов (українська, російська, польська) до цих пір є не до кінця розв'язною, на відміну від аналітичних мов (англійська, французька, італійська), це можна пояснити тим, що флективні мови у порівнянні із аналітичними мають складнішу структуру. Прийнято проводити для флективних мов неповний аналіз синтаксичного розбору структури речень.

Використання користувачами семантичного підходу базується на перебудові структури початкового тексту у внутрішню модель для того щоб подати дані відповідної системи. Внутрішні системи прийнято називати «семантичне подання», «семантичний граф» і т.д. Робота семантичних алгоритмів побудована таким чином, щоб виконувати порівняння «семантичної структури» новостворених документів, зі структурою, яку надала відповідна система аналізу.

У лінгвістиці, де досліджується не так побудова логічної форми речення, скільки їх синтаксична структура, важливою умовою для анафори прийнято вважати с- командування між антецедентом і анафоричним виразом. Відношення с-командування необхідно розуміти як відношення яке відтворює структуру речення. Прийнято вважати α с-командує β тоді, і тільки тоді якщо β є сестрою α або сестра α домінує над β , описаний алгоритм можна зобразити у вигляді схеми [4]:



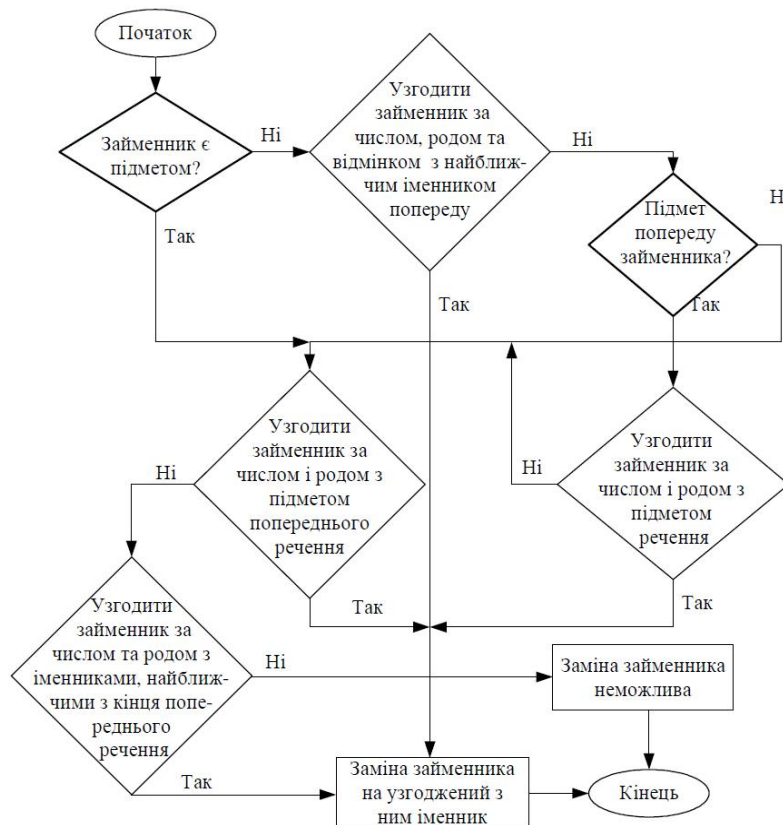
Наведена схема показує, що *b* *c*-командує *c*, *d*, *e*; *c* *c*-командує *b*; *d* і *e* *c*-командують один одним; *a* не *c*-командує нічим. Тобто, для того щоб вирази мали анафоричну залежність, прийнято вважати, що антецедент повинен *c*-командувати тим виразом, значення якого у тій чи іншій мірі від нього залежить. При розгляді двох слів науковці використовують термін референційно пов'язані, це означає, що вони ціле направлені на спільний предмет. Для кращого розуміння питання вирішення анафори розглянемо наступне речення:

Марійка прийшла до дитячого садка, і вона миттю побігла гратися до дітей

У даному випадку займенник «вона» вказує на конкретне ім'я «Марійка». Слово, на котре вказує займенник прийнято називати анцендентом, а утворена конструкція називається анафорою. Прийнято вважати, що система обробки текстової інформації вирішує питання анафори, якщо при проведенні аналізу система здатна розібратися, що «Вона» - це «Марійка».

При практичній реалізації процесу автоматизації розв'язку анафори науковці стикаються із труднощами, які полягають у тому що під час попередньої обробки тексту необхідно виконати певну послідовність дій: встановлення частин мови, визначення морфологічних характеристик слів, створення груп, проведення синтаксичного та поверхнево-семантичного дослідження. На кожному із описаних етапів під час проведення автоматизації процесів використовується певна точність у реалізації, відбувається накопичення похибок, які в свою чергу негативно впливають на кінцевий результат. У зв'язку з цим підвищення якості процесів автоматизованих систем аналізу є досить проблематичним [3].

Сучасні науковці активно займаються відшукуванням рішення для встановлення анафоричних зв'язків та побудови алгоритмів з метою реалізації в системному аналізі, що призведе до автоматизації ручної роботи лінгвістів. Ключовим питанням залишається необхідність виконати заміну займенників у текстовому масиві даних на іменники (відповідні поняття). Проведення заміни стосується до таких видів займенників як: особові, присвійні, зворотні, вказівні, відносні. Для того щоб побудувати алгоритм заміни необхідно використовувати дані які наведені у базі синтаксису природномовних об'єктів, завдяки яким буде можливість виконати аналіз закономірностей використання займенників у природній українській мові залежно від типу та відповідних характеристик займенника. Загальноприйнята блок-схема для реалізації описаного алгоритму виглядає наступним чином [2]:



Для того щоб провести заміну займенників необхідно мати вихідні дані, які будуть відповідати детальній граматичній характеристиці слів, їх дослідник отримує в результаті проведення морфологічного аналізу, встановлення синтаксично-семантичних зв'язків.

Практична реалізація даного алгоритму показує, що як правило, поняття, до якого співвідноситься займенник є співставлень найближче слово, яке в повній мірі відповідає граматичним характеристикам, воно може стояти попереду, або входити до ядра цього чи раніше наведених речень.

Правильно побудована, з технічної точки зору структура речення, дає змогу відшукати іменник у реченні, який можна буде спів ставити займеннику. Процедура заміни займенників дає змогу встановлювати нові зв'язки між наведеними поняттями у конкретному реченні та всім текстом вцілому. Після проведення заміни займенників видається за доцільне проведення повторного синтаксичного аналізу речень із займенниками.

Підсумовуючи вище сказане, відмітимо, що з метою оптимізації великого класу задач лінгвістики використовують комп'ютерну обробку природномовних текстів, комп'ютерна реалізація яких на практиці відкриває нові перспективи для вдосконалення традиційних методів аналізу україномовних текстів.

Висновки. Проведено детальний аналіз наукових результатів у галузі розробки автоматизованих систем аналізу для текстів на українській мові, а саме розв'язання питання анафори. Вказане спонукає до комплексного поєднання методів в системах аналізу інформації з різних аспектів та рівнів лінгвістичного аналізу.

Встановлено, що найдієвішими методами для проведення обробки природно мовних текстів є системи аналізу на основі використання морфологічного, статистичного, синтаксичного, семантичного підходів та їх комбінації, що дає змогу досліджувати приховані зв'язки всередині природно мовних текстів. Розглянуто основні підходи для аналізу текстових масивів. Вказана широка специфіка їх застосування та можливості подальшого розширення існуючих методів. Описана детальна реалізації процесу автоматизації розв'язку анафори, для наочного розуміння подана блок-схема.

Стає зрозумілим, що створення єдності використання лінгвістичних методів, а саме особливостей, способу реалізації, формування основних підходів, шляхів застосувань дасть змогу системам аналізу структурувати інформацію та перейти на автоматизацію подібних процесів.

Таким чином, виникає інтерес до подальшого вивчення, вдосконалення існуючих методів для здійснення автоматизації процесів розв'язання питань анафори природномовних українських текстів з метою розширення класу прикладних лінгвістичних задач.

Анісімов А.В. Марченко О.О. Нагорний В.А Створення керуючого простору синтаксичних структур природної мови // Вісник Київського університету. Сер. фіз.-мат. науки.- 2011.-Вип. 1- С. 159-169.

Вихованець І.Р. Теоретична морфологія української мови: Академічна граматики української мови / І.Р. Вихованець, К.Г. Городенська. – К.: Унів. вид-во «Пульсари», 2012. – 400 с.

Комарницька О. І. Моделі штучного інтелекту для порівняння текстової інформації за змістом /О. І. Комарницька // Лінгвістичні студії : зб. наук. праць / Донецький нац. ун-т ; гол. ред. А. П. Загнітко. – К. ; Вінниця : ДонНУ, 2015. – Вип. 30. – С. 135–139.

Палагин, А. В. Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: основы методологии и архитектурно-структурная организация [Текст] / А. В. Палагин, С. Л. Кривой, Н. Г. Петренко // Управляющие системы и машины. – 2016. – № 3. – С. 42-55.

Evans G. Pronouns, quantifiers, and relative clauses (I) // Canadian Journal of Philosophy 7: 467–536. References are to the 2003 reprint in Gareth Evans, Collected Papers. Oxford: Clarendon Press, 2003. P. 76–152.

Protopopova E.V., Bodrova A.A., Volskaya S.A., Krylova I.V., Chuchunkov A.S., Alexeeva S.V., Bocharov V.V., Granovsky D.V. Anaphoric annotation and corpus-based anaphora resolution: an experiment, computational linguistics and intellectual technologies. Dialog-2014: sb. tr. Mezhdunar. nauch. konf. po kompyuter. lingvistike [Proc. Annual Int. Science Conf. on Computer Linguistics "Dialogue-2014"]. 2014, iss. 13 (20), pp. 562–571

Mitkov R. Anaphora resolution / Ruslan Mitkov // The Oxford Handbook of Computation Linguistics. – Oxford University Press, 2003. – P. 267.

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»

ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ ПРИ ВИКОНАННІ РОЗРІЗІВ ТА ПЕРЕТИНІВ В АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЯХ

Журило А. Г., Сівак Є. М. Геометричні побудови при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричних проекціях. У статті розглянуто основні положення щодо виконання розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях за вимогами ЄСКД. Пояснюються причини відмінності кута нахилу штрихових ліній в аксонометричних проекціях від аналогічних в ортогональних проекціях. Показано практичне застосування розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях. Наведено приклади нанесення штрихування при виконанні креслеників.

Ключові слова: аксонометрія, ЄСКД, штрихування, розріз, переріз, практичне застосування.

Журило А. Г., Сівак Є. М. Геометрические построения при выполнении разрезов и сечений в аксонометрических проекциях. В статье рассмотрены основные положения по выполнению разрезов и сечений в аксонометрических проекциях по требованиям ЕСКД. Объясняются причины отличия угла наклона штриховых линий в аксонометрических проекциях от аналогичных в ортогональных проекциях. Показано практическое применение разрезов и сечений в аксонометрических проекциях. Приведены примеры нанесения штриховки при выполнении чертежей.

Ключевые слова: аксонометрия, ЕСКД, штриховка, разрез, сечение, практическое применение.

Zhurilo A. G., Sivak E. M. Geometric construction when performing sections and sections in axonometric projections. The article describes the basic provisions for the implementation of sections and sections in axonometric projections according to the requirements of ESCD. The reasons for the difference between the angle of inclination of the dashed lines in axonometric projections and similar in orthogonal projections are explained. The practical application of sections and sections in axonometric projections is shown. Examples of the application of hatching in the drawing.

Key words: axonometry, ESKD, hatching, incision, 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 [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].

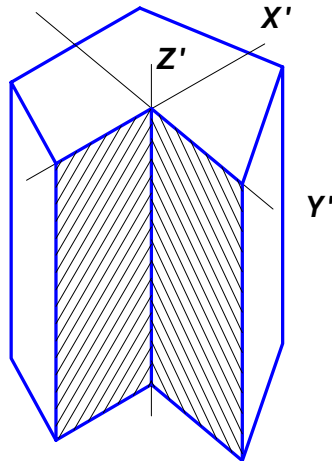
Невирішені частини проблеми. Метою статті є визначення причин різного нахилу штрихових ліній в аксонометричних проекціях від аналогічних в ортогональних проекціях [11, 12].

Мета дослідження. Забезпечення впевненого використання вимог ЄСКД при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричних проекціях, запобігання хибних побудов на креслениках, запобігання використанню раніше невірних видів аксонометричних проекцій, отримання наочної інформації з аксонометричного кресленика.

Розрізи становлять важливу і невід'ємну частину кресленика. Вони служать для виявлення внутрішніх форм і обрисів зображуваного предмета.

АксонOMETричні проєкції не є виключенням. На рис. 1 зображено правильну п'ятикутну призму з видаленням $\frac{1}{4}$ частини.

Аналізуючи дане зображення, навіть не порівнюючи його з ортогональним зображенням, можна відзначити, що на кресленнику вилучена чверть фігури, обмежена осями XOY на ортогональному кресленнику (таке зображення найбільш часто виконують для вертикально розташованих фігур з основою, паралельною площині Π_1). Це зв'язано з тим, що, як правило, частину фігури видаляють з метою показати її внутрішню частину. При видаленні будь-якої іншої



чверті фігури ні про яку наочність не може бути і мови.

Рис. 1. Аксонометрична проєкція на правильної п'ятикутної призми з видаленням $\frac{1}{4}$ частини

Штрихування на вилучених частинах виконано під кутом не 45° , як це прийнято на звичайних кресленниках, а під кутом 60° . Найбільш просто штриховку наносити таким способом: або на вільному полі кресленника зображується рівнобічний трикутник з основою, паралельною нижньому краю кресленника, і штрихування виконується паралельно його сторонам, або по аксонометричних осях відкладають рівні відрізки і штрихування виконується паралельно їм.

Чому в аксонометрії штрихування не виконують під кутом 45° ?

Це, насамперед, пов'язане з однією з властивостей аксонометрії. Розглянемо її більш змістовно.

Теорема. Трикутник слідів на прямокутному триграннику координат завжди є гострокутним.

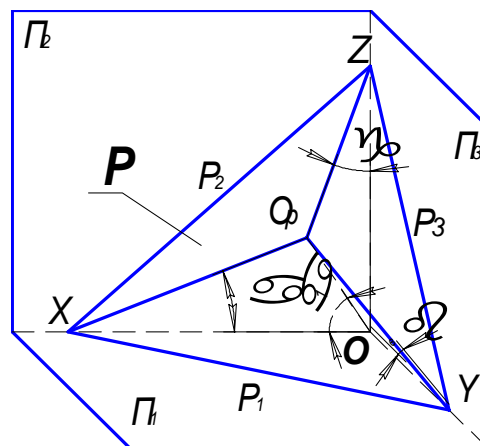


Рис. 2. Перетин аксонометричною площиною P координатних осей

Доведення. Як видно з рис. 2, сторони трикутника слідів у такий спосіб виражаються через відрізки $OpX = a$, $OpY = b$, $OpZ = c$, що відтинаються площиною проєкцій P на натуральних осях координат:

$$\begin{aligned} (OpX)^2 &= b^2 + c^2 \\ (OpY)^2 &= a^2 + c^2 \end{aligned}$$

$$(OpZ)^2 = a^2 + b^2$$

Складаючи попарно кожні два з написаних вище рівнянь, одержимо:

$$(OpY)^2 + (OpZ)^2 = 2a^2 + b^2 + c^2$$

$$(OpZ)^2 + (OpX)^2 = a^2 + 2b^2 + c^2$$

$$(OpX)^2 + (OpY)^2 = a^2 + b^2 + 2c^2.$$

Порівнюючи написані рівняння з початковими, отримаємо наступні вирази:

$$(OpY)^2 + (OpZ)^2 > (OpX)^2$$

$$(OpZ)^2 + (OpX)^2 > (OpY)^2$$

$$(OpX)^2 + (OpY)^2 > (OpZ)^2.$$

Ці нерівності доводять, що трикутник слідів XYZ є гострокутним.

В основному, порядок і умовності виконання розрізів в аксонометрії такі ж самі, що і для ортогональних проекцій. Однак є і деякі відмінні, що впливають зі специфіки аксонометричних проекцій. Розглянемо на прикладах основні прийоми виконання розрізів в аксонометрії. На рис. 3 зображено деталь в ортогональних проекціях, причому на головному вигляді виконано фронтальний розріз у з'єднанні з головним виглядом, відповідно до вимог ГОСТ 2.305-68.

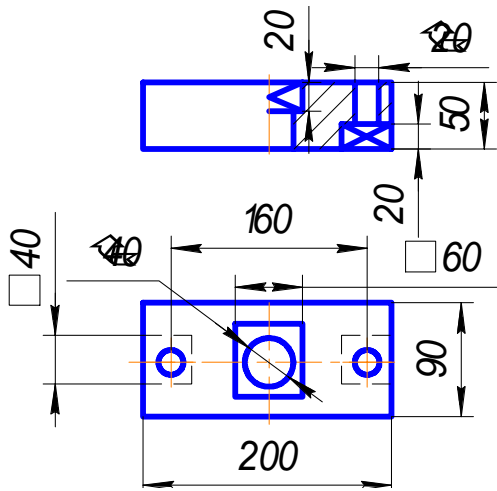


Рис. 3. Зображення машинобудівної деталі в ортогональних проекціях

В аксонометрії цей же розріз може бути виконаний не тільки за принципом розрізу на рис. 1, але і так, як показано на рис. 4. У цьому випадку для одержання розрізу застосована одна січна площина, паралельна координатній площині P_2 (XOZ), тобто розріз є простим.

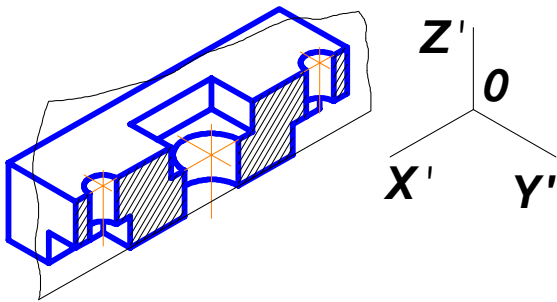


Рис. 4. Розріз на ізометричній проекції по одній площині

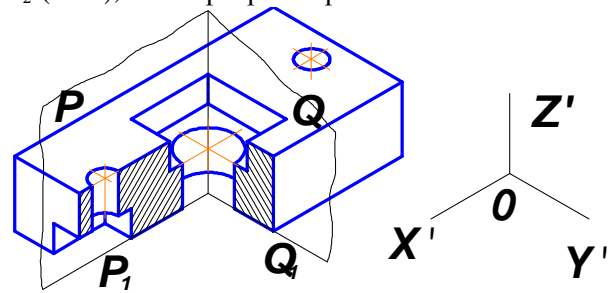


Рис. 5. Розріз на ізометричній проекції по двох площинах

На рис. 5. виконано розріз тієї ж деталі, але з використанням двох січних площин, одна з яких паралельна координатній площині P_2 (XOZ), а друга паралельна координатній площині P_3 (YOZ). Цей розріз можна розглядати як складний, тобто отриманий у результаті застосування більш ніж однієї січної площини, або як з'єднання двох простих розрізів – фронтального і профільного, які звичайно виконуються в ортогональних проекціях. Оскільки для розрізів в аксонометрії не встановлено спеціальної термінології, більш точно визначити назву розрізу, показаного на рис. 5, складно.

Відзначимо, що для деталі, зображеної на рис. 3, доцільно застосувати розріз, показаний на рис. 5, тому що в цьому випадку форма деталі виявляється більш повно і наочно, ніж при

використанні розрізу за типом рис. 3. А розріз, аналогічний розрізу, зображеному на рис. 4, раціональніше застосовувати при іншій конструкції деталі.

Крім того, потрібно пам'ятати основне визначення розрізу, наведено вище. З цього визначення випливає, що кут, утворений січними площинами (якщо застосовуються дві або більше січних площин), повинний бути завжди розкритим, інакше це суперечить основному визначенню розрізу, не кажучи вже про те, що зміст розрізу втрачається. Іншими словами, ми повертаємося до аналізу рис. 1. Найчастіше в аксонометрії застосовують розрізи, які подібні наведеному на рис. 5. Однак у деяких випадках виникає необхідність і в розрізах іншого характеру. Зокрема, нерідко застосовують похилі розрізи, а також розрізи, отримані за допомогою більш ніж двох січних площин. На рис. 6 зображена в ортогональних проекціях деталь, форма якої вимагає застосування складного розрізу. Такий же розріз доцільно дати і на аксонометричному зображенні деталі (рис. 7). Тут, на відміну від ортогонального креслення, застосовані чотири січні площини замість двох. Крім розглянутих розрізів, в аксонометрії можна застосовувати і місцеві розрізи, обмежуючи їх суцільною хвилястою лінією, як на ортогональних кресленнях.

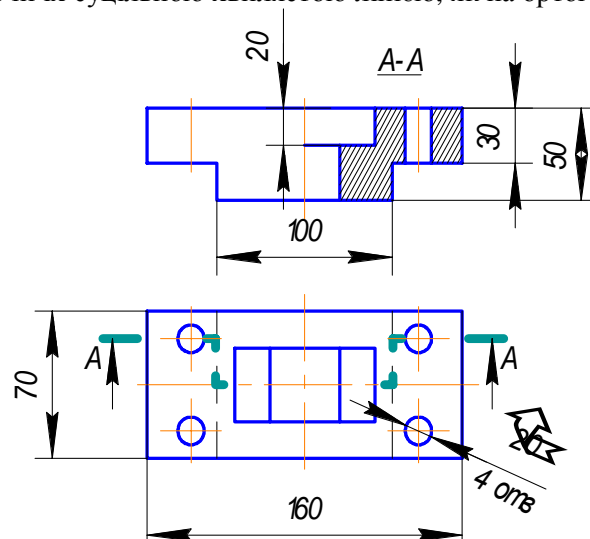


Рис. 6. Зображення машинобудівної деталі в ортогональних проекціях

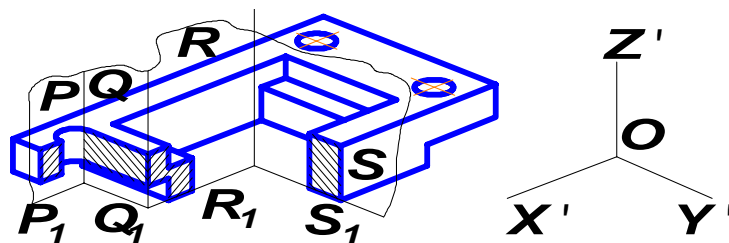


Рис. 7. Розріз на ізометричній проекції, виконаний за чотирма площинами

При виконанні розрізу перетин повинен бути заштрихований відповідно до позначення матеріалів у розрізах і перетинах згідно з ГОСТ 2.306-68. Напрямок ліній штрихування, крім способу, зазначеного вище, вибирається, як вказано на рис. 8.

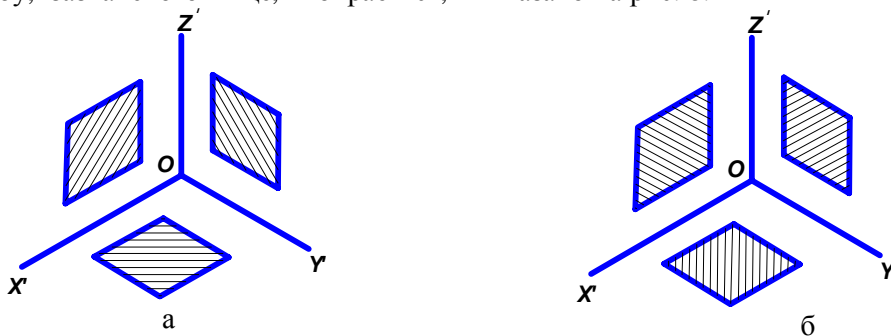


Рис. 8. Напрямок штрихування в прямокутній ізометрії. (Штрихування на лівій частині рисунка – переважніше)

(На рис. 8 дано схему напрямку ліній штрихування для прямокутної ізометрії. Аналогічно

вибирається напрямок штрихування для косокутної ізометрії. Як видно з рисунку, напрямок штрихування в аксонометрії відповідає напрямку ліній штрихування ортогонального кресленника, який проєкціюється на площину аксонометричних проєкцій).

Згідно з ГОСТ 2.317-69 [9], напрямок штрихування повинен бути паралельним одній з діагоналей проєкцій квадратів, що належать координатним площинам; сторони цих квадратів паралельні аксонометричним осям. Це лише інше вираження того самого геометричного факту. Крім того, при виконанні штрихування перетинів необхідно використовувати наступні вимоги ГОСТ 2.308-68 з урахуванням розглянутої на рис. 8 схеми.

1. Вузькі площини, ширина яких на кресленниках менш, ніж 2 мм, допускається показувати зачерненими із залишенням просвітів між суміжними перетинами не менш, ніж 0,8 мм.

2. Для суміжних перетинів двох деталей варто брати нахил ліній штрихування для одного перетину праворуч, а для другого — ліворуч (зустрічне штрихування). При штрихуванні «в клітку» у подібних випадках відстань між лініями штрихування в одному перетині повинна відрізнятися від відповідної відстані в другому. Якщо неможливо дати зустрічне штрихування (при трьох і більше дотичних деталях), варто змінювати відстань між лініями в штрихуванні або виконувати ці лінії в одному перетині стосовно другого, не змінюючи кута їхнього нахилу, а змінюючи щільність штриховки.

3. При великих площах перетину рекомендується наносити штрихування тільки по контуру перетину.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Визначено, чому при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричній проєкції нахил ліній перетину відрізняється від аналогічних ліній при виконанні розрізів та перетинів в ортогональній проєкції.

Наочні аксонометричні зображення можуть варіюватися в дуже широких межах: від ілюзорного зображення до схематичного креслення. Тому застосування побудови розрізів та перетинів в аксонометричних проєкціях є дуже важливим моментом при побудові цих наочних зображень.

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. Сивак, 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. Кресленники технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні проєкції. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПИ». — 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 проєкцій / А. Г. Журило, Є. М. Сивак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.

УДК 372.853

¹Захарчук Д.А., ²Захарчук В.Є., ¹Ящинський Л.В., ¹Коваль Ю.В.

¹Луцький національний технічний університет

²Комунальний заклад загальної середньої освіти «Луцький ліцей №27 Луцької міської ради Волинської області»

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

Захарчук Д.А., Захарчук В.Є., Ящинський Л.В., Коваль Ю.В. Впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні фізики. В статті проаналізовано переваги навчальних занять з фізики із використанням інформаційно-комунікаційних технологій у порівнянні з традиційними. Розглянуто різні форми використання комп'ютера в навчальному процесі. Наведено приклади роботи з педагогічними програмними засобами та онлайн-сервісами при проведенні віртуальних та реальних фізичних експериментів. Запропоновано шляхи використання інформаційно-комунікаційних технологій та комп'ютерного моделювання під час аудиторних занять і для організації самостійного та дистанційного навчання.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні технології, педагогічні програмні засоби, віртуальний експеримент, комп'ютерне моделювання.

Захарчук Д.А., Захарчук В.Е., Ящинский Л.В., Коваль Ю.В. Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий при изучении физики. В статье проанализированы преимущества учебных занятий по физике с использованием информационно-коммуникационных технологий в сравнении с традиционными. Рассмотрены различные формы использования компьютера в учебном процессе. Приведены примеры работы с педагогическими программными средствами и онлайн-сервисами при проведении виртуальных и реальных физических экспериментов. Предложены пути использования информационно-коммуникационных технологий и компьютерного моделирования во время аудиторных занятий и для организации самостоятельного и дистанционного обучения.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, педагогические программные средства, виртуальный эксперимент, компьютерное моделирование.

Zakharchuk D.A., Zakharchuk V.Y., Yashchynskiy L.V., Koval Y.V. Implementation of modern information and communication technologies in the study of physics. The article analyzes the advantages of training in physics with the use of information and communication technologies in comparison with traditional ones. Different forms of computer use in the educational process are considered. Examples of work with pedagogical software tools and online services during virtual and real physical experiments are given. The ways of use of information and communication technologies and computer modeling during classroom lessons and for organization of independent and distance learning are offered.

Keywords: information and communication technologies, pedagogical software tools, virtual experiment, computer simulation.

Вступ. В сучасному суспільстві комп'ютер зайняв провідну позицію, тому важко уявити собі школу чи університет без технічних засобів навчання. Розвиток засобів інформатизації та їх використання у всіх галузях діяльності людини потребують інноваційних педагогічних підходів до навчання для забезпечення відповідного розвитку молоді. Впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) дозволяє модернізувати традиційну систему освіти в навчальних закладах [1].

Постановка наукової проблеми. Порівняно з традиційною формою проведення навчальних занять з предметів природничого циклу, використання комп'ютерних та мультимедійних технологій вивільняє більше часу для додаткового пояснення матеріалу, розширює можливості демонстраційного експерименту через використання комп'ютерного моделювання, створює умови для швидкого контролю та самоперевірки знань. Однак цей підхід висуває нові вимоги до підготовки вчителя-предметника, ставить перед ним нові проблеми, змушує освоювати нову техніку й створювати нові методики викладання, засновані на використанні сучасних інформаційних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Світ останнім часом невідомо змінився і продовжує змінюватися. Визначальним чинником сучасної цивілізації стала інформація й усе, що пов'язане з її накопиченням, оновленням, передавання та використання. Крім того, швидкий розвиток науки, техніки та технологій дає можливість просуватися сучасній цивілізації до інформаційного суспільства. Тому сьогодні вимагає від освіти посісти більш вагомі позиції, оскільки вона відіграє спонукальну роль у забезпеченні інноваційного розвитку суспільства.

Як зазначається в Національній доктрині розвитку освіти України у XXI столітті, одним з пріоритетів розвитку освіти є впровадження сучасних інформаційних технологій, які розширюють

можливості учнів щодо якісного формування системи знань, умінь і навичок, їх застосування у практичній діяльності, сприяють розвитку інтелектуальних здібностей до самонавчання, створюють сприятливі умови для навчальної діяльності учнів і вчителя.

Сучасний учитель займається різними видами професійної діяльності: викладацькою, виховною, науковою, методичною, управлінською. Залежно від того або іншого виду діяльності існують різні можливості використовувати комп'ютерні або інформаційні технології, що дають можливість отримувати, передавати, систематизувати, обробляти інформацію, а також здійснювати комунікацію між колегами, учнями, їх батьками і так далі [2].

Серед основних напрямків застосування нових інформаційних технологій у навчальному процесі виділяються:

- навчально-інформуючі програми;
- програми-тренажери з розв'язування задач;
- програми тестового контролю навчальних досягнень;
- програми моделювання певних явищ і дослідів;
- ігрові програми, що мають на меті залучити учнів до опанування навчального матеріалу шляхом включення їх до різноманітних ігрових ситуацій;
- інтернет та дистанційне навчання.

При використанні комп'ютерних засобів навчання вчитель перестає бути для учня єдиним джерелом інформації, носієм істини, стає партнером [3]. Тому сам вид комп'ютерного уроку залежить від його загальної дидактичної структури; варіанта використання засобів ІКТ; виду використовуваних комп'ютерних засобів (текстові, відео, аудіо); їхнє правильне застосування підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу. Первісне ознайомлення з новим матеріалом може відбуватися фронтально, без комп'ютера або з комп'ютером. Також можна використовувати індивідуальне спілкування з комп'ютером, яке має ту перевагу, що взаємодія здійснюється одночасно по всіх каналах сприйняття «текст – звук – відео – колір».

- Будь-який урок незалежно від використання ІКТ має низку вимог, серед яких:
- загально-педагогічні (врахування вікових та індивідуальних особливостей учнів, пріоритет особистості учня, орієнтація на процес навчання);
 - дидактичні (використання активних методів навчання, формування вмінь самостійно здобувати знання й застосовувати їх на практиці, заохочення прагнень учнів знаходити свій спосіб роботи з навчальним матеріалом);
 - психологічні (врахування психологічних особливостей дітей, розумна вимогливість і доброзичливість учителя у ставленні до учнів);
 - гігієнічні (чергування видів навчальної роботи і різноманітність методів навчання, норми освітлення тощо).

Серед існуючих форм використання комп'ютерних технологій перевагу варто надавати фрагментарному його використанню, яке супроводжує розповідь вчителя. Такий підхід розширює можливості як вчителя, так і учнів, підвищує інтерес учнів до навчання, інтенсифікує процес навчання. Водночас це не передбачає підміни функцій вчителя, підручника та заміни реального фізичного експерименту віртуальним, а лише розширює можливості, удосконалює роботу вчителя з підготовки і проведення занять, допомагає поглибити розуміння учнями змісту природних явищ та процесів.

Найефективнішим мультимедійним засобом є інтерактивна дошка. Назва «інтерактивна дошка» вказує на взаємодію суб'єктів навчального процесу з цим засобом: суб'єкти навчального процесу впливають на формування і зміни зображення на дошці; останні впливають на зміст діяльності вчителя та учнів. На інтерактивній дошці можна переміщувати окремі частини зображень, торкнувшись їх рукою, імітуючи фізичний вплив на віртуальний об'єкт. При потребі можна доповнювати моделі фізичних явищ, що демонструються зображеннями напрямків, написами, позначками. Ці дії може виконувати не лише вчитель а й учні. Саме робота учнів біля дошки сприяє підвищенню ефективності уроку, робить його цікавішим, змінює його темп. Перевага інтерактивної дошки перед звичайним екраном в тому, що вона може бути використана як динамічний наочний дидактичний матеріал.

При підготовці до уроку з використанням ІКТ вчитель не повинен забувати, що це УРОК, а значить складає план уроку виходячи з його цілей, при відборі навчального матеріалу він повинен

дотримуватися основних дидактичних принципів: систематичності та послідовності, доступності, диференційованого підходу, науковості та ін.

Основні характеристики навчальних занять з використанням ІКТ:

- принцип адаптивності: пристосування комп'ютера до індивідуальних особливостей дитини;
- керованість: у будь-який момент можлива корекція вчителем процесу навчання;
- інтерактивність і діалоговий характер навчання;
- оптимальне поєднання індивідуальної та групової роботи;
- підтримання в учня стану психологічного комфорту при спілкуванні з комп'ютером;
- необмежене навчання: зміст, його інтерпретації і додаток скільки завгодно великі.

Добре відомо, що курс фізики включає розділи, вивчення і розуміння яких вимагає розвинутого образного мислення, уміння аналізувати, порівнювати. Насамперед мова йде про такі розділи, як «Молекулярна фізика», деякі розділи «Електродинаміки», «Ядерна фізика», «Оптика» і ін. Багато явищ в умовах шкільного фізичного кабінету не можуть бути продемонстровані. Наприклад, явища мікросвіту, або процеси, що швидко протікають, або досліди із приладами, відсутніми в кабінеті. В результаті учні зазнають труднощі їхнього вивчення, оскільки не в змозі їх уявити. У таких ситуаціях на допомогу учневі приходять сучасні технічні засоби навчання й у першу чергу персональний комп'ютер.

Використання комп'ютера та і взагалі комп'ютерних технологій виправдано в тих випадках, в яких це забезпечує суттєву перевагу над традиційними формами навчання. Одним з таких випадків є використання комп'ютерних моделей та віртуальних лабораторій через впровадження SMART-технологій.

Комп'ютерні моделі – комп'ютерні програми, які дозволяють імітувати фізичні явища, досліди чи ситуації з використанням ідеальних моделей, які зустрічаються в задачах. Комп'ютерне моделювання дозволяє ілюструвати фізичні експерименти та явища, відтворювати їх тонкі деталі, які можуть бути непоміченими спостерігачем в реальному експерименті. Використання комп'ютерних моделей та віртуальних лабораторій надає вчителю унікальну можливість візуалізації спрощеної моделі реального явища. При цьому є можливість поетапно додавати до розгляду додаткові факти, які поступово будуть ускладнювати модель та наближувати її до реального фізичного явища. Крім того, комп'ютер дозволяє моделювати ситуації, що неможливо реалізувати в умовах кабінету фізики, наприклад, роботу ядерної установки.

Процес комп'ютерного моделювання для учнів є цікавим та пізнавальним. Створюючи моделі та спостерігаючи їх у дії, учні знайомляться із фізичними явищами, вивчають їх на якісному рівні, а також проводять дослідження. Комп'ютерна лабораторія не може замінити фізичну лабораторію. Але під час виконання комп'ютерних лабораторних дослідів у школярів формуються навички, які стануть у пригоді під час виконання реальних дослідів: вибір умов експериментів, означення параметрів дослідів, проектування візуального результату, вибір оптимального обладнання тощо. Деякі моделі дозволяють одночасно з перебігом експерименту спостерігати побудову відповідних графічних залежностей. Все це перетворює виконання багатьох завдань в мікродослідження, стимулює розвиток творчого мислення учнів, збільшує їх інтерес до предмету.

На даний час існує велика кількість навчальних програмних засобів. Серед усіх варто виділити продукт «Квазар-мікро», який ми використовуємо як для проведення фронтального експерименту, так і для виконання лабораторних робіт. Але ніякий комп'ютер не замінить реальний фізичний експеримент, тому до використання комп'ютера для проведення лабораторних робіт слід підходити обережно.

Навчальні програми з фізики змінюються значно швидше, ніж обновлюється чи створюється нове програмне забезпечення. Однак це не означає, що потрібно відмовлятися від використання педагогічних програмних засобів (ППЗ) з фізики чи астрономії.

«Бібліотека електронних наочностей» разом з «Віртуальною фізичною лабораторією» дозволяють комплексно підходити до викладання навчального матеріалу з фізики, використовуючи конструктор уроків. «Електронний задачник» дозволяє персонально (при використанні комп'ютерної мережі) підійти до розв'язування задач і виявити можливі прогалини в знаннях учнів.

На уроках астрономії широко використовують віртуальну модель зоряного неба «Stellarium» [4] при вивченні зоряного неба, планет Сонячної системи, зоряних скупчень, галактик та багатьох інших, як навчальні моделі.

ППЗ «Фізика та астрономія» містить в собі велику кількість моделей для вивчення фізики, відеороликів про вчених-фізиків та 8 навчальних фільмів з астрономії. Демонстрація відеороликів про вчених стимулює до вивчення предметів через знайомство з життям вченого. Демонстрація фрагментів навчальних фільмів в багатьох випадках дозволяє учням при їх перегляді знайти додаткові приклади того чи іншого явища, а також приклади його застосування.

Використання ППЗ на уроках фізики та астрономії необхідне, але завжди (коли це можливо) в комплексі з реальними дослідами, тому що фізика – наука експериментальна. Не слід зловживати ППЗ і перетворювати реальний експеримент на віртуальний. Будь-яке ППЗ, яке б воно добре не було, повинно мати межі свого використання, а тому не слід зациклюватися тільки на ньому, необхідно використовувати й інші методи навчання.

Використання віртуальних моделей у навчальній діяльності пов'язане з формуванням в учнів уміння самостійно проектувати у віртуальному середовищі найпростіші моделі фізичних об'єктів. Оскільки сучасна методика фізики пропонує велику кількість демонстрацій з кожної теми шкільного курсу фізики, перед учителем виникає проблема відбору віртуальних дослідів, які найповніше відповідають дидактичній меті дослідження, найвиразніше ілюструють явище чи фізичну теорію і можуть бути відтворені під час реального фізичного експерименту. Як приклад, радимо використати інтерактивний проект Phet-моделювання Університету Колорадо [5], який містить велику кількість безкоштовних, цікавих, інтерактивних, науково обґрунтованих комп'ютерних моделей для предметів природничо-математичного циклу. Всі Phet-симуляції знаходяться у вільному доступі на Phet-сайті і прості для використання в класі. Вони написані в Java і Flash, тому можуть бути запущені за допомогою стандартного веб-браузера, якщо Flash і Java встановлені на вашому комп'ютері. Утім, для забезпечення освітньої ефективності і зручності використання всі моделі широко апробовані й оцінені. Ще одним прикладом проектного середовища є VirtuLab «Віртуальна образовательная лаборатория» [6], педагогічно-програмний засіб "Віртуальна фізична лабораторія. Фізика 10–11" для загальноосвітніх навчальних закладів [7], тощо. Для моделювання і дослідження процесів, які відбуваються в електричних колах, існує набір спеціалізованих пакетів MicroCap, DesingLab, Multisim, Electronics Workbench, які можуть використовуватися у шкільній практиці.

Ідея досліду, його хід й отримані результати мають бути зрозумілими учням. З цією метою вчитель пояснює схему установки, усі її складові, звертає увагу на вимірювальні прилади, або на ті елементи, що виявляють спостережуваний ефект. Як приклад, за доцільності, використовуємо цифрову лабораторію Nova 5000 з датчиками різних фізичних величин і пристроями аналого-цифрового перетворення інформації, яка розширює можливості традиційного фізичного експерименту, надає можливість проводити раніше відомі лабораторні роботи на рівні, відповідному запитам сучасних фізичних досліджень. Цифрова лабораторія – це сучасна універсальна комп'ютеризована лабораторна система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології. Основу лабораторії складає персональний мобільний комп'ютер із сенсорним екраном Nova 5000, вимірювальні датчики, програмне забезпечення і реєстратор USB Link для персонального комп'ютера [8].

Сучасний освітній процес не складається лише з аудиторних занять, він не обмежується лише викладачем і підручником як джерелом знань, а потребує різнобічної активної пізнавальної діяльності всіх суб'єктів навчання і ґрунтується на використанні різноманітної інформації. До джерел інформації додаються бази даних, довідково-інформаційні, пошукові й експертні системи, телекомунікативні технології, завдяки яким учень чи студент має доступ до світових науково-освітніх ресурсів, суттєво зростає роль комп'ютерних програм навчального призначення. У дистанційному навчанні викладач виконує роль координатора й консультанта, а інтерпретатором знань стає сам студент.

Дистанційна освіта – це педагогічна система відкритих освітніх послуг, що надаються широким верствам населення в країні та за кордоном за допомогою спеціалізованого інформаційного освітнього середовища, котре базується на дистанційних технологіях навчання (мультимедійних, мережних, телекомунікаційних, ТВ-технологіях тощо) [9].

На думку А.В. Хуторського [10], дистанційне навчання не є електронним варіантом традиційного навчання, що адаптує форми занять та паперові засоби в телекомунікаційні засоби навчання, а покликане вирішувати специфічні завдання щодо розвитку творчої складової освіти:

- підвищення активної ролі учня у власному навчанні в постановці освітньої мети, доборі домінуючих напрямів, форм і темпів навчання;
- різке збільшення обсягу доступних освітніх масивів, культурно-історичних досягнень людства, доступ до світових культурних і наукових скарбів з будь-якого пункту, де є телезв'язок;
- отримання можливості спілкування учня з педагогами, однокласниками, консультування у фахівців високого рівня незалежно від їх територіального розташування;
- збільшення евристичної складової навчального процесу завдяки застосуванню інтерактивних форм занять, мультимедійних навчальних програм;
- більш комфортні, порівняно з традиційними, умови для творчого самовираження учня, можливість демонстрації ним продуктів власної творчої діяльності для всіх, широкі експертні можливості оцінки творчих досягнень;
- можливість змагання з великою кількістю бажаючих, що мешкають у різних містах і країнах, за допомогою участі в дистанційних проектах, конкурсах, олімпіадах.

Висновки. Основною перевагою інформаційно-комунікаційних технологій є те, що комп'ютерні демонстрації можуть бути органічною складовою будь-якого уроку та можуть ефективно допомогти вчителю й учневі. Іншою важливою обставиною є те, що існують такі фізичні процеси або явища, які неможливо спостерігати візуально в лабораторних умовах.

Слід зауважити, що інформаційно-комунікаційні технології – це досить потужні механізми, які мають багато можливостей. Але вони не замінюють викладача, а можуть бути тільки інструментом у руках викладача. Причому таким інструментом, який є потужним у своїх функціях, і має дуже великий ресурс використання.

Завдання ІКТ не в тому, щоб витіснити традиційне навчання, а в тому, щоб ефективно інтегруватися в нього і забезпечити учням найвищу якість освіти. Адже новітні технології володіють величезним творчим потенціалом, стають ефективним інструментом в руках учнів. Інформаційно-комунікаційні технології здатні залучати до процесу навчання, робити з пасивних слухачів активних діячів; стимулювати пізнавальний інтерес до навчання та дисциплін в цілому; надавати навчальній роботі проблемний, творчий чи дослідницький характер, індивідуалізувати процес навчання і розвивати самостійну діяльність студентів та учнів.

Інструмент «виконує» завдання того, хто ним керує. Тому ставитися до цих технологій треба лише як до інструменту, зробленого для полегшення праці, а не до генератора команд та ідей. Таким чином, настав час озброїти вчителя новим інструментом і результат негайно позначиться на наступних поколіннях.

1. Герасименко І.В., Глушенко В.В. Переваги використання ІКТ в навчальному процесі / І.В. Герасименко, В.В. Глушенко // І Українська конференція молодих науковців «Інформаційні технології – 2014». Використання інформаційних технологій в освіті: сучасність та перспективи. – Київський університет імені Бориса Грінченка. - м. Київ. – С. 9–10.
2. Наволокова Н.П., Андреева В.М. Практична педагогіка для вчителя / Н.П. Наволокова, В.М. Андреева // Х.: Основа. – 2009. – 120 с.
3. Карпова Л.Б. Використання персонального комп'ютера на уроках фізики / Л.Б. Карпова // Фізика в школах України. – 2008. - №17. - 32ст.
4. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://stellarium.org/uk/>
5. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://phet.colorado.edu/uk/>.
6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.virtulab.net/>.
7. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://toloka.to/t10663/>.
8. Лаврова А.В., Заболотний В.Ф. Підхід до організації і проведення шкільного навчального фізичного експерименту/ А.В. Лаврова, В. Ф. Заболотний // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Т. 50. – №6. – С. 57–70.
9. Ковальчук В.І., Воротникова І.П. Моделі використання елементів дистанційного навчання в школі / В.І. Ковальчук, І.П. Воротникова // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2017. – Т. 60. – №4. – С. 58–76.
10. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты [Електронний ресурс] / А.В. Хуторской – Режим доступу: <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm>.

UDC 004.93.1; 681.142

^{1,2}Заяць В.М., д.т.н., професор; ³Заяць М.М., ст. викладач; ²Мошинський В.С., д.с.-г.н.: професор;

¹Рожанківський І.;В., д.т.н., професор.

¹Університет Технологічно-Природничий (УТР), м. Бидгощ, Польща.

²Національний університету водного господарства та природокористування, м. Львів, Україна.

³НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ В ЕКОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Zaiats V.M., Zaiats M.M., Moshynskiy V.S., Rozankivskiy I.V. System approach to bilding models for intelligent processing of data in eco-information systems. A systematic approach to the construction of models for the intellectual processing of data in eco-information systems is proposed.. The expediency of using declarative programming languages for the processing of statistical information is substantiated.

Keywords: eco-datas network; eco-information system, application software, functional approach, declarative programming languages.

Заяць В.М., Заяць М.М., Мошинський В.С., Рожанківський І.В. Системний підхід до побудови моделей для інтелектуального опрацювання даних в екоінформаційних системах. Запропоновано системний підхід до побудови моделей для інтелектуального . опрацювання даних в екоінформаційних системах . Обґрунтовується доцільність використання декларативних мов програмування для обробки статистичної інформації.

Ключові слова: мережі екоданих; екоінформаційна система, прикладне програмне забезпечення, функціональний підхід, декларативні мови програмування.

Заяць В.М., Заяць М.М., Мошинский В.С., Рожанкивский И.В. Системный подход к построению модели для интеллектуальной обработке данных в экоиформационной системе. Предложен системный подход к построению моделт для интеллектуальной обработке данных на основе функциональных преобразований. Обосновывается целесообразность использования декларативных языков программирования для обработки статистической информации.

Ключевые слова: сети экоданных, экоиформационная система, информационная система, прикладное программное обеспечение, функциональный подход; декларативные языки программирования.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. Екологічна інформаційна система (ЕІС) – це система для управління екологічною інформацією, її аналізу та подання. Екологічна інформація може надаватися у вигляді цілого набору екологічних даних, які моделюють оточуюче середовище за допомогою узагальнених структур даних. ЕІС містить набори інструментальних засобів для роботи з екологічними даними.

Здатність ЕІС вести пошук у базах даних, приєднувати власні бази, здійснювати просторові запити, безперервно нагромаджувати та коректувати наявні просторові й часові дані, моделювати та відтворювати реальні ситуації заощадить час і кошти державних та комерційних структур, унеможливить виникнення кризових ситуацій.

При створенні нових реальних пристроїв, дослідженні невивчених фізичних чи екологічних явищ або процесів, побудові систем розпізнавання та ідентифікації, що мають бажані характеристики інформаційного сигналу або невідомі характеристики, які підлягають вивченню, доцільно провести комп'ютерне моделювання та аналіз, створивши адекватні математичної моделі об'єкта, що розробляється чи вивчається. Такий підхід вимагає значно менших часових і технічних засобів порівняно з фізичним експериментом, особливо на попередній стадії розробки, за відсутності достовірної апріорної інформації про оточуюче середовище та поведінку об'єктів, що в ньому знаходяться

Останнім часом в нелінійній динаміці широке застосування знаходять дискретні моделі систем [1-4] для яких дискретність закладена в природі самого об'єкта досліджень, а не є наслідком дискретизації неперервної системи. Доцільність використання дискретних по своїй природі моделей пояснюється такими їх особливостями:

- простотою математичного опису в порівнянні з неперервними моделями;
- наявністю суттєво ширшого спектру динамічних режимів, порівняно з відомими моделями;
- нескінченною вимірністю, що дозволяє моделювати кожен нову гармоніку процесу шляхом її введення у вектор змінних стану, тоді як для неперервних системах для вирішення цієї задачі необхідно підвищувати розмірність системи;
- відсутністю необхідності визначення кроку дискретизації, оцінки локальної і глобальної похибок чисельних методів, областей стійкості та синхронізації;

– кращою адаптованістю до постановки комп'ютерного експерименту, порівняно з неперервними моделями.

Власне моделі, дискретні за своєю природою є застосовні як до побудови пристроїв, що мають бажані режими, так і до розпізнавання та ідентифікації ситуацій у системах зі складною динамікою і поведінкою, якими є екологічні системи, що дозволяє підвищити ефективність їх роботи.

ЦІЛІ СТАТТІ. Метою даної статті є формування основних вимог та підходів до побудови моделей інтелектуального опрацювання даних в екоінформаційних систем для забезпечення якісного та автоматизованого процесу моніторингу навколишнього середовища та прийняття рішень щодо його захисту та розвитку. Однією із цілей статті є встановлення основних вимог до побудови екоінформаційних систем та обґрунтування доцільності використання сучасних компютерних технологій та програмних засобів для інтелектуального опрацювання даних. В роботі також визначено перспективні напрямки розвитку таких систем та напрями їх застосування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ.

На початку 1980-х років і впродовж наступних десяти років практично у всіх розвинених країнах світу було створено національні екоінформаційні системи, які охоплювали існуючі системи моніторингу природного середовища, а також системи збору і аналізу інформації про фізичне навантаження та стан здоров'я населення. У дев'яностих роках поява нових інформаційних технологій та розвиток мережі Internet зумовила об'єднання цих систем в єдину екоінформаційну систему, на серверах якої зберігають величезні обсяги інформації про стан навколишнього середовища, отримані за допомогою систем екологічного моніторингу.

Система моніторингу повинна містити такі технічні та інтелектуальні засоби:

- розпізнавання та ідентифікації об'єкта спостереження;
- збору апріорних даних про об'єкт спостереження;
- формування інформаційної моделі об'єкта дослідження;
- планування експерименту (натурного, лабораторного, числового, вимірювального);
- оцінки відповідності об'єкта спостереження його інформаційній моделі;
- прогнозу і передбачення поведінки досліджуваного об'єкта спостереження;
- подання інформації у зручній для користування формі;
- засоби інтелектуального опрацювання отриманих даних стосовно їх прикладних застосувань.

Основні цілі екологічного моніторингу полягають у забезпеченні системи управління природоохоронної діяльності та екологічної безпеки своєчасною і достовірною інформацією, що дає можливість оцінити стан навколишнього середовища, виявити причини та можливі наслідки змін його стану, а також визначити необхідні захисні дії [5]. За функціональним призначенням виділяють три види моніторингу навколишнього середовища: стандартний, кризовий, науковий.

Власне екоінформаційні системи охоплюють всі різновиди систем екологічного моніторингу і забезпечують систему управління і прийняття рішення повною і достовірною інформацією для екологічно безпечного розвитку на всій території, де поширюється їх дія.

Екоінформаційна система повинна забезпечувати розв'язання цілої низки задач:

- підготовка цілісної інформації про стан середовища, передбачення ймовірних наслідків суспільної діяльності та рекомендацій щодо вибору варіантів безпечного розвитку регіону для систем підтримки і прийняття рішення;
- моделювання процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі та можливих результатів ухвалених управлінських рішень;
- підготовка електронних карт, що відображають стан навколишнього середовища території;
- опрацювання і накопичення у базах даних результатів моніторингу та встановлення параметрів довкілля, найчутливіших до зміни його стану;
- обґрунтування доцільної мережі спостережень для регіональної системи екологічного моніторингу;
- обмін інформацією про стан навколишнього середовища з іншими екоінформаційними системами;
- надання даних для контролю за дотриманням прийнятих законів, для розвитку екологічної освіти, для засобів масової інформації та інше [6].

наявність засобів інтелектуального опрацювання отриманих даних стосовно їх прикладних застосувань.

Отже, екоінформаційні системи повинні бути зорієнтовані на комплексне використання результатів екологічного моніторингу, забезпечуючи перетворення первинних результатів спостережень у форму, придатну для управління та прийняття рішення, які сприяють усталеному розвитку як окремих регіонів, так і всієї планети. У міру переходу від первинних результатів екологічного моніторингу до знань про стан навколишнього середовища змінюються методи роботи з інформацією. В екоінформаційній системі можна виділити три рівні, орієнтовані на розв'язання різних задач екологічного моніторингу, які різняться методами роботи з екологічною інформацією. Верхній рівень складають програмні модулі для підтримки прийняття рішень, середній - програмне забезпечення, що дає змогу здійснити системний аналіз інформації про стан навколишнього середовища, нижній – модулі опрацювання первинної екологічної інформації [7]. На нижньому рівні екоінформаційної системи для зберігання даних про стан навколишнього середовища використовуються різні системи управління базами даних (СУБД) типу Oracle чи Microsoft SQL Server, а для опрацювання результатів спостережень застосовують різноманітні програмні продукти – електронні таблиці, пакети прикладних програм типу MathCAD, Surfer та інші. Зазначимо, що із прогресивним розвитком технологій програмування типу Silverlight, Flash, AJAX та сучасних мов програмування C++, C#, Java, Turbo-Prolog, Lisp [17] можливо швидко отримувати доступ до екоданих та візуалізувати їх із будь-якої точки Землі через зв'язок із глобальною мережею Internet. Така різноманітність програмного забезпечення зумовлена величезною кількістю різнопланових задач опрацювання результатів спостережень за станом довкілля, одержаних за допомогою тих чи інших методів екологічного моніторингу. На середньому рівні екологічної інформаційної системи для аналізу інформації про стан навколишнього середовища використовуються географічні інформаційні системи (ГІС). Ці системи, забезпечуючи введення, зберігання, передавання, модифікацію (видалення, додавання), опрацювання, аналіз і візуалізацію всіх видів географічно прив'язаної інформації, дають змогу систематизувати процес отримання інформації для управління природними ресурсами та їх захисту від неприродного напряму розвитку чи бездумного знищення

Для забезпечення підтримки прийняття рішень необхідний ще один етап роботи з інформацією, який дає змогу співвіднести одержані результати зі шкалою "істинне – хибне". Очевидно системи підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки доцільно створювати, спираючись на результати математичного та комп'ютерного моделювання. У межах таких математичних чи комп'ютерних моделей стає можливим зіставлення відомостей з різних джерел та прогнозування і передбачення наслідків того або іншого управлінського рішення. На сьогоднішній день методи математичного моделювання довкілля ще недостатньо розвинуті та апробовані, щоби їх результати можна широко використовувати для підтримки прийняття рішень у галузі екології та природоохоронної діяльності. Тому сьогодні накопичення знань, необхідних для підтримки прийняття рішень, ґрунтується на різних спрощених методиках оцінки дії на навколишнє середовище, таких, як методологія оцінки дії на довкілля, індикатори стійкого розвитку та інші [8].

Основні проблеми комп'ютерної ЕІС (КЕІС). Однією з пріоритетних задач при створенні систем екологічного моніторингу є проблема забезпечення оперативності роботи системи моніторингу. Важливість цієї проблеми очевидна, оскільки надто запізніле надходження інформації про стан навколишнього середовища не дасть змоги організувати його захист. Основним способом розв'язання цієї задачі є створення систем екологічного моніторингу водного середовища на основі комп'ютерних технологій опрацювання даних у реальному часі і застосування ефективних і швидкодіючих систем передавання даних.

Другою проблемою, що має місце при розробленні системи моніторингу, є його комплексність. Суть цієї проблеми зводиться до того, що більшість систем моніторингу, контролює не один, а декілька компонент навколишнього середовища. Таким чином, питання взаємозв'язку між розташуванням і регламентом роботи різних вимірювальних складових, а також опрацювання інформації, що поставляється ними стає актуальним. Проблема комплексності може бути вирішена на уявленні про взаємозв'язок компонентів навколишнього середовища і процесів, що у них відбуваються. Тому розташування і регламент роботи різних інформаційно-вимірювальних мереж слід скоординувати

Третьою проблемою є проблема репрезентативності отриманих результатів. Суть проблеми полягає в оптимізації вибору розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі і

інтервалів між вимірюваннями, інакше кажучи, Таким чином, раціональний вибір просторового і часового кроку дозволяє розв'язати цю проблему. Просторовий аспекти вирішення проблем комплексності і репрезентативності можна запропонувати у вигляді ландшафтного принципу розміщення ланок інформаційно-вимірювальної мережі. Хоча такий підхід дає ефект в межах однієї ЕІС і не означає повної ідентичності розміщення вимірювальних ланок різних інформаційно-вимірювальних комплексів різних ЕІС. Питання про вибір часового кроку для отримання достовірних вхідних параметрів вирішується на основі наявних даних про часову мінливість параметрів, що вивчаються, а також обмежень на швидкість їх зміни і частоту.

Четверта проблема – це проблема адаптивності. При побудові системи моніторингу доцільно скористатися принцип адаптивної структури. Його суть полягає у тому, що система моніторингу змінює свою організацію (розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі, регламент їхньої роботи, процедури опрацювання інформації, прийняття рішень) на підставі аналізу одержаних системою даних.

П'ята проблема – інтелектуалізація ЕІС для забезпечення прийняття нею достовірного рішення про стан довкілля та вироблення коректних керуючих дій. Тобто у склад КЕІС входить підсистема прийняття рішень та керування станом оточуючого середовища, динамічні бази даних, що постійно оновлюються (бази знань), та набір моделей і правил виведення логічних висновків. По суті справи, ця підсистема утворює експертну систему, поведінка якої близька до поведінки людини-експерта з даної предметної галузі. Проте, оскільки мова йде про опрацювання надзвичайно великих обсягів інформації в стислі проміжки часу, то переваги експертної системи є очевидними, порівняно з людиною експертом. До них слід віднести

- відсутність суб'єктивності, упереджень та поспішності при прийнятті рішень та висновків;
- системний, логічно-послідовний підхід до виконання поставленого завдання, що забезпечує після опрацювання всієї заданої (введеної у комп'ютерну систему) інформації вибрати єдино правильне (найкраще за заданим критерієм) рішення з усіх можливих альтернатив, незалежно від їх кількості;
- база даних (статична) і знань (динамічна) КЕІС є надмірно великою і постійно зберігається у пам'яті комп'ютера. В той же час людина володіє обмеженою базою даних і є фахівцем у конкретній галузі знань, які при їх довгому не використанні забуваються і можуть бути втрачені назавжди;
- експертні системи не піддаються впливу зовнішніх чинників, які безпосередньо не пов'язані з розв'язуваною задачею;
- експертні системи не можуть замінити спеціаліста конкретної предметної області, а є лише інструментальним засобом для розв'язання конкретної задачі.

У експертній системі слід передбачити коментарі, зрозумілі фахівцю у цій галузі, про спосіб розв'язання поставленої задачі з метою перевірки достовірності отриманих результатів фахівцем з математичної статистики [8]. Розроблення експертних систем, призначених для опрацювання даних, стикається зі значними складностями. Інтелектуалізація комп'ютерного опрацювання первинної інформації про навколишнє середовище ґрунтується, з одного боку, на ідеях і методах конкретної галузі знання, для якої створюється система опрацювання даних. З іншого боку, у комп'ютерній системі опрацювання даних використовуються різноманітні методи прикладної математики, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії розв'язання обернених задач, теорії інформації, комп'ютерних систем і мереж, алгебри логіки, штучного інтелекту та інше. Очевидно, при розробленні експертних систем опрацювання даних, з одного боку, доводиться враховувати особливості методик виконання, вимірювання та методів проведення розрахунків, а з іншого – обмеження математичних алгоритмів обробки, що вимагає участі доволі великого колективу професіоналів – фахівців у цій галузі, а також: математиків, програмістів, фахівців з розроблення експертних систем. Все це зумовлює високу вартість розроблення. Тому за наявності величезної кількості систем загального призначення – пакетів для статистичного опрацювання даних, електронних таблиць, існує зовсім невелика кількість експертних систем, здатних на інтелектуальному рівні розв'язувати конкретну прикладну задачу чи реалізовувати інтелектуальну обробку даних з метою отримання нових знань та управлінських рішень.

Підходи до вибору та побудови моделі інтелектуальної обробки даних в ЕІС. Під час розроблення екоінформаційної системи важливим є вибір методики та способу зберігання та обробки даних. При створенні моделі даних, тобто способу цифрового опису просторових

об'єктів, слід врахувати усі вхідні та вихідні параметри, їх структуру, методи збору, способи збереження, кодування, передавання, обробки та візуалізації даних. Вибір способу організації даних ЕІС має важливе значення, оскільки безпосередньо визначає функціональні можливості створеної ЕІС, а також придатність тих чи інших технологій отримання та запису даних. Від вибору моделі даних залежить як просторова точність представлення графічної частини інформації, так і можливість отримання якісного картографічного матеріалу і організація контролю карт

за екологічною обстановкою. Від способу організації даних ЕІС великою мірою залежить також швидкодія системи. Як правило, всі дані розмежовані та утворюють свого роду рівні. Загалом усі рівні подання даних утворюють ієрархію, яку можна класифікувати та виділити як окремі частини ЕІС, що зображено на рис. 1. Модель даних [9], у нашому випадку є загальною концепцією організації даних у екоінформаційній системі, які являють собою створені та готові до відображення та перетворення на результат дані. До таких даних можна віднести як окремі об'єкти візуалізації, так і статистичні дані, що містять інформацію про стан навколишнього середовища. Рівень зв'язку даних є проміжним рівнем між сховищем і моделлю даних, відповідно і призначений для зв'язку. Зазвичай це матриці перетворення, векторні дані, посилання, списки та інші специфічні для кожної з ЕІС способи структурування даних. Структури даних – це найнижчий рівень, який максимально деталізує модель даних, та уможливує нормалізацію даних. До цього рівня слід віднести структури файлів, баз даних та типи даних.



Рис. 1. Підхід до подання даних у ЕІС

Елемент кожної моделі даних повинен містити ідентифікатори, атрибути, прив'язку до просторово-часових моделей даних, а також функції перетворення та обробки даних. Ідентифікатор – це один із основних параметрів, що бере участь у структуруванні даних. Його призначення – це формування певних ознак, інформації про об'єкт, яка може динамічно змінюватись, незважаючи на статичність самого об'єкта. Кожний об'єкт має містити власні атрибути, у яких визначаються базові властивості (наприклад: температура, вологість, тиск, площа, об'єм, маса, швидкість тощо). Оскільки кожний об'єкт може бути як окремим елементом простору, так і конкретним шаром, то потрібна чітка прив'язка до простору та часу. Для моделювання складної ЕІС недостатньо мати інформацію лише про структуру та позицію об'єкта [10]. Іноді може постати гостра проблема визначення реакції груп об'єктів на певні штучно зсимульовані ситуації. Для цього слід використовувати вбудовані методи поведінки об'єктів, що для кожного із багатьох є специфічними. Для приклада можна розглянути модель каменепаду. Кожен із каменів подається багатогранною фігурою. Кожна грань опуклого багатогранника може бути основою, якщо його поставити на горизонтальну поверхню. У правильного багатогранника центр ваги розташований всередині, так що він стійкий, якщо поставити його на будь-яку грань. Неправильні багатогранники можуть бути нестійкі, якщо встановлені на певні грані, тобто якщо їх поставити паралельно до основи, вони будуть перевертатися, а отже, неможливо застосовувати ті самі правила для складних фігур. Використання вбудованих методів поведінки дасть максимально чіткі результати при симуляції складних процесів. Завдяки вбудованим методам можна також спростити симуляцію процесів всередині ЕІС, розглядаючи її як одну із функцій ЕІС. Маючи можливість об'єднання різноманітних моделей даних [11] та їх структур у інші, можна створювати новий тип або модель даних. Створювана модель даних може бути кінцева та проміжна. Проміжний тип даних призначений для тимчасового утримання цих даних та подальшого формування іншої моделі даних. Відповідна кінцева модель даних – це модель, що отримана в результаті розрахунків і може бути використана для візуалізації окремих тематичних наборів об'єктів. Відповідно до кожного із типів даних, інформацію слід зберігати роздільно, дотримуючись чіткої ізоляції рівнів, щоб запобігти отриманню хибних результатів. Екологічна інформаційна система має зберігати передовсім базові дані та дані, специфічні для конкретної ЕІС. Усі дані зберігаються у базах даних, що можливо умовно розділити на такі типи:

а) база екоданих – це просторова база даних, що містить набори даних, які відображають екологічну інформацію у контексті загальної моделі даних ЕІС. До цих даних слід віднести векторні об'єкти, векторні зображення, растри, топологію, мережі, тривимірні об'єкти, а також усі об'єкти, що входять до складу тематичних наборів даних і є однією зі складових моделі даних ЕІС;

б) база ековізуалізації – це набір інтелектуальних карт, які показують просторові об'єкти та функціональну взаємодію між об'єктами на земній поверхні. У цій базі можуть бути побудовані різні види карт і можуть використовуватися як "вікна в базу даних" [12] для підтримки запитів, аналізу та редагування інформації;

в) тип екообробки ЕІС – це набір інструментів для одержання нових наборів екологічних даних з наявних наборів даних. Функції просторових даних отримують інформацію з наборів даних, застосовують до них аналітичні функції і записують одержані результати в нові похідні набори даних. Прикладом може бути специфічний тематичний шар, для створення якого було відібрано дані інших тематичних шарів.

Для приклада, на сьогодні уже створені бази даних географічної ІС (ГІС). Так в програмному забезпеченні ESRI® ArcGIS® ці три види баз даних подані каталогом (ГІС як колекція наборів геоданих), картою (ГІС як інтелектуальний картографічний вид) і набором інструментів (ГІС як набір інструментів для інтелектуальної обробки просторових даних). Всі вони є невід'ємними складовими повноцінної ГІС і більшою чи меншою мірою використовуються у всіх ГІС-додатках.

Якщо комплексно розглядати ЕІС як одне ціле, то це особливий тип бази даних про навколишній світ – екологічна база даних (база екоданих), основою якої є структурована база даних, яка описує світ, та об'єкти, наявні в ньому, у географічному, економічному, кліматичному, ландшафтному, соціальному та інших аспектах. Створюючи дизайн бази екоданих ЕІС, визначають, як відобразатимуться різні просторові об'єкти. Наприклад, земельні ділянки зазвичай представляються як полігони, вулиці – як центральні лінії, свердловини – як точки тощо. Ці об'єкти групують у класи об'єктів, в яких кожен набір має єдине екологічне відображення. Кожен набір даних ЕІС дає просторове уявлення про якийсь аспект навколишнього світу, включаючи:

- впорядковані набори векторних об'єктів (набори точок, ліній та полігонів);
- набори растрових даних, такі як цифрові моделі рельєфу місцевості або зображення лісу;
- просторові мережі, такі як сільськогосподарські угіддя, водойми, ліси, виробничі комплекси;
- топографію місцевості та інші трьохвимірні об'єкти;
- набори даних екологічного аналізу та статистичної їх обробки;
- інші типи даних, такі як, назви вулиць, амбулаторні картки населення міст і сіл, картографічна інформація та будь-яка інша інформація, необхідна для певного тематичного шару.

Але призначення ЕІС – не лише операції зі статичними даними, але і синтез власних динамічних даних. Як приклад можна розглянути віртуально підвищений рівень опадів у певному регіоні, для перевірки міцності та надійності захисних дамб на прилеглих річках, тим самим запобігаючи екозагрозам. Для таких оцінок потрібно використовувати не лише програмну частину, а й апаратну у вигляді датчиків, сенсорів тощо. Моделюючи тематичні ландшафти на основі показників, отриманих під час дистанційного зондування, можна проаналізувати ситуації у регіонах. Такі тематичні ландшафти можуть відображати інформацію у різні моменти часу, оскільки мають просторово-часову прив'язку. Це дає змогу, аналізуючи дані за певні періоди, передбачати і прогнозувати ситуації.

Зазвичай дані є основою формування нових даних, які отримують через спеціальні функціональні залежності:

$$Data_n = Data + F(x),$$

де $Data_n$ – нові дані, $Data$ – існуючі дані; $F(x)$ – функціонал обробки вхідних даних x .

Інструментальна база ЕІС дозволяє виконувати багатокрокові операції. Інструменти перетворення застосовують операції до вже наявної інформації з метою отримання нових даних. Середовище екообробки використовують у ЕІС для послідовного виконання серії таких операцій. Операції, з'єднані в єдиний ланцюжок, формують модель процесу обробки даних. Така єдина послідовність виконання операцій потрібна в ЕІС для автоматизації виконання багатократних завдань екообробки. Розробка і застосування подібних процедур і називається екообробкою даних. Екообробка використовується для моделювання процесів передачі даних з однієї структури в іншу з метою виконання багатьох стандартних задач ЕІС, зокрема, для імпорту даних з різних форматів,

інтегрування цих даних в ЕІС, для стандартних процедур перевірки якості імпортованих даних. Можливість автоматизації та повторного виконання таких робочих процесів є перевагою ЕІС. Вона широко застосовується у численних ЕІС-додатках і сценаріях роботи з даними. Механізм, який використано для побудови робочих потоків при екообробці, повинен виконувати ряд команд в певній послідовності. Користувачі екоінформаційних систем мають мати можливість моделювати графічні процеси за допомогою інтерфейсів, що відповідають за візуалізацію. Складною вимогою до таких інтерфейсів у екоінформаційній системі є можливість інтеграції скриптів, що побудовані на певній, специфічній у межах однієї ЕІС мові програмування. Користувачі повинні мати можливість писати власні скрипти за допомогою таких інструментів програмування, як Python, VBScript і JavaScript. Екообробка широко використовується на всіх етапах роботи з ЕІС для автоматизації та компіляції даних, управління, аналізу і моделювання даних або їх подання, що пов'язано з кількістю вихідної інформації. Однак база даних ЕІС все одно має залишатися доступною для підтримки щоденної роботи і поточних оновлень, а користувачі повинні мати можливість звертатися до своїх версій та до версії загальної бази даних ЕІС. Розподілена сутність ЕІС передбачає широкі можливості для взаємодії між багатьма організаціями і системами опрацювання екологічної інформації. Співпраця та спільна робота користувачів дуже важливі для створення єдиної ЕІС. Багато екологічних наборів даних можуть компілюватися і керуватися як загальний інформаційний ресурс і спільно використовуватися спільнотою користувачів. До того ж користувачі ЕІС мають власне бачення того, як можна здійснювати обмін популярними наборами даних через web-сайти. Ключові web-сайти, що є порталами каталогів ЕІС, надають можливість користувачам як викладати власну інформацію, так і шукати доступну для використання екологічну інформацію. У результаті ЕІС-системи все більше приєднуються до "Всесвітньої павутини" і отримують нові можливості обміну і використання інформації. Це бачення вкоренилось у свідомість людей за останнє десятиліття і знайшло відображення в таких поняттях, як Національна інфраструктура просторових даних (NSDI) і Глобальна інфраструктура просторових даних (GSDI) [12]. Ці концепції постійно розвиваються і поступово впроваджуються, причому не тільки на національному та глобальному рівнях, але також на рівні різних муніципальних утворень. В узагальненому вигляді ці концепції інтегровані в поняття інфраструктури просторових даних (SDI, Spatial Data Infrastructure) [13].

Перспективи розвитку та застосування ЕІС на основі комп'ютерних технологій.

Результати проведеного аналізу вимог та підходів до побудови екоінформаційних систем засвідчують доцільність застосування комп'ютерних інструментальних засобів формування вхідних даних та їх інтелектуальної обробки з метою отримання нових даних та вироблення управлінських команд та формування рішень про стан екологічної системи та необхідних заходів для її корегування.

Одним з найбільш вузьких місць при розробленні KEIC є неповнота наборів достовірних і вивірених моделей опрацювання вхідних та вихідних сигналів, надійних повністю автоматизованих систем прийняття рішень [14] та універсальних інтелектуальних інтерфейсів спряження даних різного формату.

Оскільки ЕІС – це інформаційна системи, яка поєднує комплекс функцій, таких як отримання, зберігання, кодування, передавання, обробка, аналіз, захист та візуалізація територіально-орієнтованої інформації та екопросторових даних, які можуть бути використані при побудові інших інформаційних систем. У межах ЕІС провадяться дослідження не тільки над отриманою екологічною інформацією про навколишнє середовище, а і над усіма процесами та явищами на земній поверхні, економіці та у суспільстві. Проблеми, які вирішуються з використанням KEIC, з успіхом можуть бути використані для забезпечення ефективності економічного розвитку регіону, створення та ведення кадастрів природних ресурсів та нерухомості, здійснення екологічного моніторингу та природоохоронних заходів, запобігання та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій [18], забезпечення містобудівної діяльності, побудові систем розпізнавання та ідентифікації невідомих об'єктів [15-17], управління освітою, медициною, енергетикою, транспортом, житлово-комунальним господарством, сферою послуг, рекреаційно-туристичним комплексом, земельними ресурсами, сільським господарством, водними та лісовими запасами, корисними копалинами та іншою сировинною базою. Потреба в інтелектуальному опрацюванні даних є стимулом для користувачів отримувати нові дані достовірними і швидкодіючими способами, зокрема, додаючи частини баз даних для своїх ЕІС на основі даних інших розробників та користувачів. Функціональні перетворення отриманих даних і видобування з

них нових доцільно реалізувати використовуючи аплікативні мови програмування, системні підходи до використання яких опсано в роботі {17}.

ВИСНОВКИ. В даній роботі описано основні вимоги та підходи до побудови екоінформаційних систем з метою забезпечення достовірного моніторингу навколишнього середовища та захисту його від кризових ситуацій та створення комфортних умов життя і праці населення регіону.

Розглянуто підходи до створення моделі інтелектуальної обробки даних в екологічних інформаційних системах, запропоновано системний підхід для інтелектуального опрацювання даних в екоінформаційних системах, який полягає у систематичному зборі статистичних даних про навколишнє середовище та їх функціональному перетворенні стосовно прикладної сфери застосування. Відзначено основні напрями подальшого розвитку екоінформаційних автоматизованих систем та вказані напрями їх ефективного застосування.

1. Шарковский С.Ф., Коляда А.Г., Сивак В.В., Федоренко А.Н. Динамика одномерных отображений. Киев: Наук. думка, 1989.– 216 с.
2. Заяць В.М. Построение и анализ модели дискретной колебательной системы // Кибернетика и системный анализ, № 4.– 2000.– С. 161-165.
3. Заяць В.М. Дискретні моделі коливних систем для аналізу їх динаміки Львів: Вид-во УАД, 2011.– 278 с.
4. Заяць В.М. Аналіз динаміки та умов стійкості дискретних моделей коливних систем. Вісник НУ „Львівська політехніка” "Інформаційні технології та мережі", № 519.– 2004. – С. 132-142.
5. Погребенник В., Мельник М., Бойчук М. Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи // Вимірювальна техніка та метрологія. – Вип. 65. – Львів, 2005. – С. 164–171.
6. Экоинформатика. Теория. Практика. Методы и системы / Под ред. академика РАН В.Е. Соколова. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 520 с.
7. Www.dux.ru/eco/handbook/WIN / Растоскуев В.В. Информационные технологии экологической безопасности, 2000. – 225 с.
8. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998.– 228 с.
9. Інформатизація космічного землезнавства / Під ред. О.І. Калашикіна, Л.В. Сивай. – К.: Наукова думка, 2001 – 606 с.
10. Красовский Г.Я. Петросов В.А. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. – К.:Наукова думка, 2003. – 224 с.
11. Крета Д.Л., Перминова С.Ю. Особенности синтеза системы картографического обеспечения управления экологической безопасностью в Херсонской области // Ученые записки Таврического национального университета. – Симферополь, 2007.– Т.20 (59), №1.– С. 90–97.
12. Постанова Кабінету Міністрів України № 1198 від 3 серпня 1998 року "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру".– 11 с.
13. Волошкіна О.С., Перминова С.Ю., Романенко Г.М. До питання розрахунку міграції забруднюючих речовин в межах зон санітарної охорони підземних водозаборів // Екологія і ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2007. – №16. – С.69–83.
14. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. — М.: Финансы и статистика, 1998. – 228 с.
15. В.М. Заяць, М.М. Заяць. Математичний опис системи розпізнавання користувача комп'ютера. Збірник "Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології", № 2.–2005.– 146-152.
16. К. Фукунага. Введение в статистическую теорию распознавания: М.: Наука, 1979. - 512 с.
17. В.М. Заяць. Логічне і функціональне програмування. Системний підхід. Рівне: НУВГП, 2018.- 402 с.
18. Мохаммада Ракан Абед Алнабі Альджаафрех. Математичне моделювання та обчислювальні методи дослідження ергатичних систем з динамічним захистом. Дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.-Харків: ХНУРЕ, 2018.- 151 с.

УДК 616.082

Ковалишин О.С.

Національний університет «Львівська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗКЛАДІВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ТЕРАПІЇ

Ковалишин О.С. Інформаційна технологія оптимізації розкладів відновлювальної терапії. В роботі встановлено, що для побудови розкладів використовують ряд методів, починаючи від ручного планування і математичного програмування з обмеженнями, закінчуючи використанням засобів штучного інтелекту. Розроблено інформаційну технологію автоматизованої побудови та оптимізації розкладів відновлювальної терапії. Обґрунтовано вибір методів і засобів для реалізації програмного комплексу. Охарактеризовано архітектуру системи, структуру бази даних для збереження результатів роботи системи, а також основні компоненти графічного користувацького інтерфейсу.

Ключевые слова: клініка, розклад, побудова розкладу, оптимізація розкладу

Ковалишин О.С. Информационная технология оптимизации учреждений восстановительной терапии. В работе установлено, что для построения расписаний используют ряд методов, начиная от ручного планирования и математического программирования с ограничениями, заканчивая использованием средств искусственного интеллекта. Разработана информационная технология автоматизированного построения и оптимизации расписаний восстановительной терапии. Обоснован выбор методов и средств для реализации программного комплекса. Охарактеризованы архитектуру системы, структуру базы данных для хранения результатов работы системы, а также основные компоненты графического пользовательского интерфейса.

Ключові слова: клініка, расписание, построение расписания, оптимизация расписания

Kovalyshyn O.S. Information technology of rehabilitation institutions schedules optimisation. In the work it is established that for the construction of schedules, there are a number of methods, from manual planning and mathematical programming with constraints, ending with the use of means of artificial intelligence. The information technology of automated construction and optimization of regenerative therapy schedules is developed. The choice of methods and means for implementation of the software complex is substantiated. The architecture of the system, the structure of the database for maintaining the results of the system as well as the main components of the graphical user interface are described.

Key words: clinic, schedule, scheduling, optimization of the schedule

Вступ. Функціонування клінік, а також якісне обслуговування в них пацієнтів значною мірою залежить від розкладу їх роботи.

Складання розкладу функціонування клініки є надзвичайно трудомістким процесом, що враховує низку обмежень та факторів: наявність кваліфікованих лікарів; відповідність отриманих медичних послуг послідовності плану терапії пацієнтів; наявність відповідного медичного обладнання на момент проведення лікування; необхідність спеціалізованих приміщень для проведення процедур тощо. Розклад можна назвати оптимальним за умови повної реалізації обмежень предметної області, ефективного використання наявних ресурсів, врахування побажань пацієнтів та персоналу клініки, відповідності процесу лікування сформованим планам [1].

Якщо під час його складання розкладу не враховані в повному обсязі вимоги до планів реабілітації, або не задоволені обмеження якості лікування знижується. Це в свою чергу істотно позначається на якості медичних послуг. Поряд з наведеними вище обмеженнями доцільним є задоволення побажань пацієнтів [2].

Беручи до уваги той факт, що в більшості українських клінік складання розкладу відбувається вручну, а також враховуючи надзвичайну складність урахування всіх обмежень, велику увагу необхідно приділяти автоматизації процесу його складання.

Постановка наукової проблеми. Складання та оптимізації розкладів відноситься до класу NP-повних задач [3,4]. Для їх розв'язку за поліноміальний час залежно від розмірності не існує ефективних детермінованих методів вирішення. Тому для такої категорії завдань використовуються наближені методи, які дозволяють скласти субоптимальний розклад [4,5], зокрема: метод імітації відпалу металу; метод розфарбування графу; метод генетичного алгоритму тощо. Значна кількість існуючих методів, а також можливості їх конфігурації значною мірою впливають на результати роботи, пов'язані із складанням розкладу. Через це розробка універсальної інформаційної технології вирішення задачі побудови та оптимізації розкладів є актуальною проблемою і потребує ефективного вирішення.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Задачу побудови розкладу розглядають як процес, що реалізує функцію розподілу деяких процедур у часі. Оптимальний розклад дозволить отримати максимальний ефект від

раціонального використання наявних в клініки ресурсів, збільшити кількісні та якісні показники лікування, підвищити рівень задоволеності працівників та пацієнтів.

Для його побудови необхідно використовувати методи, які в тому чи іншому вигляді потребують наявності коректної першопочаткової (опорної) вибірки. Часто її генерація виконується випадковим чином, що в даній ситуації не може бути виконано, зважаючи на набір обов'язкових обмежень, накладених предметною областю [6,7].

З іншої сторони, множина обмежень є детермінованою, набір необхідних операцій для створення розкладу та їх порядок є визначеними.

Відповідно до цього стає реальністю розробка системи, що дозволить задовольнити базові обмеження та дасть можливість побудувати опорну вибірку. Беручи до уваги необхідність використання системи великою кількістю користувачів, доцільним є застосування розподіленої архітектури програмного комплексу. Для реалізації таких систем існують два розповсюджені способи: використання "товстого" та "тонкого" клієнта.

Спосіб "тонкого" клієнта має низку переваг, зокрема:

- можливість легкої інтеграції зі сторонніми додатками;
- можливість масштабування за вимогою (під час використання хмарних ресурсів);
- кращий рівень безпеки та вища стійкість проти відмов;
- простіша підтримка клієнтів
- незалежність від апаратної архітектури та операційної системи клієнтів;
- необхідність у підтримці лише однієї операційної системи та набору сторонніх допоміжних ресурсів і додатків;
- простота у додаванні нового функціоналу та розмежування доступу клієнтів до різних частин ужитку;
- висока швидкість розробки.

З огляду на наведений вище перелік переваг та особливості даного програмного продукту було зроблено вибір на користь використання саме "тонкого" клієнта.

Програмний комплекс системи оптимізації планів відновлювальної терапії представляє собою трирівневу архітектуру, що складається із клієнтського середовища, сервера застосувань, а також сервера бази даних.

Компонентами програмного комплексу системи оптимізації планів відновлювальної терапії є: web-сервер; сервер бази даних; сервер безперервної інтеграції; система контролю версій; сервер застосувань; сервер представлення клієнтської інформації/

Web-сервер. В даній роботі використано хмарний сервіс OpenShift, що надається компанією RedHat. Він дозволяє швидко налаштувати середовище для розгортання програмних продуктів шляхом вибору картриджів (віртуальних робочих станцій) для мови програмування та пов'язаних ужитків. Картриджі будуються на основі готових шаблонів, що забезпечує швидке розгортання програмних комплексів. В залежності від апаратних та програмних вимог картриджі можна конфігурувати чи компонувати з вже існуючими нові картриджі.

Сервер бази даних. Для роботи з даними обрано сервер MongoDB, що дозволяє швидко та зручно маніпулювати з даними великого об'єму. Перевага використання даної бази в тому, що вона є компактною і надає можливість дублікування записів, що зменшує ризик втрати даних, оскільки її структура є розподіленою та зберігається в декількох місцях. Також MongoDB забезпечує можливість зміни структури даних в процесі розгортання нових версій програмних комплексів за рахунок гнучкої схеми записів.

Сервер безперервної інтеграції. Для безперервної інтеграції обрано сервер Jenkins, що забезпечує легкість здійснення розгортання нових версій програмного комплексу. Перевагою використання саме цього продукту є підтримка його від спільноти, що забезпечує стабільне оновлення версій. Також Jenkins забезпечує гнучку конфігурацію та розширення власного функціоналу за рахунок використання плагінів.

Система контролю версій. Для зберігання вихідного програмного коду використано GIT та сервер контролю версій Bitbucket. GIT займає лідируючі позиції та зарекомендував себе як надійна системи контролю версійності коду. Bitbucket є одним із найбільших репозиторіїв для спільної розробки програмного забезпечення. Він дозволяє переглядати збережений код, має функцію підсвічування синтаксису для різних мов програмування.

Сервер застосувань. В його основу покладені методи побудови оцінки та оптимізації розкладів.

Сервер представлення клієнтської інформації. В даній роботі використано сервер Node JS, що дозволяє швидко побудову функціональних клієнтських представлень реального часу.

Принцип роботи архітектури програмного комплексу на рівні адміністратора представлено на рис 1.

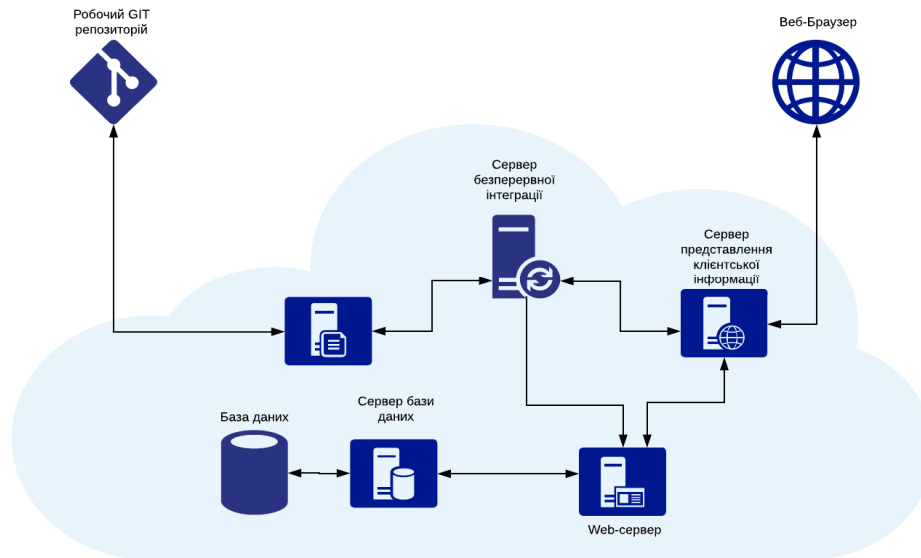


Рис. 1. Архітектура програмного комплексу оптимізації планів відновлювальної терапії

Робота клієнтів з програмним комплексом починається із запитів до сервера побудови представлення, що буде графічний інтерфейс для клієнтів. Запити зроблені через графічний інтерфейс і надходять до сервера застосувань через web-сервер. Дані, які оброблюються сервером застосувань, передаються до сервера баз даних для зберігання.

Сервер застосувань включає в себе наступні структурні рівні: рівень представлення даних; рівень бізнес логіки; рівень доступу до даних.

Рівень представлення даних відповідає за конвертування кінцевої інформації для представлення її на стороні клієнта. Цей рівень реалізований за допомогою REST-контролерів, що є частиною програмної екосистеми Spring Framework.

Бізнес рівень реалізує основну логіку роботи програмного комплексу. Він реалізований за допомогою сервісів Spring Framework.

Рівень доступу до даних містить в собі реалізацію методів доступу до колекцій бази даних та класи безпосередньої роботи з ними.

Рівень доступу до даних та бізнес рівень використовують наскрізну функціональність, яка містить в собі основні рішення, що впливають на роботу декількох рівнів (Cross-cutting).

Обґрунтування вибору технологій. В ході реалізації програмного комплексу оптимізації планів відновлювальної терапії було використано наступні технології:

- мова програмування високого рівня Java версії 1.8;
- NoSQL база даних MongoDB;
- платформа Java Enterprise Edition;
- Spring Framework.

В якості інтегрованого середовища розробки було використано IntelliJ Idea версії 2016. Дане середовище надає можливість автоматизованого генерування діаграм класів та має широкий спектр різних засобів інтеграції з аналогічними для розробки програмного забезпечення як системи контролю версій, web-сервера, покриття коду тощо.

Для побудови проекту та узгодження залежностей між зовнішніми бібліотеками використано систему автоматичної збірки проектів Gradle.

Java – об'єктно-орієнтована мова програмування з C-подібним синтаксисом. Основною перевагою Java є незалежність від типів операційних систем та їх архітектури, тобто, код

написаний на Java, можна запускати на більшості з наявних платформ без змін у початковому коді та їх перекомпіляції.

Платформа Java Enterprise Edition надає методи і засоби виконання для розробки та запуску корпоративного програмного забезпечення, такого як мережеві сервіси, web-сервіси, системи розподіленого типу тощо.

Spring Framework – універсальний комплекс програмних бібліотек з відкритим вихідним кодом для Java-платформи. Spring MVC – модуль Spring Framework, що базується на сервлетах та дає можливість розробляти web-орієнтовані прикладні програми і REST-сервіси. Його архітектура поділяє систему на три частини: модель даних, вигляд даних та керування. Ця архітектура застосовується для відокремлення даних від інтерфейсу користувача, щоб його зміни мінімально впливали на роботу з даними, а зміни в моделі даних могли здійснюватися без змін інтерфейсу користувача. Spring Data – модуль Spring Framework для здійснення роботи з серверами баз даних. Перевагою його використання є абстракція від кінцевого типу бази даних, що використовується програмним комплексом.

MongoDB – нереляційна (NoSQL) система управління базами даних. Вона була створена у відповідь на обмеження традиційної технології реляційних баз даних. У порівнянні з ними бази даних MongoDB дозволяють краще масштабування та забезпечують вищу продуктивність, їх модель усуває недоліки реляційної моделі та характеризується наступними перевагами:

- висока документоорієнтованість, оскільки MongoDB не вимагає наявності чітко визначеної схеми даних. Кількість полів, вміст та розмір документа може відрізнитися від одного документа до іншого;

- не вимагає розробки складних операторів об'єднання даних з різних таблиць;

- підтримує динамічні запити до документів, використовуючи мову запитів таку ж потужну, як SQL;

- усуває необхідність використання систем об'єктно-реляційного відображення, тим самим підвищує швидкодію;

- забезпечує можливість використання індексів, побудованих на будь-яких полях документів, що пришвидшує пошук та запис даних.

MongoDB використовується для реалізації складних корпоративних систем з потребами високої швидкодії, наприклад: систем аналізу фінансових даних; моніторингу ринків інвестицій; міжнародних платіжних платформ; систем медичної інформації тощо.

Процес побудови та оптимізації розкладу.

Інтерфейс користувача (рис. 2) програмного комплексу містить: меню користувача програми (1); головне меню програми (2); мультитекран (3), який залежно від конфігурації (4) може складатись зі списку усіх пацієнтів клініки або тільки пацієнтів поточного користувача; обладнання, закріплене за поточним користувачем; розклад функціонування клініки або лише процедуру поточного користувача. Головне меню програми дозволяє навігацію від мультитекрану поточного користувача до конкретних функціональних екранів системи. Побудова та оптимізація розкладу здійснюються на екрані «Розклад», що складається з форм побудови розкладу для заданих відрізків часу, його оптимізації для певних часових відрізків, списку лікувальних приміщень, а також календаря для наочної репрезентації робочого графіку клініки. Перехід до екрану «Розклад» виконується з головного меню програми. Побудова та оптимізація розкладу здійснюється на основі даних, попередньо введених на екран «Пацієнти» за допомогою внутрішніх алгоритмів та обмежень, введених у систему.

Для початку побудови розкладу необхідно ввести дати початку та закінчення часового відрізка побудови розкладу, форми побудови розкладу та натиснути лівою клавішею миші на кнопку «Збудувати». Після закінчення роботи алгоритму результати будуть відображені на вбудованому календарі системи.

Для оптимізації розкладу необхідно ввести дати початку та закінчення часового відрізка оптимізації розклад та натиснути лівою клавішею миші на кнопку «Оптимізувати». Після закінчення роботи алгоритму оптимізації результуючі зміни в розкладі відобразяться на календарі.

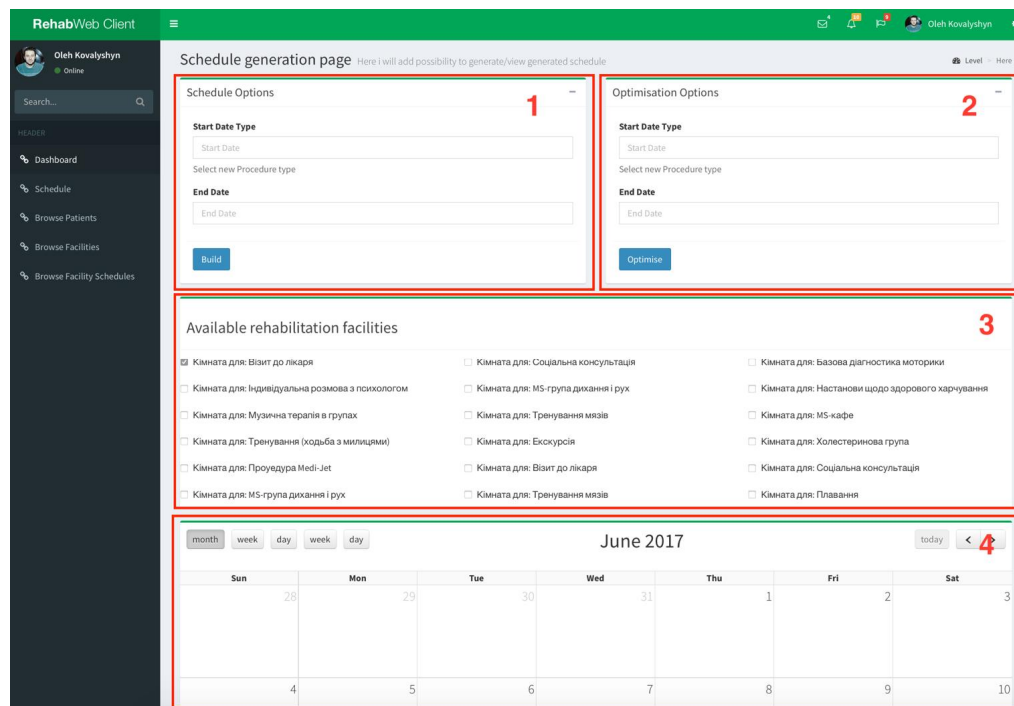


Рис. 2. Графічний користувацький інтерфейс побудови та оптимізації розкладів відновлювальної терапії

Розклади отримані в процесі побудови та оптимізації автоматично зберігаються до бази даних, та стають автоматично доступними всім користувачам системи з відповідними правами доступу.

Висновки. 1. Враховуючи надзвичайну складність урахування всіх обмежень до планів реабілітації клінік, підвищення рівня вдовolenості їх пацієнтів від отриманих медичних послуг особливу увагу необхідно приділяти автоматизації процесу його складання.

2. Запропонований програмний комплекс є основою інформаційної технології автоматизованої побудови та оптимізації розкладів відновлювальної терапії. В ході його реалізації було використано наступні технології: мова програмування високого рівня Java, нереляційна база даних MongoDB, платформа Java Enterprise Edition, Spring Framework.

3. Використана для реалізації програмного комплексу архітектура "тонкого клієнта" забезпечує його універсальність, незалежність від апаратної архітектури та операційних систем клієнтів, простоту додавання нового функціоналу, а також високу безпеку та стійкість проти відмов.

4. Наведений опис основних вікон та елементів інтерфейсу користувача служить для клієнтів рекомендаційним та методичним матеріалом, який дозволяє їм використовувати розроблений програмний комплекс.

1. Епифанов В. А., Епифанов А. В. Реабилитация в неврологии/ В.А. Епифанов.- ГЭОТАР-Медиа, 2014.- 416 с.
2. Іпатов. А. В. Основні показники інвалідності та діяльності медико-соціальних експертних комісій України за 2014 рік. / А. В. Іпатов, О. М. Мороз, В. А. Голик, Р. Я. Перепелична, І. Я. Ханюкова, Ю. І. Коробкін, Р. М. Молчанов, Г. М. Маловичко, Н. О. Гондуленко, Н. А. Саніна // Основні показники інвалідності та діяльності медико-соціальних експертних комісій України за 2014 рік: Аналітико-інформаційний довідник / За ред. начальника відділу медико-соціальної експертизи Департаменту медичної допомоги МОЗ України С. І. Черняка. – Дніпропетровськ: Роял- Принт, 2015. – 167 с.
3. Бурдюк В.Я., Шкурба В.В. Теория расписаний. Задачи и методы решений / В.Я. Бурдюк // Кибернетика. – 1971. – № 1. – С. 89-102.
4. Гафаров Е.Р., Лазарев А.А. Доказательство NP-трудности частного случая задачи минимизация суммарного запаздывания для одного прибора/ Е.Р. Гафаров //Известия АН: Теория и системы управления. – 2006.– № 3.– С. 120–128.
5. Лазарев А.А., Кварацхелия А.Г., Гафаров Е.Р. Алгоритмы решения NP-трудной проблемы минимизации суммарного запаздывания для одного прибора / А.А. Лазарев // Доклады Академии Наук. – 2007.– Т. 412.– № 6. – С. 739–742.
6. Коффман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины // Э.Г. Коффман – М.: Наука, 1984. – 335 с.

7. Сидорин А. Б. Методы автоматизации составления расписания занятий. Часть 2. Эвристические методы оптимизации /А.Б. Сидорин, Л.В. Ликучева, А.М. Дворянкин // Известия ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – №12(60). – С. 120-123.

УДК 510

Корінчук Н.Ю.¹, Корінчук В.В.²

¹Луцький педагогічний коледж

²Луцьке вище професійне училище будівництва та архітектури

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ІНТЕГРОВАНИХ ЗАНЯТЬ З МАТЕМАТИКИ ТА ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Корінчук Н.Ю., Корінчук В.В. Використання інноваційних та комп'ютерних технологій при проведенні інтегрованих занять з математики та вищої математики. У статті розглядається проблема використання мультимедійних технологій на заняттях з математики та вищої математики. Розглянуто застосування комп'ютера, інтерактивної дошки та інших засобів на заняттях з математики.

Ключові слова: інноваційні технології, комп'ютерні технології, інтегровані уроки, міжпредметні зв'язки, педагогічні технології, комп'ютер, інтерактивна дошка.

Коринчук Н.Ю., Коринчук В.В. Использование инновационных и компьютерных технологий при проведении интегрированных занятий по математике и высшей математике. В статье рассматривается проблема использования мультимедийных технологий на занятиях по математике и высшей математике. Рассмотрено применение компьютера, интерактивной доски и других средств на занятиях по математике.

Ключевые слова: инновационные технологии, компьютерные технологии, интегрированные уроки, межпредметные связи, педагогические технологии, компьютер, интерактивная доска.

Korinchuk N.U., Korinchuk V.V. The use of innovative and computer technologies in integrated studies in mathematics and higher mathematics. The article deals with the problem of using multimedia technologies in mathematics and higher mathematics classes. Consider the use of computer, interactive whiteboard and other tools on math lessons.

Key words: innovative technologies, computer technologies, integrated lessons, interdisciplinary connections, pedagogical technologies, computer, interactive whiteboard.

Постановка проблеми. Результативність та ефективність навчання у закладах вищої освіти І-ІІ рівня акредитації та закладах професійно-технічної освіти цілком залежить від вміння викладача правильно обрати метод чи прийом навчання у конкретних умовах для інтегрованого уроку. Сьогодні нова українська школа (НУШ) висуває нові вимоги до методів навчання та застосування інноваційних технологій. Такий підхід по суті забезпечує формування та розвиток активної пізнавальної діяльності студентів та учнів, створює умови для сприйняття навчального матеріалу. У зв'язку з цим проблема застосування інноваційних та комп'ютерних технологій при проведенні інтегрованих занять з математики та вищої математики є досить актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші спроби застосування інноваційних технологій зробили Т.А.Ільїна та М.В.Кларин під час аналізу іноземного досвіду. Однак представників традиційної педагогіки лякає сьогодні виробничий термін «технологія». Її розуміють як процес із гарантованим результатом, що, на перший погляд, важко переносити в педагогічні явища.

Думки науковців педагогів про технологізацію освіти висловлював всесвітньовідомий польський освітній діяч Ян Амос Коменський 400 років тому. Він виділив таке: вміння правильно визначати мету, обирати засоби досягнення її та формувати правила користування цими засобами. Він був одним із тих, хто першим вказав на наочність як на основу успішності навчання. Зокрема, у своєму відомому «золотому правилі» дидактики вчений дав чітке формулювання цьому принципу: «Все, що можливо, надавати для сприйняття відчуттям: видиме – сприйняття зором, чутне – слухом, підлягаюче смаку – смаком, доступне дотику – шляхом дотику» [3.с.143-144].

Елементи технологічного підходу можна знайти і в працях більшості видатних іноземних педагогів, таких як А.Дістервег, Й.Г.Песталоцці, Л.М.Голстой, А.С.Макаренко, В.О.Сухомлинський та інших. Сплеск зацікавленості педагогічними технологіями характерний для шкіл США 30-х років нинішнього століття, коли з'явилися перші програми аудіовізуального навчання. Там же вперше використовується термін «освітня технологія» (як будувати навчання та виховання).

Метою дослідження є визначення способів застосування комп'ютерної техніки та мультимедійного проектора на заняттях з математики та вищої математики у закладах вищої освіти І-ІІ рівня акредитації та закладах професійно-технічної освіти.

Невирішені частини проблеми. Сучасна педагогічна технологія охоплює коло теоретичних та практичних питань керування, організації навчального процесу, методів та засобів навчання. Розвиток педагогічної технології у світовому освітньому просторі можна умовно розділити на три етапи, кожен із яких характеризується перевагою тієї чи іншої тенденції.

Основною тенденцією *першого етапу (1920 - 1960-ті роки)* було підвищення якості викладання, яке розглядалося як єдиний шлях, що приводив до ефективного навчання. Здійснювалися спроби підвищення ефективності викладання шляхом підняття інформаційного рівня навчання при використанні засобів масової комунікації.

Другий етап (1960 – 1970-ті роки) характеризувався перенесенням акценту на процес навчання, що пов'язано з розвитком концепції програмованого навчання, яке вимагало суворого врахування вікових та індивідуальних відмінностей учнів. Увага до процесу навчання призвела до усвідомлення факту, що саме він визначає методику навчання та є критерієм успіху в цілому. Наслідком застосування машинного та програмованого навчання в США стала індивідуалізація та персоніфікація навчального процесу. З 1960 року індивідуалізація навчання стала центральним пунктом планування та виробництва засобів навчання. Навчальні програми були поділені на порції, до яких було розроблено інструкції, дібрано дидактичний матеріал, аудіовізуальні та інші засоби навчання. Ці порції дістали назви «модулів», «одиниць навчання», «навчальних пакетів».

Третій етап, сучасний, характеризується розширенням сфери педагогічної технології, яка претендує на провідну роль у плануванні, організації процесу навчання, в розробці методів і навчальних засобів. До засобів навчання належать: документи, матеріальні об'єкти, люди, взаємодія з якими веде до здобуття знань. Засоби навчання поділяються на навчальні засоби, які фахово створені для навчання, та об'єкти довкілля.

Основні результати досліджень. Сьогодні особливої актуальності набуває проблема ретельного планування діяльності викладача та учнів, що робить прогнозування результатів навчання більш обґрунтованим.

Таким чином, педагогічна технологія включає в себе дві групи питань, перша з яких пов'язана із застосуванням технічних засобів у освітньому процесі, друга – з його організацією.

Педагогічна технологія (освітня технологія) – системний метод створення, застосування і визначення всього процесу викладання і засвоєння знань з урахуванням технічних і людських ресурсів і їх взаємодії, що своїм завданням вважає оптимізацію форм освіти (ЮНЕСКО).

Педагогічні технології відображають прийняту в різних країнах систему освіти, її загальну цільову і змістову спрямованість, організаційні структури і форму, відображені державних нормативних документах, зокрема – в освітніх стандартах. Сама по собі система неперервної освіти в нашій країні теж може бути занесена до класу освітніх технологій.

Освітні технології є стратегіями розвитку національного, регіонального і муніципального освітнього простору. Педагогічна технологія відображає тактику реалізації освітніх технологій і будується на знанні закономірностей функціонування системи «педагог-середовище-учень» у визначених умовах навчання (індивідуального, групового, колективного, масового тощо).

Їй притаманні загальні риси і закономірності реалізації навчально-виховного процесу незалежно від конкретного навчального предмета.

Для успішного застосування інноваційних та комп'ютерних технологій необхідно вносити достатньо істотні зміни в методику викладання. Це необхідно зробити, щоб використати ті переваги технологій, які забезпечують засвоєння знань на більш високому рівні, надати результатам навчання прикладного, професійного спрямування, розкрити творчий потенціал студентів та викладача, розвивати особистість студента та учня з урахуванням нахилів і здібностей.

Впровадження в педагогічну практику проведення інтегрованих уроків, де математика та вища математика вже стала базовим предметом з різних навчальних та спеціальних дисциплін, посідає особливе місце у формуванні цілого ряду якостей учнів та студентів. А сьогодні не потрібно доводити значення впливу інтегрованих знань і умінь на формування особистості людини.

Застосування інноваційних та комп'ютерних технологій у викладанні математики та вищої математики породжує нові форми навчання, специфічний навчальний зміст, що веде до появи інтегрованих міжпредметних зв'язків, нових підходів до організації навчання та процесу формування знань, умінь та навичок.

Проведення інтегрованих уроків з використанням мультимедійних засобів та презентацій зумовлене завданнями інтеграції знань, умінь і навичок учнів та студентів з основ наук. Вони сприяють розкриттю законів та умов їх прояву в різних галузях науки та сферах майбутньої професійної діяльності, виявленню специфіки та можливостей прояву закономірностей, у навколишній діяльності, розкриттю багатогранності можливостей застосування набутих знань студентів у різних галузях і сферах діяльності, інтеграції діяльності викладача з формування творчої особистості студента і учня, розвитку його здібностей.

Інтеграція знань студентів з математики та спеціальних дисциплін у закладах вищої освіти І-ІІ рівня акредитації та закладах професійно-технічної освіти є основним фактором організації процесу навчання математики і вимогою нової української школи, який забезпечує не тільки засвоєння знань, але й є базою для оволодіння спеціальними знаннями, вміння розв'язувати задачі професійної спрямованості, самостійно організувати свою діяльність.

Поряд із традиційними видами засобів навчання в практику викладання математики та вищої математики у закладах вищої освіти І-ІІ рівня акредитації та закладах професійно-технічної освіти впроваджуються новітні інформаційні технології. Мова йде про різні способи використання комп'ютера, які забезпечують появу нових форм, методів та прийомів. Тому досить логічним виглядає прагнення сучасних дослідників цього питання: якомога ширше використовувати комп'ютерні технології на уроках математики та вищої математики.

Одним із результатів такого експериментального дослідження стало організація і проведення відкритого заняття на тему: «Застосування похідної». Дане заняття було проведено в групі з підготовки молодших спеціалістів з використанням мультимедійного проектора та програмно-педагогічних засобів. Підсумовуючи заняття було проведено опитування студентів з трьох пунктів, а саме:

1. Над яким завданням вам було найцікавіше працювати на занятті?
2. Яка інформація вас найбільше зацікавила?
3. Чи вважаєте ви, що отриману на занятті інформацію ви зможете використати у майбутній професійній діяльності?

Почнемо з третього найголовнішого запитання, на яке всі ствердно відповіли: «Так», всі 100% студентів.

Друге запитання. Найбільше зацікавила інформація про проблему великих міст, де не вистачає земельних ділянок, а саме під городину. Тому інженери – будівельники, архітектори розробляють проекти будинків і споруд так, щоб вони будувалися на високих опорах і люди за допомогою ліфтів діставались хмарочосів, а під ними знаходилась городина. А в Японії будуються навіть споруди на воді та аеродроми.

Презентації проектів таких будинків і споруд з інтернету були представлені студентами на занятті, які стимулюють зацікавленість студентів до вивчення математики, бо математичний апарат потрібний їм для розробки складних проектів та навіть курсового чи дипломного проекту, які їм доведеться захищати на третьому та четвертих курсах.

І на кінець, на запитання : «Над яким завданням було найцікавіше працювати на відкритому занятті?», більша половина студентів (63%) віддала перевагу задачі про Пахома. Дана задача вдало пов'язує своїми інтеграційними зв'язками математику та світову літературу, що можливо у когось викликає здивування на перший погляд.

Ця задача є актуальною і сьогодні. Вона взята із оповідання видатного письменника Л.М. Толстого під назвою: «Чи багато людині потрібно землі».

Задача. «Роками мріяв селянин Пахом про власну землю. Довго гроші збирав, відмовляючи собі у всьому! І ось, нарешті, зібрав заповітну суму. Старшина поставив йому таку умову: «Скільки за день землі обійдеш. Уся твоя буде за тисячу карбованців. Але коли до заходу сонця не повернешся на місце, з якого вийшов – втратиш ти свої гроші.

Тільки зійшло сонце, вирушив Пахом від мітки. Пройшов верст десять і звернув круто вліво. Пройшов по цій стороні ще більше, верст тринадцять, загнув другий кут. Третьою стороною пройшов всього дві версти, глянув на сонце, а воно вже низенько, а до мітки ще верст п'ятнадцять буде. І став Пахом напрямки поспішати. Біг, біг, прибіг до мітки і впав... мертвий»[1.с.31-32].

Викладач: Давайте знову поставимо проблемні запитання. А саме:

1. Який шлях подолав Пахом? Яку площу він обіг?
2. Яким шляхом було б краще піти селянину, щоб, пройшов тих же сорок верст обійти найбільшу площу?

Викладач разом і з студентами встановлюють, що задача зводиться до знаходження площі трапеції, саме цю геометричну фігуру він обіг, і становитиме 78 верст.

Але продовжуючи досліджувати друге проблемне питання, яким шляхом було б краще піти селянину, щоб, пройшов тих же сорок верст зміг обійти найбільшу площу, використовуючи похідну, приходимо до відповіді, що із усіх прямокутників з периметром 40 верст найбільшу площу має квадрат і стороною 10 верст. Отже, рухаючись по квадрату, селянин пройшов би площу 100 кв. верст.

Висновок до задачі. При розв'язуванні даної задачі ми використали формули площі та периметра із геометрії та способи розв'язування системи двох рівнянь із алгебри і застосували елементи математичного аналізу – похідну.

Щоб підготувати студентів до життя, суспільно-корисної праці, на практикумах з вищої математики розв'язуємо задачі із практичним та професійним змістом, які необхідні студентам у повсякденному житті.

Застосування комп'ютерних технологій під час навчання у закладах вищої освіти I-II рівня акредитації та закладах професійно-технічної освіти сприяє реалізації наступних педагогічних цілей:

- реалізація регіонального замовлення, обумовленого потребами сучасного ринку праці;
- сприяє розв'язанню відповідного завдання прищеплення підвищеного інтересу студентів та учнів до комп'ютерних програм.

Інноваційні технології навчання, що відображають суть майбутньої професії, формують професійні якості спеціаліста, виступають своєрідним полігоном, на якому студенти та учні можуть відпрацювати практичні навички в умовах, наближених до реальних.

Наявність комп'ютера або ноутбука дозволяє викладачу істотно використовувати та змінювати методи управління під час навчання, підвищити мотивацію студентів до активної роботи. Крім того, студент сам може задавати комп'ютеру спосіб викладу навчального матеріалу.

У контексті зазначеного можна відмітити і про застосування у сучасній практиці викладача математики під час викладання ним нового матеріалу показу мультимедійних презентацій, що в свою чергу призводить до інтенсифікації засвоєння студентами та учнями навчального матеріалу і виводить навчання математики на якісно новий рівень.

Одним із сучасних засобів мультимедійних технологій у навчанні математики є інтерактивна дошка. Використання її на уроці дозволяє викладачу математики набагато ефективніше здійснювати демонстрацію візуального матеріалу, зокрема, побудови графіків та геометричних фігур, розв'язування параметричних рівнянь та інше.

Освітній процес не може обійти стороною важливу складову навчального процесу з математики, у плані викладу нового матеріалу та розв'язування задач – це звичайна дошка. Можна стверджувати, що остання давно вже еволюціонувала в напрямку інтерактивної дошки, але головною особливістю якої стало поєднання можливостей виведення на неї будь-якої інформації з комп'ютера шляхом зображення за допомогою мультимедійного проектора.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи представлені вище міркування потрібно зазначити, що при застосуванні комп'ютерних технологій та інших мультимедійних засобів відбувається активізація пізнавального інтересу студентів та учнів до вивчення математики і вищої математики та поліпшується якість навчання.

Доцільно на заняттях з математики та вищої математики використовувати комп'ютерні технології разом із традиційними, що дозволяє урізноманітнити діяльність студентів та учнів, а саме:

- навчає здобувати знання самостійно;
- акумулює вміння користуватися здобутими знаннями для вирішення нових завдань;
- сприяє набуттю комунікативних навичок і умінь (тобто умінь працювати в різноманітних групах, виконуючи різні соціальні завдання і ролі);
- надає можливість широких людських контактів в знайомстві з різними точками зору на одну проблему;
- навчає користуватися дослідницькими методами: збирати інформацію, факти, уміти їх аналізувати з різних точок зору, висувати гіпотези, робити висновки;
- надає можливість висловлювати свої власні думки.

Проте варто пам'ятати, що хоча комп'ютерні та педагогічні технології вимагають високої активності викладача та студента або учня, враховують психологічні та особисті риси всіх студентів та учнів, вносять індивідуальні корективи у навчальний процес, сприяють прояву та

зростанню самостійності студентів та учнів, все ж таки вони не забезпечують усім їм однакового високого результату розвитку й навченості.

Викладачам, часто здається, що ми володіємо ключами від знань і, що саме ми, маємо передати їх студентам та учням, вдало і старанно пояснивши, розтлумачивши. Але життя змінилось так, що навчальний заклад більше не є монополістом знань і тому необхідно використовуючи сучасні інформаційні технології, йти у ногу з життям, щоб не бути викинутими на узбіччя.

Отже використання педагогічних та комп'ютерних технологій на уроках математики та вищої математики – це об'єктивний процес, новий етап в еволюції освіти, на якому будуть переглянуті підходи до супроводу і забезпечення процесу формування та розвитку активної пізнавальної діяльності студентів та учнів, що створює умови для сприйняття навчального матеріалу.

Систематичне застосування методики лекційно-практичної системи, методик інтерактивного навчання та комп'ютерних технологій позитивно впливають на підвищення якості знань студентів, розвиток їх пізнавальної та розумової діяльності, вносять різноманітність в освітній процес.

1. Воевода А.Л. Математика та література: матеріали до інтегрованих уроків і заходів./ Аліна Воевода. – К.: Редакції газет природничо-математичного циклу, 2013. – 104 с. – (Бібліотека «Шкільного світу»).
2. Жалдак М.І. Педагогічний потенціал комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Збірник наукових праць / Редколегія – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2003. – Вип. 7. – С. 3-16.
3. Коржупова Наочність на уроках літератури: навч. посіб./ А.Коржупова. – Київ, 1973. – 236 с.
4. Маркова І. Урок математики в сучасних технологіях: теорія і практика. Харків, вид. група «Основа», 2007. – С.40-43.
5. Морзе Н.В. Основи інформаційно-комунікаційних технологій. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 352 с.
6. Пехота О.М., Кіктенко А.З. та ін. Освітні технології.// Київ, «Видавництво А.С.К.», 2004, 255ст.
7. Рамський Ю.С. Формування інформаційної культури особи – пріоритетне завдання сучасної освітньої діяльності // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. – Серія №2. – Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Збірник наукових праць – К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004. – № 1 (8). – С. 19-42.
8. Триус Ю.В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін: Монографія. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 400 с.
9. Урок математики в сучасних технологіях: теорія і практика. (Метод проектів, комп'ютерні технології, розвивальне навчання).//Х.: Основа, 2007, 176с.
10. Формування професійної компетентності майбутніх фахівців на основі інтегративного підходу [текст] : методичні рекомендації / І.М.Козловська, Я.М.Собко, О.О.Стечкевич, О.М.Дубницька, Т.Д.Якимович. – Львів : Сполом, 2012. – 64 с.

УДК 510.589

Костючко С.М.

Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ЧУТЛИВОСТІ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ

Костючко С.М. Модель параметричної чутливості нелінійних систем. Дана робота презентує метод дослідження параметричної чутливості нелінійних систем. Обчислення проводиться методами теорії електромагнітних кіл. Рівняння стану записані в нормальній формі Коші. Розглянута потреба введення матриці допоміжних змінних. Застосовується апарат загальної теорії нелінійних диференціальних рівнянь. Використовуються методи часового простору.

Ключові слова: математична модель, нелінійна система, параметрична чутливість, матриця.

Костючко С.Н. Модель параметрической чувствительности нелинейных систем. Данная работа представляет метод исследования параметрической чувствительности нелинейных систем. Вычисление производится методами теории электромагнитных цепей. Уравнения состояния записаны в нормальной форме Коши. Рассмотрена необходимость введения матрицы вспомогательных переменных. Применяется аппарат общей теории нелинейных дифференциальных уравнений. Используются методы временного пространства.

Ключевые слова: математическая модель, нелинейная система, параметрическая чувствительность, матрица.

Kostiuchko S.M. Parametric sensitivity model of nonlinear systems. This paper presents a method for investigating the parametric sensitivity of nonlinear systems. The calculation is made by methods of the electromagnetic circuits theory. State equations are recorded in a normal Cauchy form. The necessity of introducing a matrix of auxiliary variables is considered. The apparatus of the nonlinear differential equations general theory is used. Time space methods are used.

Key words: mathematical model, nonlinear system, parametric sensitivity, matrix.

Вступ

Сучасна теорія та практика при проектуванні та експлуатації нелінійних систем потребує новітніх підходів та методів математичного моделювання для обчислення параметричної чутливості. При оптимальному проектуванні технічних систем проводять дослідження про вплив сталих параметрів на характеристики об'єкта. Саме функція чутливості демонструє цей вплив. Апарат теорії чутливості застосовуються для розв'язання досить широкого класу задач.

Сучасна теорія параметричної чутливості нелінійних систем ґрунтується на загальній теорії звичайних диференціальних рівнянь.

Математична модель.

Кутова швидкість в усталеному стані матиме вигляд сталої величини. Саме на цьому етапі і виникає практичний інтерес до параметричної чутливості нелінійних систем. В разі необхідності кутову швидкість відносять до елементів колонки постійних параметрів λ , яку знаходимо методом прискореного пошуку вимушених періодичних станів на попередньому етапі аналізу. Колонка невідомих матиме вигляд

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{I}. \quad (1)$$

Розрахунок функції параметричних чутливостей згідно з (1) проводимо згідно

$$\mathbf{S} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \lambda}. \quad (2)$$

Використовуючи колонку допоміжних невідомих $\mathbf{y}(t) = \Psi$, знайдемо функцію допоміжних чутливостей (2). Вибір косокутних координат проводимо, орієнтуючись на рівняння стану

$$\frac{d\Psi}{dt} = \mathbf{U} - \Omega\Psi - \mathbf{R}\mathbf{I}. \quad (3)$$

Диференціюючи (3) по λ отримаємо функцію χ :

$$\frac{d\chi}{dt} = -(\Omega + \mathbf{R}\mathbf{A})\chi + \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial \lambda} - \frac{\partial \Omega}{\partial \lambda} \Psi - \frac{\partial \mathbf{R}}{\partial \lambda} \mathbf{I}. \quad (4)$$

При взятті похідної $\partial \mathbf{U} / \partial \lambda$ треба пам'ятати, що напруги обмотки ротора, як правило є нульовими, а статора звичайними фізичними величинами

$$u_{SA} = U_m \sin(\omega_0 t + \varphi); \quad u_{SB} = U_m \sin(\omega_0 t + \varphi - 120^\circ), \quad (5)$$

де U_m, ω_0, φ – амплітуда, кругова частота та початкова фаза джерела напруги.

Елементами колонки λ є будь-які постійні параметри, які можуть бути функціями інших конструкційних постійних параметрів. Беручи похідні по λ за правилами диференціювання складних функцій обчислюємо параметричні чутливості згідно згаданих вище параметрів.

χ знаходимо в процесі інтегрування (4). Важливим етапом є необхідність встановлення зв'язку між \mathbf{x} та \mathbf{y} , адже це дасть можливість перейти до функції основних параметричних чутливостей \mathbf{S} .

$$\Psi = \mathbf{L}' \cdot \mathbf{I}, \quad (6)$$

де \mathbf{L}' – матриця статичних індуктивностей

$$\mathbf{L}' = \begin{bmatrix} l_S + l_\tau & & l_\tau & \\ & l_S + l_\tau & & l_\tau \\ l_\tau & & l_R + l_\tau & \\ & l_\tau & & l_R + l_\tau \end{bmatrix}, \quad (7)$$

де $l_S = 1/\alpha_S, l_R = 1/\alpha_R$ – індуктивності розсіяння обмоток статора й ротора; $l_\tau = 1/\tau$ – основна індуктивність машини.

Продиференціювавши (6) по λ , отримаємо

$$\mathbf{S} = \mathbf{L}'^{-1} \left(\chi - \frac{\partial \mathbf{L}'}{\partial \lambda} \mathbf{I} \right). \quad (8)$$

Обертаючи матрицю (7), матимемо

$$\mathbf{L}'^{-1} = \begin{bmatrix} \alpha_S (\alpha_R + \tau) & & -\alpha_S \alpha_R & \\ & \alpha_S (\alpha_R + \tau) & & -\alpha_S \alpha_R \\ -\alpha_S \alpha_R & & \alpha_R (\alpha_S + \tau) & \\ & -\alpha_S \alpha_R & & \alpha_R (\alpha_S + \tau) \end{bmatrix}. \quad (9)$$

T одержують з рівняння

$$T = \frac{1}{\tau + \alpha_S + \alpha_R}, \quad (10)$$

де α_S, α_R – обернені індуктивності розсіяння обмоток статора й ротора.

Матриця статичних індуктивностей у фазних координатах матиме вигляд

$$\mathbf{L}' = \begin{bmatrix} (l_S + l_\tau) \cdot 1 & l_\tau \mathbf{\Pi} \\ \mathbf{\Pi}^{-1} l_\tau & l_R + \mathbf{\Pi}^{-1} l_\tau \mathbf{\Pi} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Існують такі початкові умови $\mathbf{x}(0)$, які дають змогу виключити перехідну реакцію. Їх знаходимо використовуючи спільний алгоритм пошуку періодичного розв'язку рівняння (4) – метод прискореного пошуку вимушених періодичних станів.

Використовуючи косокутні координати, наведемо розширений вигляд рівняння електромагнетного стану виконавчого пристрою.

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_{SA} \\ i_{SB} \\ i_{RA} \\ i_{RB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_S(1-\alpha_S(T+b_A i_A)) & -\alpha_S^2 b_B i_A & -\alpha_S \alpha_R (T+b_A i_A) & \dots \\ -\alpha_S^2 b_A i_B & \alpha_S(1-\alpha_S(T+b_A i_A)) & -\alpha_S \alpha_R b_A i_B & \dots \\ -\alpha_S \alpha_R (T+b_A i_A) & -\alpha_S \alpha_R b_B i_A & \alpha_S(1-\alpha_S(T+b_A i_A)) & \dots \\ -\alpha_S \alpha_R b_A i_B & -\alpha_S \alpha_R (T+b_B i_B) & -\alpha_R^2 b_A i_B & \dots \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{pmatrix} \dots & -\alpha_S \alpha_R b_B i_A \\ \dots & -\alpha_S \alpha_R (T+b_B i_B) \\ \dots & -\alpha_R^2 b_B i_A \\ \dots & \alpha_S(1-\alpha_S(T+b_A i_A)) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u_{SA} - ((2r_{SA} + r_{SC})i_{SA} + (r_{SC} - r_{SB})i_{SAB})/3 \\ u_{SB} - ((r_{SC} - r_{SA})i_{SA} + (2r_{SB} + r_{SC})i_{SAB})/3 \\ -\omega(\Psi_{RA} + 2\Psi_{RB})/\sqrt{3} - r_R i_{RA} \\ \omega(2\Psi_{RA} + \Psi_{RB})/\sqrt{3} - r_R i_{RB} \end{pmatrix};$$

причому

$$\Psi_{RA} = (i_{SA} + i_{RA})/\tau + i_{RA}/\alpha_R; \quad \Psi_{RB} = (i_{SB} + i_{RB})/\tau + i_{RB}/\alpha_R. \quad (13)$$

На практиці користуватися періодичними розв'язками $\mathbf{S}(t) = \mathbf{S}(t+T)$, як функціональною залежністю є дуже незручно та складно. Здебільшого для такого дослідження користуються постійними числами. Такі числа можна знайти як середнє квадратичне функції $\mathbf{S}(t)$

$$S = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{S}(t)^2 dt}. \quad (14)$$

Інтеграл матриці береться як матриця інтегралів її окремих елементів.

Висновки

На відмінно від електричних кіл, теорія електромагнетних кіл дає змогу записати диференціальні рівняння стану в нормальній формі Коші, що значно спрощує подальший аналіз математичних моделей нелінійних систем.

Задача аналізу виконавчих об'єктів нелінійних систем, при взаємодії електромагнетних і механічних процесів, має практичне розв'язання лише в часовому просторі. Методи позачасового простору дають можливість знаходити лише електромагнетні процеси при фіксованих значеннях механічних змінних.

1. Костючко С.М., Чабан В.Й. Параметрична чутливість нелінійних систем. Монографія. – Львів: Простір "М". – 2018. – 144 с. – ISBN 978-617-7501-42-7.
2. Tchaban V. The theory of electromagnetic circuits / V. Tchaban, O. Tchaban, Z. Tchaban, S. Kostiucho / Computing in Science and Technology / edited by Tadeusz Kwater, Boguslaw Twarog. – Rzeszow, 2012/2013. – P. 34-55. – ISBN 978-83-7338-895-6.
3. Tchaban V. Mathematical modeling of nonsymmetrical transient and steady-state processes of induction motors / Vasil Tchaban, Serg Kostiucho, Tadeusz Kwater / Computing in Science and Technology / edited by Tadeusz Kwater, Wlodzimier Zuberek. – Rzeszow, 2011. – P. 129-146. – ISBN 978-83-7583-378-2.
4. Костючко С.М. Розрахунок перехідних процесів двофазного асинхронного мотора. // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 27. – 2017. – С. 32-36
5. Чабан О.В., Костючко С.М., Міскевич О.І., Киричук А.А. Верифікація на основі числового експерименту двох методів дослідження параметричної чутливості. // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 24-25. – 2016. – С. 119-123
6. Чабан В. Параметрична чутливість виконавчого мотора комп'ютерної системи управління / В. Й. Чабан, С. М. Костючко // Комп'ютерні системи та мережі: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – № 773. – С. 137-142.
7. Костючко С. Метод допоміжної параметричної чутливості виконавчих об'єктів систем керування / С. М. Костючко, В. Й. Чабан // Інформаційні системи та мережі: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2014. – № 805. – С. 144-149.
8. Лишук В. Застосування методу Ейлера в задачах динаміки // Лишук В. Селепина Й., Яциньський Л., Костючко С. // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк, 2018. – №30-31. – С. 227-231.

УДК 681.5.

Лабжинський В. А. канд. тех. наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

Лабжинський В. А. Прогнозування стану складних технічних систем за допомогою нейронних мереж глибинного навчання. У рамках даної роботи проведено систематичний аналіз теорії керування з прогнозуючими моделями. Розроблено методологію побудови систем прогнозування на базі нейронних мереж глибинного навчання. В результаті узагальнення сучасних розробок у даній галузі створено універсальну математичну модель прогнозування і контролю. Розроблена модель забезпечує задовільну ідентифікацію протікання системних процесів, базуючись на критерії стійкості за Ляпуновим та нелінійної авторегресійної екзогенної моделі. Адекватність даного математичного апарату показано на прикладі МІМО-системи зв'язку.

Ключові слова: керування з прогнозуючими моделями, глибинне навчання, нейромережеві моделі, критерій стійкості за Ляпуновим, нелінійна авторегресійна екзогенна модель.

Лабжинский В. А. Прогнозирование состояния сложных технических систем за помощью нейронных сетей глубинной учебы. В рамках данной работы проведен систематический анализ теории управления с прогнозирующими моделями. Разработана методология построения систем прогнозирования на базе нейронных сетей глубинной учебы. В результате обобщения современных разработок в данной отрасли создана универсальная математическая модель прогнозирования и контроля. Разработанная модель обеспечивает удовлетворительную идентификацию протекания системных процессов, базируясь на критерии стойкости за Ляпуновым и нелинейной авторегрессионной экзогенной модели. Адекватность данного математического аппарата показана на примере МІМО-системы связи.

Ключевые слова: управление с прогнозирующими моделями, глубинная учеба, нейросетевые модели, критерий стойкости за Ляпуновым, нелинейная авторегрессионная экзогенная модель.

Labzhynskiy V. A. Forecasting the status of complex technical systems through the neural networks of deep learning. Nowadays artificial neural network model predictive control is widely used in the area of automatic control. There was performed systematic analysis of different cases of application of model predictive control. We analyzed a control scheme for the multi-variable nonlinear steel pickling process, multi-joint robotic manipulator with a cubic trajectory and random disturbances, robust control of a pH neutralization process, nonlinear model predictive controller applied to a pneutralization process, etc. It was shown that the appearance of external disturbances and internal system parameter variations affect the prediction system output by inducing steady state error. To overcome the problem was proposed to use deep neural network model predictive controller system. To provide the convergence of the adaptive process during artificial neural weights coefficients network updating there was used Lyapunov stability theory. Lyapunov stability theory algorithm allows to update the control signal of the predictive controller model. It was proposed to linearize the neural model locally by Taylor series and use of the Lyapunov function that depends on the square norm of the tracking error. Updating of the weights of the artificial neural network up to the procedure provide convergence of the neural weights. Deep neural network predictor should be linearized during updating stage which allows achieving the local stability of the process around the current operating point. Also resources of the deep neural network could be used to express nonlinear systems. There was exploited the approximation ability of deep artificial neural network which allowed to establish robustness to internal system variations and external disturbances. Development of update laws of the artificial neural network weights helped to stabilize training process up to the Lyapunov criteria. By ensuring the satisfactory identification of the unknown system process, which have to be analyzed and predicted by applying Lyapunov criteria it was calculated the update control signal. The procedure was performed by analyzing of the error between the output of the deep artificial neural network and the desired output which should be converged to zero value according to Lyapunov stability theory. There were shown simulation results for two satisfactory cases of model approbation for nonlinear MIMO system.

Keywords: model predictive control, artificial neural network model, deep learning, Lyapunov stability criteria, nonlinear autoregressive exogenous modeling.

1. Вступ. Керування з прогнозуючими моделями (MPC: Model Predictive Control) на сьогоднішній день є одним з найбільш ефективних методів теорії керування динамічними системами [1-5], що активно використовується у промисловості, енергетиці, робототехніці, сфері побудови наукового експерименту, тощо. Базисом даної теорії є передбачення поведінки об'єкта керування на різні типи вхідних впливів, при цьому модель об'єкта керування може бути лінійною або нелінійною, а стратегія керування обирається такою, щоб враховувати взаємозв'язки між параметрами, що описують стан об'єкта керування, а також обмеження, що накладаються ключовими елементами системи. У рамках теорії керування динамічними системами розглядається можливість обрання найкращої траєкторії зміни станів системи з повної множини потенційно можливих станів.

Важливою проблемою методики керування з прогнозуючими моделями є визначення балансу між точністю моделі, що дозволяє підвищує вірогідність отримання потрібного рівня

якості керування та зменшення рівня чутливості системи керування до помилок процесу, що зростає разом зі збільшенням точності моделі. Іншою проблемою підвищення точності є збільшення складності моделі, збільшення кількості ітерацій, що подекуди виходить за межі ресурсоемності апаратного комплексу та обмежень на термін виконання програмного алгоритму. Ефективним рішенням даної проблеми виступає побудова систем керування на основі нейромережових моделей (НММ), зокрема НММ глибинного навчання [6-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій у даній галузі вказує на те, що нейромережові системи MPC можуть розглядатися як ефективне оптимізаційне рішення у багатьох областях, де потребуються машинні методи прогнозування стану складної системи [9-16]. У представлених роботах були розглянуті методики застосування нейромережових систем прогнозування і контролю у металургії та хімічній промисловості [7, 8], промисловій робототехніці [9-12], а також складні системи, що включають у себе роботу з розпізнавання природної мови (natural language processing) та візуальних образів [13-16]. Проведений аналіз вказав на актуальні підходи до математичного моделювання у даній галузі [17-28] та показав необхідність побудови цілісної методології прогнозування складних систем та керування з прогнозуючими моделями, що у рамках даної роботи **виділяється як не вирішена частина загальної проблеми** побудови нейромережових алгоритмів керування.

Метою дослідження, таким чином, є проведення систематичного аналізу теорії MPC та отримання математичної апарату, що базується на критерії стійкості динамічної системи Ляпунова (Lyapunov stability theory) для НММ глибинного навчання [17-20].

2. Базова модель побудови нейромережових алгоритмів MPC

Універсальна архітектура застосування НММ глибинного навчання у системах керування з прогнозуючими моделями показана на рис. 1. Базова НММ складається з шару вхідних нейронів X_i , шарів прихованих нейронів $H_{i|j}$ (на рис. 1 їх позначено темно-сірим кольором), шару вихідних нейронів Y_i та нейронів зміщення B_i . У даної НММ p входів, m виходів та p прихованих шарів.

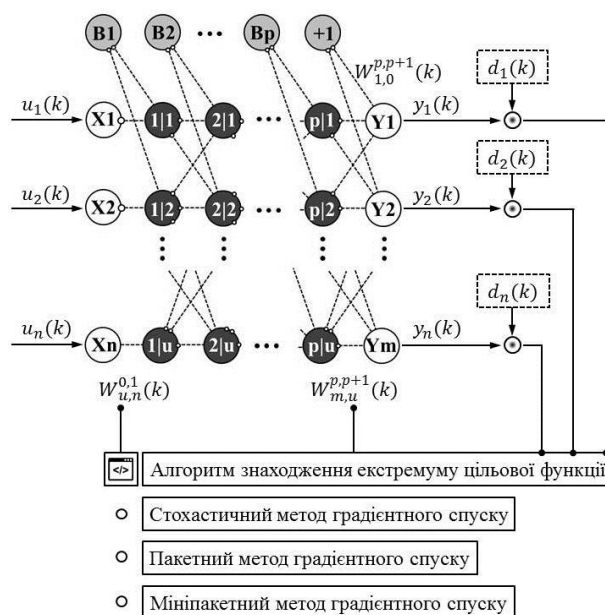


Рис. 1. Архітектура застосування НММ глибинного навчання у системах MPC.

Вихідний вектор кожного прихованого шару може бути охарактеризовано через $H_i(k)$, де $i \in [1..p]$, вхідні вектори всієї НММ через $U(k)$, вихідні вектори всієї НММ, відповідно, через $Y(k)$, а вагові коефіцієнти через матрицю $W^{(i-1,i)}(k)$:

$$\begin{cases} H_i(k) = f(W^{(i-1,i)}(k) \cdot H_i(k-1)) \\ \quad \quad \quad i = 2..p \\ H_1(k) = f(W^{(0,1)}(k) \cdot U(k)) \\ Y(k) = f(W^{(p,p+1)}(k) \cdot H_p(k)) \end{cases} \quad (1)$$

Слід зауважити, що для нейромережових MPC $f()$ представляє собою нелінійну передавальну функцію.

Введемо поняття вектору $\theta(k)$, що утримує усі вагові коефіцієнти НММ під час ітерації k , а також перейдемо до нелінійного відображення системи НММ: $Y(k) \rightarrow G(U(k), \theta(k))$. Нехай для кожного $U(k)$ бажане значення вихідного вектору $Y(k)$ складає $\tilde{Y}(k)$, відповідний $\tilde{Y}(k)$ ваговий вектор може бути визначено як $\tilde{\theta}(k-1)$. Таким чином бажаний результат навчання НММ можна описати математично у вигляді ряду Тейлора, як

$$Y(k) = G(U(k), \theta(k)) + \hat{J}(\theta(k)) \cdot (\theta(k) - \tilde{\theta}(k-1)) + \xi(k), \quad (2)$$

де $\hat{J}(\theta(k))$ — матриця Якобі функції $G()$ для $\theta(k) = \tilde{\theta}(k-1)$, яка у даному випадку застосовується як матриця спостережень (observation matrix), а $\xi()$ — член більш високого порядку ряду Тейлора.

У такому разі вихідний вектор $Y(k)$, а також його лінеаризоване значення $\tilde{Y}(k)$ для НММ глибинного навчання системи MPC під час ітерації k становитимуть :

$$\begin{cases} Y(k) = F_k(k) \cdot \theta(k) + \eta(k) + \xi(k) \\ \eta(k) = G(U(k), \tilde{\theta}(k-1)) \cdot (1 - F_k(k)) \\ \quad \quad \quad \begin{cases} F_k = \hat{J}(\theta(k)) \\ \theta(k) = \tilde{\theta}(k-1) \end{cases} \\ \tilde{Y}(k) = F_k(k) \cdot \theta(k) \end{cases} \quad (3)$$

Визначення матриці $F_k(k)$ базується на рівнянні (1) з подальшим застосуванням правила диференціювання складної функції (ланцюгове правило), а завдяки лінеаризації нейронної системи можна досягти відносної простоти математичної моделі. Таким чином, запропонований підхід дозволить оновлювати вагові коефіцієнти НММ для забезпечення стабільності у відповідності стійкості за Ляпуновим з мінімальним завантаження апаратного комплексу системи.

3. Забезпечення стабільності нейромережових алгоритмів MPC

Визначення похибки оцінки $E(k)$ та апіорної похибки оцінки $A(k)$ НММ для ітерації k базується на $F_k(k)$ представленому у рівнянні (3):

$$\begin{cases} E(k) = F_k(k) \cdot \theta(k-1) - \tilde{Y}(k) \\ A(k) = F_k(k) \cdot \tilde{\theta}(k-1) - \tilde{Y}(k) \end{cases} \quad (4)$$

Правило оновлення вагових коефіцієнтів у рамках забезпечення стабільності у відповідності стійкості за Ляпуновим може бути сформульовано у математичній формі у вигляді представленому на рис. 2.

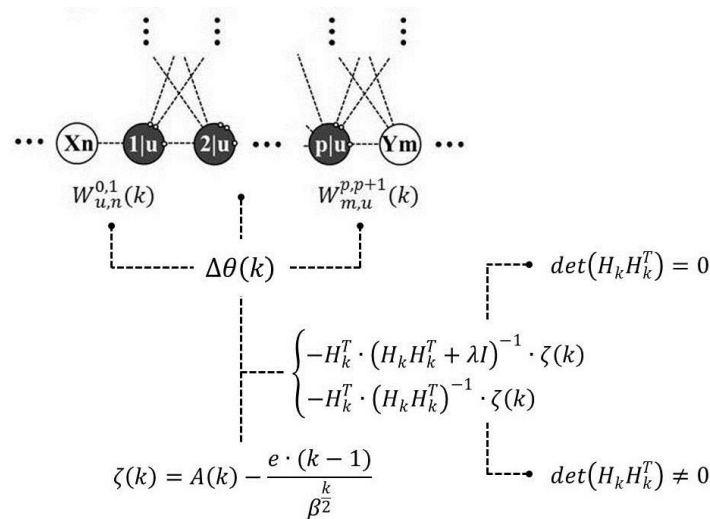


Рис. 2. Оновлення вагових коефіцієнтів у рамках стійкості за Ляпуновим.

У моделюванні рядів високу ефективність показує нелінійна авторегресійна екзогенна модель (NARX: Nonlinear Autoregressive Exogenous Model), яка характеризується екзогенними входами, що встановлюють поточне значення часового ряду у відповідності до минулих значень та значень зовнішньо визначеного ряду, який впливає на цільовий ряд. Вхідний вектор НММ визначається у рамках даного підходу як:

$$U(k-1) = [y \cdot (k-p)^T, u \cdot (k-p+1)^T, y \cdot (k-p+1)^T \dots (k-1)^T]^T, \quad (5)$$

де $u \cdot (k-p)$ і $y \cdot (k-p)$ — вектори, що відповідають попереднім вхідним та вихідним векторам системи на етапі $(k-p)$. Таким чином НММ прогнозує вихідні вектори системи на наступному етапі у відповідності до попередніх ітерацій.

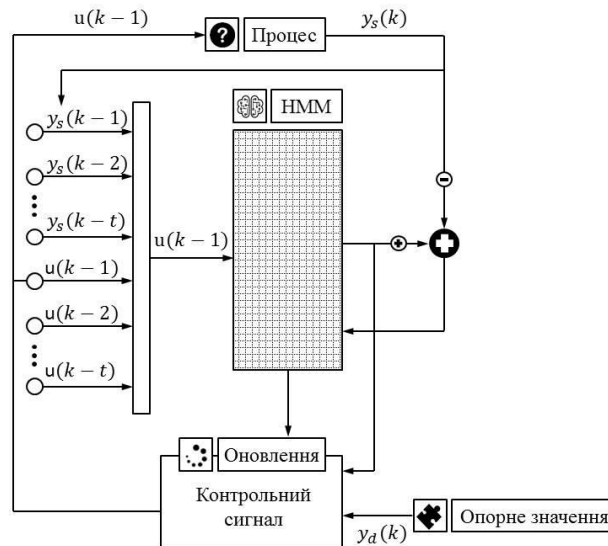


Рис. 3. Архітектура однорівневої нейромережевої системи прогнозування.

Архітектура однорівневої нейромережевої системи прогнозування представлена на рис. 3. Під час контрольної фази НММ глибокого навчання тренується у відповідності до критерію стійкості за Ляпуновим, використовуючи розбіжність між фактичним виходом системи та виходом НММ. Таким чином, ідентифікується процес, що підлягає прогнозуванню, за допомогою адаптації НММ через забезпечення сходження вагового вектора. Нейромережева система прогнозованого контролю лінеаризується за допомогою рядів Тейлора, що використовують значення $\bar{U}(k-1)$. При цьому під час розрахунку наступного керуючого сигналу ми вважаємо, ваговий вектор НММ залишається постійним. У той час як сам сигнал оновлюється, і розбіжність між виходом системи прогнозування та бажаним результатом зменшується відповідно до критерію стійкості за Ляпуновим.

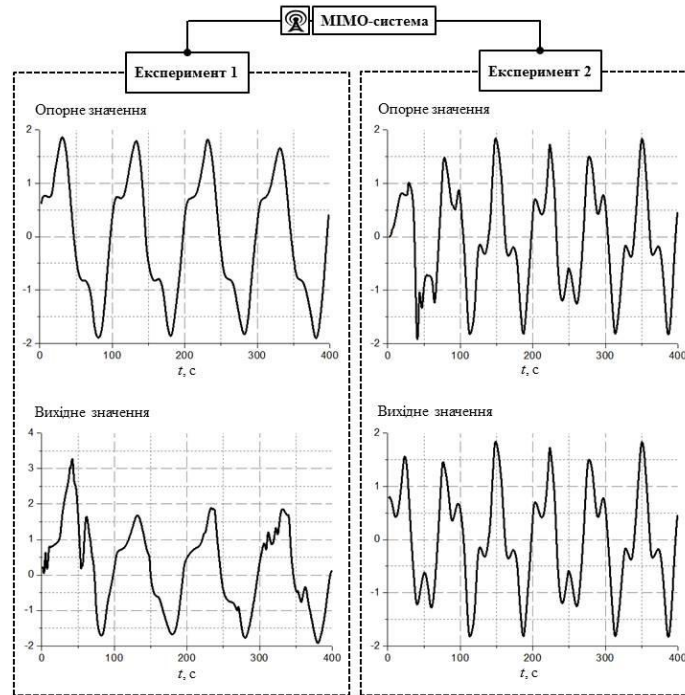


Рис. 4. Перевірка роботи моделі прогнозування системи зв'язку.

Застосування рядів Тейлора по відношенню до нейромережевої моделі у відповідності до значення $\bar{U}(k-1)$ можна представити як:

$$Y(k) = G(\bar{U}(k-1), \theta(k)) + \hat{j}(U(k)) \cdot (U(k) - \bar{U}(k-1)) + \tau(k) \quad (6)$$

де $\tau(k)$ — член більш високого порядку ряду Тейлора. Для спрощення моделі можна припустити, що для окремих ітерацій:

$$\begin{cases} \tau(k) \approx 0 \\ Y_d(k) \approx Y_d(k-1) \end{cases} \quad (7)$$

і визначити ключове для подальшого аналізу значення між бажаним результатом та значенням на виході системи як:

$$e_c = G(\bar{U}(k-1), \theta(k)) + \hat{j}(U(k)) \cdot (U(k) - \bar{U}(k-1)) - Y_d(k) \quad (8)$$

Розроблений математичний апарат дозволяє узагальнити сучасний досвід побудови нейромережевих систем керування з прогнозуючими моделями. Так на рис. 4 показано модель прогнозування системи зв'язку [29] з рознесеними передавальними і приймальними антенами (MIMO Multiple Input Multiple Output), використання яких дозволяє проводити просторову і часову обробку сигналів, суттєво знижуючи негативний вплив завад (пропускна спроможність MIMO-систем збільшується пропорційно числу антенних елементів). Графіки дозволяють визначити час адаптації нейромережевої моделі глибокого навчання, що може бути неадекватним для конкретного технічного завдання, а також можливість скорочення даного часу (порівняння експерименту «1» і «2»).

4. Висновки. У рамках даної роботи було запропоновано базові підходи для побудови системи керування з прогнозуючими моделями, що використовує нейронні мережі глибокого навчання у якості системи прогнозування. Розроблений математичний апарат є універсальним і дозволяє забезпечити задовільну ідентифікацію протікання системних процесів, базуючись на критерії стійкості за Ляпуновим. Подальший аналіз даної методології має включати побудову комплексних нейромережевих моделей прогнозування та визначення їх продуктивності у разі наявності зовнішніх перешкод та змін системних параметрів під час процесу прогнозування та контролю.

1. Wei, D., Li, X., & Lei, C. (2016). Model Predictive Control for Electric Heaters. 2016 International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIIII).
2. S. Qin and T. A. Badgwell, "A survey of industrial model predictive control technology," Control Engineering Practice, vol. 11, no. 7, pp. 733 – 764, 2003.

3. Industrial Power Electronics. (2016). Model Predictive Control of High Power Converters and Industrial Drives, 29-76. doi:10.1002/9781119010883.ch2
4. Grüne, L., & Pannek, J. (2016). Nonlinear Model Predictive Control. Nonlinear Model Predictive Control Communications and Control Engineering, 45-69. doi:10.1007/978-3-319-46024-6_3
5. Lee, K., Moase, W. H., & Manzie, C. (2018). Mesh adaptation in direct collocated nonlinear model predictive control. International Journal of Robust and Nonlinear Control. doi:10.1002/rnc.4235
6. Y. Calleecharan, "Nonlinear identification and control: a neural network approach" International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, vol. 21, no. 10, pp. 911–912, 2007.
7. Daosud, W., Thitiyasook, P., Arpornwichanop, A., Kittisupakorn, P., & Hussain, M. A. (2005). Neural network inverse model-based controller for the control of a steel pickling process. Computers & Chemical Engineering, 29(10), 2110-2119.
8. P. Kittisupakorn, P. Thitiyasook, M. Hussain, and W. Daosud, "Neural network based model predictive control for a steel pickling process," Journal of Process Control, vol. 19, no. 4, pp. 579 – 590, 2009.
9. Belda, K. (2018). Nonlinear Design of Model Predictive Control Adapted for Industrial Articulated Robots. Proceedings of the 15th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. doi:10.5220/0006833500710080
10. F. Temurtas, H. Temurtas, and N. Yumusak, "Application of neural generalized predictive control to robotic manipulators with a cubic trajectory and random disturbances," Robotics and Autonomous Systems, vol. 54, no. 1, pp. 74 – 83, 2006.
11. Zhang, B. (2018). Continuous Approximation of Nonlinear L1 Problem Based on BP Neural Network. DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, (Cmee). doi:10.12783/dtsc/cmee2017/19991
12. B. M. Kesson, H. T. Toivonen, J. B. Waller, and R. H. Nyström, "Neural network approximation of a nonlinear model predictive controller applied to a pneumatic process," Computers & Chemical Engineering, vol. 29, no. 2, pp. 323 – 335, 2005.
13. Awad, M., & Khanna, R. (2015). Deep Neural Networks. Efficient Learning Machines, 127-147. doi:10.1007/978-1-4302-5990-9_7
14. J. Schmidhuber, "Deep learning in neural networks: An overview," Neural Networks, vol. 61, pp. 85 – 117, 2015.
15. Iba, H. (2018). Meta-heuristics, Machine Learning, and Deep Learning Methods. Evolutionary Approach to Machine Learning and Deep Neural Networks, 27-75. doi:10.1007/978-981-13-0200-8_2
16. Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," Nature, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 5 2015.
17. Acir, N., & Mengüç, E. C. (2014). Lyapunov theory based adaptive learning algorithm for multilayer neural networks. Neural Network World, 24(6), 619-636. doi:10.14311/nnw.2014.24.035
18. Z. Man, H. R. Wu, S. Liu, and X. Yu, "A new adaptive backpropagation algorithm based on Lyapunov stability theory for neural networks," IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 17, no. 6, pp. 1580–1591, Nov 2006.
19. Aftab, M. S., & Shafiq, M. (2015). Adaptive PID controller based on Lyapunov function neural network for time delay temperature control. 2015 IEEE 8th GCC Conference & Exhibition. doi:10.1109/ieegcc.2015.7060094
20. K. H. Lim, K. P. Seng, L. M. Ang, and S. W. Chin, "Lyapunov theory based multilayered neural network," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 56, no. 4, pp. 305–309, April 2009.
21. Learning in Feed-Forward Neural Networks. (2015). Encyclopedia of Computational Neuroscience, 1495-1495. doi:10.1007/978-1-4614-6675-8_100303
22. S. C. Douglas and T. H. Y. Meng, "Linearized least-squares training of multilayer feed forward neural networks," in IJCNN-91-Seattle International Joint Conference on Neural Networks, vol. 1, Jul 1991, pp. 307–312 vol.1.
23. Sahoo, H., Dash, P., & Rath, N. (2013). NARX model based nonlinear dynamic system identification using low complexity neural networks and robust H_∞ filter. Applied Soft Computing, 13(7), 3324-3334.
24. H. Sahoo, P. Dash, and N. Rath, "Narx model based nonlinear dynamic system identification using low complexity neural networks and robust H_∞ filter," Applied Soft Computing, vol. 13, no. 7, pp. 3324 – 3334, 2013.
25. Wang, X., & Zhang, W. (2017). A Sample-Based Dynamic CPU and GPU LLC Bypassing Method for Heterogeneous CPU-GPU Architectures. 2017 IEEE Trustcom/BigDataSE/ICSS.
26. J. Bergstra, O. Breuleux, F. Bastien, P. Lamblin, R. Pascanu, G. Desjardins, J. P. Turian, D. Warde-Farley, and Y. Bengio, "Theano: A CPU and GPU math compiler in python," 2011.
27. Rajbhaj, P. K., Parvat, B., & Kadu, C. (2015). Design of feedback-feedforward controller for level control in a coupled tank system. 2015 International Conference on Energy Systems and Applications.
28. H. Pan, H. Wong, V. Kapila, and M. S. de Queiroz, "Experimental validation of a nonlinear backstepping liquid level controller for a state coupled two tank system," Control Engineering Practice, vol. 13, no. 1, pp. 27 – 40, 2005.
29. Spyridon, P., & Boutalis, Y. S. (2018). Adaptive One-Step Model Predictive Control Using Lyapunov Theory-Based Deep Neural Networks. 2018 26th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED).

УДК 378.147

Ліщина В.О., Ліщина Н.М., Повстяна Ю.С., Ящук А.А.
Луцький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ LMS СИСТЕМИ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ MOODLE В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ліщина В.О., Ліщина Н.М., Повстяна Ю.С., Ящук А.А. Перспективи впровадження LMS системи на базі інформаційно-технологічної платформи Moodle в навчальний процес кафедри комп'ютерних технологій. У статті досліджуються основні характеристики, принципи роботи та досвід використання систем керування навчанням на прикладі платформи Moodle. Описуються функціональні можливості LMS системи кафедри комп'ютерних технологій для викладачів та студентів. Визначаються перспективи її впровадження як для підтримки традиційного навчання, так і створення самостійних дистанційних курсів.

Ключові слова: система керування навчанням, LMS, Moodle, дистанційне навчання, навчальне середовище.

Ліщина В.О., Ліщина Н.М., Повстяна Ю.С., Ящук А.А. Перспективы внедрения LMS системы на базе информационно-технологической платформы Moodle в учебный процесс кафедры компьютерных технологий. В статье исследуются основные характеристики, принципы работы и опыт использования систем управления обучением на примере платформы Moodle. Описываются функциональные возможности LMS системы кафедры компьютерных технологий для преподавателей и студентов. Определяются перспективы ее внедрения как для поддержки традиционного обучения, так и создание самостоятельных дистанционных курсов.

Ключевые слова: система управления обучением, LMS, Moodle, дистанционное обучение, учебная среда.

Valeriy Lishchyna, Nataliia Lishchyna, Yuliya Povstyana, Andrii Yashchuk. Prospects for the introduction of LMS system based on the information technology platform Moodle in the educational process of the Department of Computer Technologies. The article examines the main characteristics, principles of work and the experience of the excellence of training management systems on the example of the Moodle platform. Describes the functional capabilities of the LMS system of the department of computer technology for teachers and students. The prospects for its implementation are determined both for the support of traditional training and the creation of independent distance courses.

Keywords: learning management system, LMS, Moodle, distance education, learning environment.

Постановка проблеми. Сьогодні у ринкових умовах постійні зміни мотивують людину здобувати необхідну якісну освіту через освітні послуги, які надаються вищими навчальними закладами. З одного боку, споживач освітньої послуги ставить підвищені вимоги до її надання. З іншого – освітня послуга має бути конкурентоспроможною для вищого навчального закладу, що її надає.

Технології розвиваються, студенти постійно слідкують за новинками і хочуть бачити їх не лише у сфері розваг, але і у сфері освіти. Засвоювати новий матеріал на якісно вищому рівні легше та цікавіше з використанням дистанційних систем. Їх можна використовувати як самостійно, так і у вигляді супроводу традиційних форм навчання.

Розвиток інформаційних ресурсів і засобів доступу до них, стрімкий розвиток україномовного контенту Інтернету є факторами, які змінили спосіб і підхід до навчання та самонавчання. Працівники практично усіх галузей, студенти, учні широко використовують інтернет-ресурси для підвищення власного професійного рівня, отримання знань для професійної переорієнтації, отримання додаткових знань з того чи іншого предмету. Соціальні мережі, інтернет-спільноти, що використовуються для обміну професійним досвідом, навчальні портали та інформаційно-навчальні ресурси у поєднанні із сервісами пошукових систем стали ефективним інструментом для самонавчання. Однак позитивна риса доступності інформації одночасно виступає як сучасна проблема інформаційного перенасичення, що призводить до великих втрат часу та дезорієнтації під час пошуку корисної професійної та навчальної інформації. У зв'язку з цим постає задача побудови інформаційно-освітніх середовищ із сукупності ресурсів багатопредметного і міждисциплінарного web-середовища, яке б стало основою для організації асинхронного навчання з використанням технологій дистанційного навчання, які дозволяють на новому рівні організувати самостійну роботу тих, хто навчається.

Основою сучасної системи управління навчальною діяльністю є система управління навчанням – комп'ютерний програмний комплекс, який використовується для розробки, управління та поширення навчальних онлайн-матеріалів із забезпеченням спільного доступу до них. Створюються дані матеріали у візуальному навчальному середовищі з заданням послідовності їх вивчення. До складу матеріалів входять різного роду індивідуальні завдання,

проекти для роботи в малих групах, інші навчальні елементи для всіх учнів, які засновані як на змістовній компоненті, так і на комунікативній.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Сучасна педагогічна дійсність свідчить, що традиційне навчання не є спроможним задовольнити збільшені вимоги до підготовки майбутнього вчителя, оскільки не створює умов для формування вмінь та навичок самостійної пізнавальної діяльності, не сприяє розвитку творчих здібностей. Це зумовлює ряд протиріч між наявним рівнем готовності спеціаліста до професійної діяльності та сучасними вимогами до його підготовки, між потребою студента у самовираженні та здатністю освіти задовольнити дану потребу. Тому виникає необхідність пошуку інших підходів до організації процесу навчання майбутнього вчителя, які сприяли б появі нового рівня якості навчання за рахунок активізації пізнавальної діяльності. У зв'язку з цим виправданим є інтерес до інтерактивного навчання, що якнайкраще сприяє досягненню поставленої мети завдяки активному характеру педагогічної взаємодії між викладачем та студентами.

Як зазначають В.М. Кухаренко, В.І. Овсянніков, Є.С. Полат, застосування нових організаційних (технологічних) форм навчання принципово змінює спосіб одержання і засвоєння знань, а також взаємодію між студентом та викладачем. Джерелом інформації в цих моделях є бази даних в освітньому просторі, координатором навчального процесу – викладач, а інтерпретатором знань – студент.

Суттєво змінюється в цьому навчальному процесі і роль викладача. На нього покладаються такі функції, як координування пізнавального процесу, коригування курсу, що вивчається, консультування слухачів під час впорядкування індивідуального навчального плану, керування їхніми навчальними проектами тощо. Він допомагає студентам у їхньому професійному самовизначенні. Діяльність студента змінюється у напрямі від одержання знань до їх пошуку.

Формування мети дослідження. Метою статті є дослідження використання комп'ютерних технологій у процесі навчання та їх інтеграція із традиційними методами. Визначення функціональних можливостей та ефективності впровадження LMS системи кафедри комп'ютерних технологій як для підтримки традиційного навчання, так і створення самостійних дистанційних курсів.

Виклад основного матеріалу. Основною ідеєю дистанційного навчання є створення навчального інформаційного середовища, що охоплює комп'ютерні інформаційні джерела, електронні бібліотеки, відео- та аудіотеки, книги і навчальні посібники. Складниками такого навчального середовища є як студенти, так і викладачі, взаємодія яких здійснюється за допомогою сучасних телекомунікаційних засобів. Таке навчальне середовище дає унікальні можливості студентам для одержання знань як самостійно, так і під керівництвом викладачів.

Дистанційне навчання може бути послідовним, паралельним або самостійним фрагментом у загальній системі навчання. У першому випадку зміст навчання частково поділяється між очною і дистанційною формами, які послідовно застосовуються в єдиній лінійній системі організації освітнього процесу. В умовах паралельного використання дистанційне навчання не несе самостійного навантаження у процесі засвоєння нового знання, формування мотиваційно-поведінкової та особистісної сфер студента, а виконує ілюстративні, тренінгові і контролюючі функції. У третьому варіанті дистанційне навчання може бути застосоване для повного вивчення окремого предмета освітньої програми або всього курсу.

Найкраще для реалізації завдань електронного навчання підходять LMS та LCMS. Система управління навчанням забезпечує інструменти, які дозволяють компаніям планувати, проводити та керувати навчальними програмами будь-яких форматів. Вона підтримує численні засоби розробки курсів. Системи управління навчальним контентом займають свою нішу в майбутньому і активно використовуються зараз, адже можуть поєднуватись і з іншими формами навчання, такими як практичне навчання, заняття з інструктором, традиційне навчання із заняттями та лекціями та ін.

Для реалізації навчальних цілей дистанційного навчання були створені різні системи керування навчанням. Одною з них є Moodle. Це безкоштовна онлайн-система управління навчанням, що дозволяє викладачам створювати свій власний веб-сайт, наповнений динамічними курсами, які розширюють навчання, в будь-який час і в будь-якому місці [2].

Moodle дозволяє створювати курси і web-сайти, які базуються на Internet. Це середовище охороняється авторськими правами, але й звичайний користувач також володіє деякими правами. Він може копіювати, використовувати і змінювати програмний код на свій розсуд, в тому разі

якщо він згоден: надавати код іншим, не змінювати і не вилучати початкові ліцензії та авторські права, використовувати таку ж ліцензію на всю подальшу роботу. Moodle може бути встановлений на будь-якому комп'ютері, що підтримує PHP, а також бази даних типу SQL.

У середовищі Moodle студенти отримують: доступ до навчальних матеріалів (тексти лекцій, завдання до практичних/лабораторних та самостійних робіт; додаткові матеріали (книги, довідники, посібники, методичні розробки) та засобів для спілкування і тестування «24 на 7»; засоби для групової роботи; можливість перегляду результатів проходження дистанційного курсу студентом; можливість перегляд результатів проходження тесту; можливість спілкування з викладачем через особисті повідомлення, форум, чат; можливість завантаження файлів з виконаними завданнями; можливість використання нагадувань про події у курсі[1].

Викладачам надається можливість: використання інструментів для розробки авторських дистанційних курсів; розміщення навчальних матеріалів (тексти лекцій, завдання до практичних/лабораторних та самостійних робіт; додаткові матеріали (книги, довідники, посібники, методичні розробки) у форматах .doc, .odt, .html, .pdf, а також відео, аудіо і презентаційні матеріали у різних форматах та через додаткові плагіни; додавання різноманітних елементів курсу; проведення швидкої модифікації навчальних матеріалів; використання різних типів тестів; автоматичного формування тестів; втоматизації процесу перевірки знань, звітів щодо проходження студентами курсу та звітів щодо проходження студентами тестів; додавання різноманітних плагінів до курсу дозволяє викладачу використовувати різноманітні сторонні програмні засоби для дистанційного навчання.

Система Moodle надає викладачу інструментарій для подання навчально-методичних матеріалів курсу, проведення теоретичних і практичних занять, організації як індивідуальної, так і групової навчальної діяльності студентів. Moodle має не тільки багатофункціональний модуль для тестування, але й надає можливість оцінювати роботу студентів, що виконувалася в таких елементах курсу як Завдання, Форум, Wiki, Глосарій і т.д., причому оцінювання може здійснюватися за шкалами, створеними самим викладачем. Всі оцінки можуть бути переглянуті за допомогою журналу оцінок курсу, який має багато налаштувань для відображення та групування оцінок[3].

Починати роботу слід з пошуку хостингу, платного або безкоштовного. Оскільки LMS Moodle є вимогливою і навіть не всі платні хостинги можуть підійти для її роботи, безкоштовні немає сенсу шукати. Система може встановитись, але працюватиме нестабільно. Тому ми вибрали платний, але не дорогий хостинг Hostinger. Спочатку необхідно зареєструватись та вибрати тарифний план. У вас з'явиться свій акаунт, з якого ви зможете керувати своїм сайтом. Також необхідно вибрати домен і придумати url-адресу. Наш LMS система матиме посилання moodlelntu.xuz. Для проходження авторизації необхідно ввести логін і пароль. Якщо всі дані правильні ми зайдемо на сайт з правами адміністратора, тобто можливістю його редагування. Тепер необхідно створити контент сайту, створити категорії, курси, дисципліни, групи і т.д. Щоб додати категорію потрібно на вкладці «Керування» натиснути «Додати підкатегорію», а далі «Створити нову категорію». Кожна категорія буде наповнена своїми дисциплінами, а ті в свою чергу лекціями та практичними робота відповідно до навчальних планів та бачень викладача, який займається даною дисципліною. Кожному користувачу надаються свої права, різного рівня обмеженості. Студенти можуть лише відкривати дисципліни, завантажувати свої звіти, проходити тести і т.п. але, звичайно, їм заборонено редагувати та вносити будь-які зміни до дисципліни. Такі права маж лише викладач даної дисципліни.

Після завершення створення та редагування категорій вони матимуть вигляд випадуючого меню, кожна включатиме дисципліни, які належать саме їй. Тобто, саме першому курсу денної форми навчання, другому і т.д. Створений курс необхідно наповнити. Викладач може завантажити лекції, практичні роботи, тестові завдання, відео чи сторінки зі статтями, глосарій і т.д.

В системі Moodle викладач може за своїм бажанням використовувати як тематичну, так і календарну структуру курсу. При тематичній структурі курсу поділяється на секції за темами. При календарній структурі – кожний тиждень вивчення курсу являє собою окрему секцію. Така структура зручна при дистанційній організації навчання й надає можливість студентам правильно планувати свою навчальну роботу. Редагування змісту курсу проводиться автором курсу в довільному порядку й може легко здійснюватися безпосередньо в процесі навчання. Авторизувавшись студент бачить такий блок як «Мої курси», там буде список усіх курсів, куди зараховано студента.

Метою будь-якого педагогічного експерименту є підтвердження або спростування гіпотези, тобто доведення того, що запропонований педагогічний вплив, засіб або нові форми, методи навчання є більш раціональними, оптимальними чи ефективними. У нашому дослідженні новим педагогічним впливом буде виступати застосування LMS Moodle, як середовища в якому студенти можуть працювати дистанційно та черпати інформацію в разі відсутності на занятті, або для повторного, більш детального ознайомлення із темою заняття. Для цього необхідно показати, що внаслідок застосування об'єкт експерименту – тобто група студентів, дає інші результати, ніж лише при традиційних педагогічних впливах.

Спочатку виділимо експериментальну групу, яка буде порівнюватись з контрольною групою. Якщо результати цих двох груп на початку експерименту будуть збігатись, а в кінці – відрізнятись, різниця ефектів педагогічних впливів буде обґрунтованою. Контрольна група – це студенти, які будуть вивчати тему традиційними методами, а експериментальна – студенти, які додатково будуть використовувати середовище Moodle. Отже, необхідно провести два порівняння і показати, що при першому результати двох груп збігаються, а при другому – різняться.

Алгоритм використання статистичних критеріїв має такий вигляд: до початку і після закінчення експерименту на підставі інформації про результати спостережень обчислюється емпіричне значення критерію. Це число порівнюється з відомим числом – критичним значенням критерію. Якщо емпіричне значення критерію виявляється меншим або дорівнює критичному, то можна стверджувати, що «характеристики експериментальної і контрольної груп збігаються з рівнем значимості 0,05 за статистичним критерієм... (Крамера-Уелча, Вілкоксона-Манна-Уїтні, Фішера)». В іншому випадку (якщо емпіричне значення критерію виявляється строго більше критичного) можна стверджувати, що «достовірність відмінностей характеристик експериментальної та контрольної груп за статистичним критерієм дорівнює 95%». Отже, якщо характеристики експериментальної і контрольної груп до початку експерименту збігаються з рівнем значимості 0,05, і, одночасно з цим, достовірність відмінностей характеристик експериментальної та контрольної груп після експерименту дорівнює 95%, то можна зробити висновок, що «застосування запропонованого педагогічного впливу (використання дистанційної системи) призводить до статистично значущих (на рівні 95% за критерієм...) відмінностей результатів».

Для дослідження було обрано дві групи студентів, які систематично відвідували заняття: контрольна група – 11 чоловік, експериментальна група – 12 чоловік. Це групи з повним та скороченим терміном навчання, які вчаться на одному курсі і за однією спеціальністю, тому результати їх знань мають бути однаковими. Виділимо чотири рівні знань (L=4): високий від 10 до 12 балів, достатній від 7 до 9, середній від 4 до 6, і низький до 3. Поставимо у відповідність рівням знань (низькому, середньому, достатньому і високому) бали – 1, 2, 3 і 4. Обчислимо, наприклад, спочатку для контрольної групи до початку експерименту число її членів, які отримали бал, що належить тому чи іншому діапазону. Аналогічним чином визначення кількість студентів, що належать до кожного з рівнів у контрольній групі після експерименту, та у експериментальній до і після експерименту.

Таблиця 1 Результати вимірювань рівня знань в контрольній та експериментальній групах до і після експерименту

Рівень знань	Контрольна група до початку експерименту (чол.) ¹¹	Експериментальна група до початку експерименту (чол.) ¹²	Контрольна група після закінчення експерименту (чол.)	Експериментальна група після закінчення експерименту (чол.)
Низький	0	0	0	0
Середній	1	2	0	0
Достатній	6	6	7	6
Високий	4	4	4	6

Відобразимо візуально рівні обох груп на кожному етапі експерименту. Для кращої наочності подальших результатів (рис. 1).



Рисунок 1 – Розподіл студентів (у %) за рівнями знань до початку експерименту у кожній з груп

Як бачимо з гістограми 1 до початку експерименту студенти у кожній з груп розподілені за рівнем знань практично рівноцінно. Порівняємо результати обох груп по закінченню експерименту (рис.2).



Рисунок 2 – Розподіл студентів (у %) за рівнями знань після експерименту у кожній з груп
 Як бачимо, після експерименту утворилась відчутна різниця між рівнями у групах, особливо це помітно за приростом високого та зникненням середнього рівня у експериментальній групі.

Тепер розглянемо аналогічну гістограму експериментальної групи (рис. 3).



Рисунок 3 – Розподіл студентів (у %) за рівнями знань до і після експерименту у експериментальній групі

Дана гістограма найбільш повно характеризує ефективність застосування програмного продукту. Адже помітний відчутний приріст достатнього і високого рівнів за рахунок повного зникнення низького і середнього.

Завершивши розгляд показників описової статистики, перейдемо до загальної методики визначення ступеня достовірності збігів і відмінностей.

Обмежимося рівнем значущості $\alpha = 0,05$, тому, якщо емпіричне значення критерію виявляється менше або дорівнює критичного, то можна зробити висновок, що «характеристики експериментальної і контрольної груп збігаються з рівнем значимості 0,05». Якщо емпіричне значення критерію виявляється строго більше критичного, то можна зробити висновок, що «достовірність відмінностей характеристик експериментальної та контрольної груп дорівнює 95%».

Обрахуємо критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні. При перевірці даних експерименту було визначено відсутність вагомих відмінностей, тому експеримент варто вважати достовірним.

Отже, провівши експеримент можна зробити обґрунтовані висновки, що навіть при традиційному навчанні, але з використанням дистанційного середовища, рівень знань студентів підвищується. Вони мають цілодобовий доступ до поданих викладачем матеріалів: лекцій, презентацій, статей, відеоуроків, практичних робіт тощо. Тому, якщо студенти були відсутні на заняттях, або їм потрібно більше часу для розуміння теми, вони можуть використовувати всі матеріали курсу в будь-який зручний для них час для поглиблення своїх знань.

Висновки. Дослідження показало, що використання навчального online-середовища сприяє значному покращенню ефективності процесу навчання. Завдяки підвищенню інтересу студентів до використання систем дистанційного навчання та комп'ютерних технологій у навчальних цілях, відчувається значний прогрес у мотиваційній сфері та вищий рівень зацікавленості дисциплінами, що у свою чергу впливає на результативність та якість навчання.

Отже, впровадження сучасних технологій навчання, таких як електронне, є зараз одним з пріоритетних напрямків розвитку освіти, забезпечення її доступності та подальшого удосконалення навчально-виховного процесу. Інформаційні технології та комп'ютерна техніка постійно розвиваються, використання сучасних технологій навчання зараз є необхідністю. Система Moodle надає багато можливостей в організації повноцінного навчального процесу, включаючи засоби навчання, систему контролю й оцінювання навчальної діяльності студентів та інші необхідні складові системи електронного навчання.

1. Features [Електронний ресурс] // Moodle.org. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.moodle.org/34/en/Features> (6.12.2017)
2. Moodle [Електронний ресурс] // Вікіпедія – Вільна енциклопедія. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Moodle> (21.11.2017).
3. Басараба Н. Платформа дистанційного навчання moodle та її використання в організації навчального процесу / Н. Басараба. // Рівненський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти. – 2013. – С. 1–6.

УДК 602.1:519.85:53.082.9:616-07

В.П. Марценюк¹, А.С. Сверстюк², І.Є. Андрущак³

¹ Університет в Бельсько Бяла, Польща

² Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського,
кафедра медичної інформатики, Україна, м. Тернопіль

³ Луцький національний технічний університет, Україна, м. Луцьк

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІОСЕНСОРНИХ ТА ІМУНОСЕНСОРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В.П. Марценюк, А.С. Сверстюк, І.Є. Андрущак Математичне моделювання біосенсорних та імуносенсорних інформаційних систем В статті розглянуто статичні та динамічні математичні моделі біосенсорних та імуносенсорних інформаційних систем. Запропоновано статичну модель оптичного біосенсора, динамічні моделі для визначення рівня глюкози, для оптимізації розробки біосенсорів, модель біосенсора в циліндричних координатах, на основі використання кінетики Міхаеліса-Ментена. Розроблена модель імуносенсора у вигляді решітчастих диференціальних рівнянь із запізненням.

Ключові слова: біосенсор, імуносенсор, решітчасті диференціальні рівняння, диференціальні рівняння із запізненням, диференціальні рівняння в частинних похідних

В.П. Марценюк, А.С. Сверстюк, І.Є. Андрущак Математическое моделирование биосенсорных и иммуносенсорных информационных систем В статье рассмотрены статические и динамические математические модели биосенсорных и иммуносенсорных информационных систем. Предложено статическую модель оптического биосенсора, динамические модели для определения уровня глюкозы, для оптимизации разработки биосенсоров, модель биосенсора в цилиндрических координатах, на основе использования кинетики Михаэлиса-Ментена. Разработанная модель иммуносенсора в виде решетчатых дифференциальных уравнений с запаздыванием.

Ключевые слова: биосенсор, иммуносенсор, решетчатые дифференциальные уравнения, дифференциальные уравнения с опозданием, дифференциальные уравнения в частных производных

V.P. Martsenyuk, A.S. Sverstiuk, I.E. Andrushchak Mathematical modeling of biosensor and immunosensory information systems In the article static and dynamic mathematical models of biosensory and immunosensory information systems are considered. The static model of the optical biosensor, dynamic models for determination of glucose level, for optimization of biosensor development, biosensor model in cylindrical coordinates, based on the use of Michaelis-Menten kinetics is proposed. A model of the immunosensor in the form of lattice partial differential equations with delay was developed.

Keywords: biosensor, immunosensor, lattice differential equations, delayed differential equations, partial differential equations

Вступ. Стрімкий розвиток науки і техніки потребує появи нових методів детекції. Тому в науці та промисловості зростає інтерес до біосенсорів. Біосенсори є альтернативою до загальновикористовуваних методів вимірювання, які характеризуються поганою вибірковістю, високою вартістю, поганою стійкістю, низьким відгуком і переважно можуть використовуватися лише високодосвідченим персоналом. Біосенсори – це аналітичні прилади, які перетворюють процеси біохімічних реакцій на фізичну величину, яку можна виміряти. У своїй конструкції вони використовують біологічні матеріали, які надають високу вибірковість, селективність, точність, дають змогу здійснювати швидкі і прості вимірювання [1]. Біосенсори характеризуються високою ефективністю і широко використовуються у харчовій промисловості [2], при захисті навколишнього середовища [3], в оборонній промисловості [4], але найчастіше використовуються у медицині [5-8], як інструмент для постановки діагнозів. В цілому сімейство біосенсорів ділиться на дві частини. Перша пов'язана з рівнем рецептора до біологічного матеріалу, який використовується в його будові. В якості рецепторів можуть бути ензим, протеїн, порферін, антиген або антитіло. Друга частина біосенсорів обмежена до шару провідника, де біологічний ефект перетворюється на вимірювальний сигнал, який може бути електрохімічний, імпедансний, амперометричний, оптичний та ін.

Постановка проблеми. Математичні моделі біосенсорних та імуносенсорних інформаційних систем повинні враховувати просторово-часові властивості пристроїв, в яких використовується детектор. Відносно просторової організації досліджувана модель повинна ґрунтуватися на певній дискретній структурі, яка буде враховувати взаємодію пікселів імуносенсора. З точки зору часових змін моделі повинні описувати процеси, відомі як популяційна динаміка. Саме тому проблему становить розробка математичних моделей біосенсорів та імуносенсорів, які б враховували біологічні припущення щодо основних компонент пристрою – симетричну геометрію біосенсора і однорідний розподіл іммобілізованого ферменту та реакції зв'язування в ферментному шарі, кінетичні властивості бактеріальних ферментативних реакцій, кінетику Міхаеліса-Ментена,

колоній антигенів і антитіл, локалізованих у пікселях, дифузії колонії антигенів між пікселями та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом велика увага дослідників привернута питанням розробки та використання біосенсорів та імуносенсорів [1-10]. У роботі [5] наведено ґрунтовний огляд теоретичних основ проектування біосенсорів. Прикладні аспекти використання імуносенсорів обговорюються в [9].

Важливе значення у функціонуванні біосенсорів має фізичне явище флуорисценції, про що йде мова в [3, 4, 10]. У [13] сформульовано основні задачі, пов'язані з дослідженням стійкості в біосенсорах. У роботах [1, 12, 13] йдеться про проектування сенсорів, в основу роботи яких покладено перебіг хімічних реакцій. Для такого роду сенсорів використовується математичне моделювання в класі решітчастих диференціальних рівнянь. У даній роботі такий підхід буде використано для імуносенсорів.

В [14] викладено основні результати щодо використання популяційної динаміки, в якості моделі імунної системи за допомогою диференціальних рівнянь із запізненням, яка буде використана в даній роботі.

Мета дослідження. Запропонувати для біосенсорних та імуносенсорних інформаційних систем статичні та динамічні моделі.

1. Структура біосенсорів та імуносенсорів. Біосенсор – це аналітичний прилад, що містить в своєму складі біологічний чутливий елемент (фермент, антитіло, ДНК, клітинні органели, клітини чи шматочки тканин) поєднаний з перетворювачем (електрохімічним, оптичним, калориметричним, акустичним). Вимірювання концентрації мішені аналізатор виконує кількісним перетворенням параметрів реакції у кількісний електричний чи оптичний сигнал

Серед великого сімейства біосенсорів імуносенсиори є типовими сенсорами, що містять шар рецептора, який чутливий і селективний, включаючи імобілізований біологічний елемент, наприклад антитіло, антиген або хаптен, які є імунологічними рецепторами для молекул, які досліджуються. В імуносенсорі (імуносенсорі) відбувається реакція, яка ґрунтується на взаємодії між антитілом і антигеном або маленькими молекулами (хаптенами). Антитіла часто називаються імуноглобулінами тому, що вони є протеїнами, які пов'язані з імунною системою.

Імуноглобуліни використовуються імунною системою для ідентифікації та нейтралізації чужорідних об'єктів. Вони використовують властивості зв'язування антигенів. Антигени і антитіла, можуть використовуватися в шарі рецептора в біосенсорах. Зменшення властивостей, які пов'язані з антитілами під час процесу імубілізації антигену, використовуються в конструкції шару рецептора, де антитіла в відіграють функцію аналітів (молекул предметного детектування) [9].

Молекули, які пов'язані з детекцією, забезпечують зв'язування антитіл з антигенами, утворюючи складні конструкції. При цьому між антигенами і антитілами утворюються дуже сильні зв'язки з константою зв'язування $Ka = 10^{-12} - 10^{-14}$ [10].

2. Статична модель оптичного біосенсора. Математичне моделювання для відбиття світла в оптичних біосенсорах [11] засноване на матричному методі для моделі N -шару, який застосований для обчислення відбиваючої здатності відбитого світла. Позначимо через d_k товщину шарів, які розглядаються вздовж умовної осі Z . Вважаючи, що k -тий шар має діелектричну постійну та показник заломлення, який позначимо ε_k і n_k відповідно. Співвідношення між тангенціальним полем на першому розмежуванні та тими, що знаходяться на кінцевому розмежуванні, можна записати:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ V_1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} U_{N-1} \\ V_{N-1} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де U_1 – тангенціальна компонента електричного поля на межі першого шару. Тангенціальні компоненти магнітного поля позначено через V_1 на тій же межі. Аналогічно, U_{N-1} і V_{N-1} –

відповідні поля для межі на N шарі. M_{ij} є характеристичною матрицею, яка показує комбіновану структуру сенсора. Отже, плоско поляризоване світло має наступні рівняння

$$M_{ij} = \left(\prod_{k=2}^{N-1} M_k \right)_{ij} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$M_k = \begin{pmatrix} \cos \beta_k & -(i \sin \beta_k) / q_k \\ -i q_k \sin \beta_k & \cos \beta_k \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\text{де, } q_k = \left(\frac{\mu_k}{\varepsilon_k} \right)^{1/2} \cos \theta_k = \frac{(\varepsilon_k - n_1^2 \sin^2 \theta_1)^{1/2}}{\varepsilon_k} \quad (4)$$

$$\beta_k = \frac{2\pi}{\lambda} n_k \cos \theta_k (z_k - z_{k-1}) = \frac{2\pi d_k}{\lambda} (\varepsilon_k - n_1^2 \sin^2 \theta_1)^{1/2} \quad (5)$$

Коефіцієнт відбиття для плоско-поляризованого світла дорівнює:

$$R_p = \frac{(M_{11} + M_{12} q_N) q_1 - (M_{21} + M_{22} q_N)}{(M_{11} + M_{12} q_N) q_1 + (M_{21} + M_{22} q_N)} \quad (6)$$

Інтенсивність відбиття для плоско-поляризованого світла дорівнює:

$$R_p = |r_p|^2 \quad (7)$$

Запропонована математична модель біосенсора може бути використана в інформаційних системах для медичної діагностики, контролю якості харчових продуктів та моніторингу навколишнього середовища.

3. Динамічні моделі біосенсорів у вигляді диференціальних рівнянь в частинних похідних.

3.1. Моделі біосенсорів на основі закону Фіка.

3.1.1. Модель біосенсора для визначення рівня глюкози.

З метою спрощення моделі, всі параметри були нормалізовані до безрозмірних величин. Нижченаведена система підсумовує безрозмірні параметри, використані в роботі [12]. Параметри відліку: концентрація субстрату в об'ємному розчині (S_0), товщина мембрани (l_m) та коефіцієнт дифузії субстрату (D_{sm}). Реакційно-дифузійний механізм біосенсора в об'ємному розчині та дифузійний шар можна описати відповідно до другого закону Фіка за такими рівняннями:

$$\frac{\partial S}{\partial T} = \bar{D}_{sd} \frac{\partial^2 S}{\partial X^2} - \frac{V_{\max} \cdot S}{K_M + S} \quad (8)$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial T} = \bar{D}_{pd1} \frac{\partial^2 P_1}{\partial X^2} + \frac{V_{\max} \cdot S}{K_M + S} \quad (9)$$

$$\frac{\partial Ib}{\partial T} = \bar{D}_{id} \frac{\partial^2 Ib}{\partial X^2} - K_i E a I b \quad (10)$$

$$\frac{\partial E a}{\partial T} = -K_i E a I b, \quad (11)$$

де \bar{D}_{sd} , \bar{D}_{pd1} , \bar{D}_{id} – коефіцієнти дифузії субстрату, продукт ($P_1 - D$ – глюкоза) та інгібітор в дифузійному шарі.

В полікарбонатній мембрані:

$$\frac{\partial P_1}{\partial T} = \bar{D}_{pd1} \frac{\partial^2 P_1}{\partial X^2} + \frac{V_{\max} \cdot S}{K_M + S}, \quad (12)$$

де C – субстрат S продукту P_1 .

У мембрані глюкозної оксидази, яка розглядається як однокамерна, рівняння системи виглядають так:

$$\frac{\partial S}{\partial T} = \overline{D}_{Sm} \frac{\partial^2 S}{\partial X^2} \quad (13)$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial T} = \overline{D}_{pm1} \frac{\partial^2 P_1}{\partial X^2} - \frac{V'_{\max} \cdot P_1}{K'_M + P_1} \quad (14)$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial T} = \overline{D}_{pm2} \frac{\partial^2 P_2}{\partial X^2} + \frac{V'_{\max} \cdot P_1}{K'_M + P_1} \quad (15)$$

де V'_{\max} , V'_{\max} і K_M , K'_M є максимальна ферментна швидкість і константи Міхаеліса-Ментена реакцій сахарози і глюкози, відповідно. \overline{D}_{pm1} , \overline{D}_{pm2} є коефіцієнтами дифузії в мембранах P_1 і P_2 , відповідно.

• Граничні умови ($t > 0$):

– На поверхні електродів ($X = 0$), субстрат, продукт ($P_1 = D - \text{glucose}$) і інгібітор є електро-нейтральними субстанціями,

$$\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=0} = 0 \quad (16)$$

Концентрація продукту ($P_2 = H_2O_2$) зменшується до нуля за рахунок швидкого перенесення заряду (поляризації електродів),

$$P_2|_{X=0} = 0 \quad (17)$$

– На межі поділу матриця / дифузійний шар глюкозної оксидази, а також на межі поділу пориста мембрана / дифузійний шар масу збереження кожного виду можна записати наступним чином,

$$\overline{D}_{Cm} \left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1^-} = \overline{D}_{Cp} \left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1^+} \quad (18)$$

$$\overline{D}_{Cp} \left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1+\delta_p^-} = \overline{D}_{Cd} \left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1+\delta_p^+}, \quad (19)$$

де C – субстрат S продуктів (P_1, P_2) і інгібітора Ib .

– В об'ємному розчині ($X = 1 + \delta_p + \delta_d$) концентрації субстрату, продуктів та інгібітора залишаються константами

$$\begin{cases} S(1 + \delta_p + \delta_d, T) = S_0 \\ P_1(1 + \delta_p + \delta_d, T) = P_{1\max} \\ P_2(1 + \delta_p + \delta_d, T) = 0 \\ Ib(1 + \delta_p + \delta_d, T) = Ib_0 \end{cases}, \quad (20)$$

де $P_{1\max}$ є максимальною концентрацією продукуючої глюкози.

Початкові умови, під час інжекції ферменту інвертази та інгібітора ($T = 0$) є наступними:

$$E(X, 0) = \begin{cases} 0, & \text{äëÿ} & 0 \leq X < 1 + \delta_p \\ E, & \text{äëÿ} & X \geq 1 + \delta_p \end{cases} \quad (21)$$

$$Ib(X, 0) = \begin{cases} 0, & \text{äëÿ} & 0 \leq X < 1 + \delta_p + \delta_d \\ Ib_0, & \text{äëÿ} & X = 1 + \delta_p + \delta_d \end{cases} \quad (22)$$

Через проміжок часу, що відповідає інкубації ферменту-інгібітору ($T = T_0$):

$$S(X, T_0) = \begin{cases} 0, & \text{äëÿ} & 0 \leq X < 1 + \delta_p + \delta_d \\ S_0, & \text{äëÿ} & X = 1 + \delta_p + \delta_d \end{cases} \quad (23)$$

$$E(X, T_0) = \begin{cases} 0, & \text{äëÿ } 0 \leq X < 1 + \delta_p \\ Ea, & \text{äëÿ } X \geq 1 + \delta_p \end{cases} \quad (24)$$

Щільність струму, виміряна як амперометрична відповідь біосенсора, прямо пропорційна потоку концентрації продукту на поверхні електроду ($X = 0$) і може бути отримано у явному вигляді, згідно із законами Фарадея та Фіка:

$$I(T) = \bar{D}_{pm_2} \left. \frac{\partial P_2}{\partial X} \right|_{X=0}, \quad (25)$$

$$\text{де } I(T) = i(t) \times \frac{lm}{D_{sm} \cdot s_0 \cdot ne \cdot F} \quad (26)$$

Кінетичні терміни розраховані за формулою (9) в момент часу $T = (j+1)\Delta T$ і в положенні $X = i\Delta X$, були наближений до наступного:

$$f(S_i^{j+1}, Ea_i^{j+1}) = \frac{(K_{cat} \cdot Ea_i^{j+1}) \cdot S_i^{j+1}}{K_M + S_i^{j+1}} \quad (27)$$

Формулу (27) лінеаризовано за допомогою ряду Тейлора:

$$f(S_i^{j+1}, Ea_i^{j+1}) = f(S_i^j, Ea_i^{j+1}) + \frac{\partial f(S_i^j, Ea_i^{j+1})}{\partial S} (S_i^{j+1} - S_i^j) \quad (28)$$

Апроксимація рівнянь реакції дифузії субстрату, продукту (P_1) та інгібітора в об'ємному розчині та дифузійному шарі отримуємо наступні відповідні співвідношення:

$$\begin{cases} \frac{C_i^{j+1} - C_i^j}{\Delta T} = \bar{D}_{Cm} \frac{C_{i-1}^{j+1} - 2S_i^{j+1} + C_{i+1}^{j+1}}{\Delta X^2} - f(S_i^{j+1}, Ea_i^{j+1}) \\ \frac{Ib_i^{j+1} - Ib_i^j}{\Delta T} = \bar{D}_{lm} \frac{Ib_{i-1}^{j+1} - 2Ib_i^{j+1} + Ib_{i+1}^{j+1}}{\Delta X^2} - K_i \cdot Ea_i^{j+1} \cdot S_i^{j+1}, \end{cases} \quad (29)$$

де C – субстрат S продукту P_1 .

Граничними умовами є наступна апроксимація:

На поверхні електроду: $X = 0$

$$\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=0} = 0 \Rightarrow -C_1^{j+1} + C_0^{j+1} = 0 \quad (30)$$

$$P_2|_{X=0} = 0 \Rightarrow (P_2)_0^{j+1} = 0$$

Для глюкозної оксидази на межі поділу матриця / дифузійний шар ($X = 1$), а також на межі поділу пориста мембрана / дифузійний шар ($X = 1 + \delta_p$) можна записати:

$$\bar{D}_{Cm} \frac{C_i^{j+1} - C_{i-1}^{j+1}}{\Delta X} = \bar{D}_{Cp} \frac{C_{i+1}^{j+1} - C_i^{j+1}}{\Delta X}, \quad (31)$$

де C – субстрат S продукту P_1 .

В об'ємному розчині ($X = 1 + \delta_p + \delta_d$):

$$\begin{cases} S(1 + \delta_p + \delta_d, T) = S_0 \Rightarrow S_i^{j+1} = S_0 \\ P_1(1 + \delta_p + \delta_d, T) = P_{1\max} \Rightarrow P_{1\max} \Rightarrow (P_1)_i^{j+1} = (P_1)_{i-1}^{j+1} \\ P_2(1 + \delta_p + \delta_d, T) = 0 \Rightarrow (P_2)_i^{j+1} = 0 \\ Ib(1 + \delta_p + \delta_d, T) = Ib_0 \Rightarrow Ib_i^{j+1} = Ib_0 \end{cases} \quad (32)$$

Безрозмірна густина струму біосенсора $I(T)$ може бути наближена наступним чином:

$$I(T) = \bar{D}_{pm_2} \frac{(P_2)_i^{j+1}}{\Delta X_1} \quad (33)$$

Апроксимуючи рівняння (29) та (32) по всій області $X \in [0, 1 + \delta_p + \delta_d]$ за неявною кінцевою різницевою схемою отримаємо:

$$\alpha_i C_{i-1}^{j+1} + \beta_i C_i^{j+1} + \gamma_i C_{i-1}^{j+1} = d_i^j \quad (34)$$

Застосування алгоритму Томаса до тридіагональної системи, отриманої з кроком в часі (j), концентрація кожного виду, в часі ($j+1$) можна визначити одночасно для всіх решіток поверхні.

$$A_C^{(i,j)} \times [C]^{j+1} = [C]^j \quad (35)$$

де C відповідає субстрату S , продукти (P_1, P_2), інгібітор Ib , активний фермент Ea .

Чисельне моделювання реакції біосенсора на глюкозу було успішно застосоване для калібрування та перевірки описаної математичної моделі. Теоретичні результати та експериментальні дані про амперометричну реакцію біосенсора практично збігаються до струму стаціонарного стану, досягається добрий лінійний зв'язок між інтенсивністю струму та концентрацією глюкози.

3.1.2. Модель для оптимізації розробки біосенсорних інформаційних систем.

Оптимізаційним методам проектування біосенсорних інформаційних систем [15] необхідні адекватні математичні моделі. Припускаючи симетричну будову біосенсора і однорідний розподіл іммобілізованого ферменту та реакції зв'язування у ферментному шарі з одновимірною в просторі дифузією, яка описана другим законом Фіка, наведемо рівняння реакції такого типу дифузії ($0 < z < d_1, t > 0$).

$$\frac{\partial E_{red}}{\partial t} = D_{E_{red}} \frac{\partial^2 E_{red}}{\partial z^2} + k_1 E_{ox} G - 2k_2 E_{red} S_1 - 2k_3 E_{red} S_2, \quad (36)$$

$$\frac{\partial E_{ox}}{\partial t} = D_{E_{ox}} \frac{\partial^2 E_{ox}}{\partial z^2} - k_1 E_{ox} G + 2k_2 E_{red} S_1 + 2k_3 E_{red} S_2, \quad (37)$$

$$\frac{\partial S_1}{\partial t} = D_{S_1} \frac{\partial^2 S_1}{\partial z^2} - 2k_2 E_{red} S_1 - k_4 S_1 P_2 + k_5 P_1 S_2, \quad (38)$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial t} = D_{S_2} \frac{\partial^2 S_2}{\partial z^2} - 2k_3 E_{red} S_2 + k_4 S_1 P_2 - k_5 P_1 S_2, \quad (39)$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial t} = D_{P_1} \frac{\partial^2 P_1}{\partial z^2} + 2k_2 E_{red} S_1 + k_4 S_1 P_2 - k_5 P_1 S_2, \quad (40)$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial t} = D_{P_2} \frac{\partial^2 P_2}{\partial z^2} + 2k_3 E_{red} S_2 - k_4 S_1 P_2 + k_5 P_1 S_2, \quad (41)$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = D_G \frac{\partial^2 G}{\partial z^2} - k_1 E_{ox} G, \quad (42)$$

де z і t означають простір і час, відповідно, $E_{red}(z, t)$ і $E_{ox}(z, t)$ – концентрації окисленої (E_{ox}) і зменшеної (E_{red}) глюкозодегідрогенази, відповідно, $S_1(z, t)$ і $S_2(z, t)$ – концентрації субстратів (фериціаніду та окисленого медіатора), $P_1(z, t)$ і $P_2(z, t)$ – концентрації продуктів реакції (фериціаніду і зменшеного медіатора), $G(z, t)$ – концентрація глюкози, $D_{E_{red}}, D_{E_{ox}}, D_{S_i}, D_{P_i}, D_G$ – відповідні коефіцієнти дифузії в ферментному шарі, а d_i – товщина ферментного шару, $i = 1, 2$.

За межами шару ферменту відсутня ферментативна реакція $z > d_1$. Кінетика неферментативних реакцій так само як транспорт масопередачі через мембрану ($d_1 < z < d_1 + d_2$) і в зовнішньому шарі ($d_1 + d_2 < z < d_1 + d_2 + d_3$) описуються аналогічними системами рівнянь реакції-дифузії [16].

Спочатку, фермент S_1 , рівномірно поширюється в ферментному шарі $0 < z < d_1$. Біосенсор починає працювати при $(t = 0)$, коли з'являється субстрат S_2 та глюкоза на зовнішній межі дифузійного шару $(z = d_1 + d_2 + d_3)$.

Рівняння керування (1-7) є типовими для класу біосенсорів, які використовуються для визначення субстратів [17].

3.1.3. Модель біосенсора на основі рівнянь реакції-дифузії. Зв'язування каталітичної реакції каталази та пероксидази в ферментативному шарі з дифузією в одновимірному просторі, описано законом Фіка, приводить до наступних рівнянь реакції-дифузії, що описують роботу біосенсора [20] в ферментативному шарі $(0 < x < d_e, t > 0)$:

$$\frac{\partial s_{1,e}}{\partial t} = D_{s_{1,e}} \frac{\partial^2 s_{1,e}}{\partial x^2} - k_1 e_1 s_{1,e} - \frac{k_{21} k_{22} e_2 s_{1,e} s_{2,e}}{k_{21} s_{1,e} + k_{22} s_{2,e}}, \quad (43)$$

$$\frac{\partial s_{2,e}}{\partial t} = D_{s_{2,e}} \frac{\partial^2 s_{2,e}}{\partial x^2} - \frac{k_{21} k_{22} e_2 s_{1,e} s_{2,e}}{k_{21} s_{1,e} + k_{22} s_{2,e}}, \quad (44)$$

$$\frac{\partial p_{1,e}}{\partial t} = D_{p_{1,e}} \frac{\partial^2 p_{1,e}}{\partial x^2} + \frac{k_1 e_1 s_{1,e}}{2}, \quad (45)$$

$$\frac{\partial p_{2,e}}{\partial t} = D_{p_{2,e}} \frac{\partial^2 p_{2,e}}{\partial x^2} + \frac{k_{21} k_{22} e_2 s_{1,e} s_{2,e}}{k_{21} s_{1,e} + k_{22} s_{2,e}}, \quad (46)$$

де x та t означають зміщення і час;

$s_{1,e}(x, t)$, $s_{2,e}(x, t)$ – молярні концентрації субстратів S_1 , S_2 ;

$p_{1,e}(x, t)$, $p_{2,e}(x, t)$ – молярні концентрації продуктів реакції P_1 , P_2 ;

d_e – товщина ферментного шару;

$D_{s_{1,e}}$, $D_{s_{2,e}}$, $D_{p_{1,e}}$, $D_{p_{2,e}}$ – дифузні коефіцієнти, які вважаються сталими;

k_1, k_{21}, k_{22} – сталі швидкості реакції.

За межами ферментного шару відбувається тільки масове перенесення шляхом дифузії субстратів та продуктів реакції. Рівняння керування для зовнішнього дифузійного шару $(t > 0, d_e < x < d_e + d_d)$ представлені припущенням, що зовнішній масовий транспорт підпорядковується обмеженому дифузійному режиму:

$$\frac{\partial c_d}{\partial t} = D_{c_d} \frac{\partial^2 c_d}{\partial x^2}, \quad c = s_1, s_2, p_1, p_2, \quad (47)$$

де $s_{1,d}(x, t)$, $s_{2,d}(x, t)$, $p_{1,d}(x, t)$, $p_{2,d}(x, t)$ означають молярні концентрації субстратів та продуктів у дифузійному шарі товщиною d_d ; $D_{s_{1,d}}$, $D_{s_{2,d}}$, $D_{p_{1,d}}$, $D_{p_{2,d}}$ – дифузні коефіцієнти.

Дифузійний шар розглядається як дифузійний шар Нернста [21]. За підходом Нернста шар товщиною d_d залишається незмінним з часом. Зроблено припущення, що розчин знаходиться в русі з однорідною концентрацією в дифузійному шарі.

3.2. Модель біосенсора в циліндричних координатах. У роботі [18] розглянуто математичну модель біосенсора, що описує кінетичні властивості бактеріальних ферментативних реакцій у відповідь на токсичні хімічні речовини та отриману електроактивну дифузію молекули в мініатюрній електрохімічній комірниці електроду. Модель характеризує генерований електричний струм, як функцію бактерій та концентрацій токсинів, електрохімічних розмірів комірок та електроду.

Для того, щоб розрахувати поточний струм як функцію часу, зімітовано дифузію молекул електрохімічно активного продукту ферментативної реакції з концентрацією $C_0(r, z, t)$. Ці молекули окислюються на робочій поверхні електроду та генерують струм. В моделі зроблено

припущення, що струм повністю контролюється масою переносу та кінетикою реакцій у розчині на електроді.

Оскільки електрохімічна комірка має циліндричну симетрію, то можна написати рівняння дифузії в циліндричних координатах, відповідно до другого закону Фіка:

$$\frac{\partial C_0(r, z, t)}{\partial t} = D_0 \left(\frac{\partial^2 C_0(r, z, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C_0(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 C_0(r, z, t)}{\partial z^2} \right) + f(t), \quad (48)$$

де D_0 – коефіцієнт дифузії електроліту, а $f(t)$ – швидкість появи електроліту.

3.3. Модель біосенсора, яка використовує кінетику Міхаеліса-Ментена. У роботі [19] розглядається модель біосенсора, яка включає в себе три області: ферментний шар (ферментна мембрана), де відбувається ферментативна реакція; шар транспортування масопередачі, шляхом дифузії обох сполук (субстрату S і продукту P), через напівпроникну мембрану; конвективна область, де концентрація аналіту підтримується постійною.

Припускаючи симетричну геометрію обох мембран та однорідний розподіл іммобілізованого ферменту в ферментному шарі доцільно використати двохкомпаратментну математичну модель. Динаміку концентрацій субстрату S , а також продукту P у ферментному шарі можна описати системою рівнянь реакції-дифузії ($t > 0$),

$$\begin{aligned} \frac{\partial s_e}{\partial t} &= d_{s_e} \frac{\partial^2 s_e}{\partial x^2} - \frac{v_{\max} s_e}{k_M + s_e}, \\ \frac{\partial p_e}{\partial t} &= d_{p_e} \frac{\partial^2 p_e}{\partial x^2} - \frac{v_{\max} s_e}{k_M + s_e}, \quad x \in (0, l_e), \end{aligned} \quad (49)$$

де x та t – зміщення і час; $s_e(x, t)$ і $p_e(x, t)$ – концентрації субстрату та продукту в ферментному шарі; d_{s_e} і d_{p_e} – коефіцієнти дифузії; v_{\max} – максимальна ферментативна швидкість ($v_{\max} = k_2 e_0$, e_0 – концентрація ензиму); k_M – константа Міхаеліса ($k_M = (k_{-1} + k_2) / k_1$).

За межами ферментної мембрани відбувається лише транспортування маси за рахунок дифузії обох сполук ($t > 0$),

$$\begin{aligned} \frac{\partial s_m}{\partial t} &= d_{s_m} \frac{\partial^2 s_m}{\partial x^2}, \\ \frac{\partial p_m}{\partial t} &= d_{p_m} \frac{\partial^2 p_m}{\partial x^2}, \quad x \in (l_e, l_e + l_m), \end{aligned} \quad (50)$$

де $S_m(x, t)$, $P_m(x, t)$ – концентрації субстрату та продукту реакції; d_{s_m} , d_{p_m} – коефіцієнти дифузії.

4. Модель імуносенсора у вигляді решітчастих диференціальних рівнянь. В моделях решітчастих диференціальних рівнянь просторова структура має дискретний характер. Решітчаста динаміка широко використана в задачах [22, 23], оскільки середовища, в яких популяційні види живуть, можуть бути дискретними, а не неперервними.

4.1. Решітчаста модель взаємодії антиген-антитіло для двовимірного масиву біопікселів.

Нехай $V_{i,j}(t)$ – концентрація антигенів, $F_{i,j}(t)$ – концентрація антитіл в біопікселі (i, j) , $i, j = \overline{1, N}$, згідно рисунку 1.

Модель ґрунтується на таких біологічних припущеннях для довільного біопікселя (i, j) .

1. Маємо деяку константу народжуваності, $\beta > 0$ для популяції антигенів.

2. Антигени нейтралізуються антитілами з деякою ймовірнісною швидкістю $\gamma > 0$.
3. Популяція антигенів прагне до деякої межі насичення з швидкістю $\delta_v > 0$.
4. Ми маємо деяку дифузію антигенів з чотирьох сусідніх пікселів $(i-1, j)$, $(i+1, j)$, $(i, j-1)$, $(i, j+1)$, з швидкістю дифузії $D\Delta^{-2}$, де $D > 0$ і $\Delta > 0$ є відстань між пікселями.
5. Ми маємо деяку сталу смертності антитіл $\mu_f > 0$.
6. В результаті імунної відповіді ми збільшуємо щільність антитіл з ймовірнісною швидкістю $\eta\gamma$.
7. Популяція антитіл прагне до деякого рівня насичення з швидкістю $\delta_f > 0$.
8. Імунна відповідь з'являється з деякою сталою затримкою в часі $\tau > 0$.

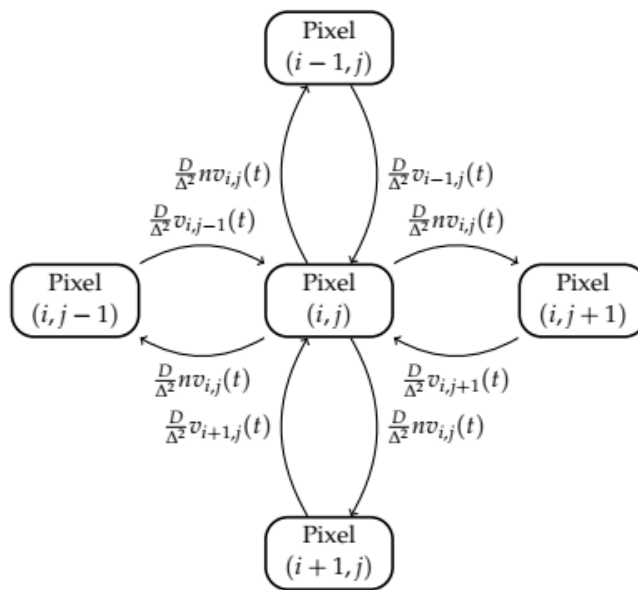


Рис. 1. Лінійна решітка, яка пов'язує чотири сусідні пікселі в моделі ($n > 0$ – стала дисбалансу).

На основі цього ми розглядаємо дуже просту конструкцію моделі антиген-антитіло із запізненням, для двохвимірному масиву біопікселів, яка ґрунтується на добре відомій моделі Марчука [24-26], і використовує просторовий оператор \hat{S} , запропонований в [27]:

$$\begin{aligned} \frac{dV_{i,j}(t)}{dt} &= (\beta - \gamma F_{i,j}(t - \tau)) - \\ &- \delta_v V_{i,j}(t - \tau) V_{i,j}(t) + \hat{S}\{V_{i,j}\} \\ \frac{dF_{i,j}(t)}{dt} &= (-\mu_f + \eta\gamma V_{i,j}(t - \tau)) - \\ &- \delta_f F_{i,j}(t) F_{i,j}(t) F_{i,j}(t) \end{aligned} \quad (51)$$

Модель (51) задана початковими функціями (52):

$$\begin{aligned} V_{i,j}(t) &= V_{i,j}^0(t) \geq 0, \\ F_{i,j}(t) &= F_{i,j}^0(t) \geq 0, \quad t \in [-\tau, 0), \\ V_{i,j}(0), \quad F_{i,j}(0) &> 0. \end{aligned} \quad (52)$$

Побудова моделі ґрунтувалася на ряді біологічних припущень щодо взаємодії колоній антигенів та антитіл [28-30].

Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі розглянуто підходи до розробки математичних моделей біосенсорів та імуносенсорів у вигляді диференціальних рівнянь в частинних похідних, які б враховували біологічні припущення щодо основних компонент пристрів – симетричну геометрію біосенсорів і однорідний розподіл іммобілізованого ферменту та реакції зв'язування в ферментному шарі, кінетичні властивості бактеріальних ферментативних реакцій, кінетику Міхаеліса-Ментена, колонії антигенів і антитіл, локалізованих у пікселях, дифузії колонії антигенів між пікселями

В роботі запропонована модель імуносенсора, яка ґрунтується на системі решітчатих диференціальних рівнянь із запізненням. Побудова моделі ґрунтувалася на ряді біологічних припущень щодо взаємодії колоній антигенів та антитіл, а також дифузії антигенів. Для опису дискретних в просторі колоній, локалізованих у відповідних пікселях, використано апарат решітчатих диференціальних рівнянь.

Запропоновані математичні моделі біосенсорів та імуносенсорів можуть бути використані в інформаційних системах для дистанційного зондування, виявлення ДНК, медичної діагностики, виявлення ферментів, безпеки харчових продуктів та моніторингу навколишнього середовища.

В подальших дослідженнях необхідно провести дослідження стійкості моделей біосенсорів та імуносенсорів на основі частинних похідних та решітчастих диференціальних рівнянь із запізненням.

1.L. Mosinska, K. Fabisiak, K. Paprocki, M. Kowalska, P. Popielarski, M. Szybowicz, A. Stasiak, et al., "Diamond as a transducer material for the production of biosensors," *Przemysl Chemiczny*, vol. 92, no. 6, pp. 919–923, 2013.

2.C. Adley, "Past, present and future of sensors in food production," *Foods*, vol. 3, no. 3, pp. 491–510, Aug. 2014. doi: 10.3390/foods3030491. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/foods3030491>.

3.A. Klos-Witkowska, "Enzyme-based fluorescent biosensors and their environmental, clinical and industrial applications," *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 24, pp. 19–25, 2015. doi: 10.15244/pjoes/28352. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15244/pjoes/28352>.

4.M. Bumworth, S. Rowan, and C. Weder, "Fluorescent sensors for the detection of chemical warfare agents," *Chemistry - A European Journal*, vol. 13, no. 28, pp. 7828–7836, Sep. 2007. doi: 10.1002/chem.200700720. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/chem.200700720>.

5.P. Mehrotra, "Biosensors and their applications – a review," *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, vol. 6, no. 2, pp. 153–159, May 2016. doi: 10.1016/j.jobcr.2015.12.002. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2015.12.002>.

6.Martsenyuk V.P. Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks / A. Klos-Witkowska, A.S. Sverstiuk // *Medical informatics and engineering*. – 2018.-№ 1(41). – p.13-19. DOI: <https://dx.doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.1.8887>.

7.Бігуняк Т.В. Деякі аспекти використання імуносенсорів у медицині / Т.В. Бігуняк, А.С. Сверстюк, К.О. Бігуняк // *Медичний форум*. – 2018. – № 14 (14). – С. 8-11.

8.Martsenyuk V.P. On principles, methods and areas of medical and biological application of optical immunosensors / A. Klos-Witkowska, A.S. Sverstiuk, T.V. Bihunyak // *Medical informatics and engineering*. – 2018.-№ 2 (42). – p.28-36. DOI: <https://dx.doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.2.9289>.

9.C. Moina and G. Ybarra, "Fundamentals and applications of immunosensors," *Advances in immunoassay technology*, pp. 65–80, 2012.

10. A. Klos-Witkowska, "The phenomenon of fluorescence in immunosensors," *Acta Biochimica Polonica*, vol. 63, no. 2, pp. 215–221, 2016. doi: 10.18388/abp.2015_1231. [Online]. Available: https://doi.org/10.18388/abp.2015_1231.

11. M. Saifur Rahman, Khaleda Akter Rikta, Labid Bin Bashar, M.S. Anower, Numerical analysis of graphene coated surface plasmon resonance biosensors for biomedical applications, *Optik*, Volume 156, 2018, Pages 384-390, ISSN 0030-4026, <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.11.057>.

12. F. Achi, S. Bourouina-Bacha, M. Bourouina, A. Amine, Mathematical model and numerical simulation of inhibition based biosensor for the detection of Hg(II), *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 207, Part A, 2015, Pages 413-423, ISSN 0925-4005, <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.10.033>.

13. T. D. Gibson, "Biosensors: The stability problem," *Analisis*, vol. 27, no. 7, pp. 630–638, 1999.

14. Y. Kuang, *Delay differential equations with applications in population dynamics*. New York: Academic Press, 1993.

15. Romas Baronas, Antanas Žilinskas, Linas Litvinas, Optimal design of amperometric biosensors applying multi-objective optimization and decision visualization, *Electrochimica Acta*, Volume 211, 2016, Pages 586-594, ISSN 0013-4686, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.06.101>.

16. V. Ašeris, E. Gaidamauskaitė, J. Kulys, R. Baronas, Modelling glucose dehydrogenase-based amperometric biosensor utilizing synergistic substrates conversion, *Electrochimica Acta*, Volume 146, 2014, Pages 752-758, ISSN 0013-4686, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2014.08.125>.

17. Juozas Kulys, Lidija Tetianec, Synergistic substrates determination with biosensors, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 21, Issue 1, 2005, Pages 152-158, ISSN 0956-5663, <https://doi.org/10.1016/j.bios.2004.08.013>.

18. Rachela Popovtzer, Amir Natan, Yosi Shacham-Diamand, Mathematical model of whole cell based bio-chip: An electrochemical biosensor for water toxicity detection, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 602, Issue 1, 2007, Pages 17-23, ISSN 1572-6657, <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2006.11.022>.

19. Romas Baronas, Nonlinear effects of diffusion limitations on the response and sensitivity of amperometric biosensors, *Electrochimica Acta*, Volume 240, 2017, Pages 399-407, ISSN 0013-4686, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.04.075>.
20. Vytautas Ašeris, Romas Baronas, Juozas Kulys, Modelling the biosensor utilising parallel substrates conversion, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 685, 2012, Pages 63-71, ISSN 1572-6657, <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2012.06.025>.
21. Mikhail A. Vorotyntsev, Anatoly E. Antipov, Reduction of bromate anion via autocatalytic redox-mediation by Br₂/Br⁻ redox couple. Theory for stationary 1D regime. Effect of different Nernst layer thicknesses for reactants, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 779, 2016, Pages 146-155, ISSN 1572-6657, <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2016.06.004>.
22. H. Niu, "Spreading speeds in a lattice differential equation with distributed delay," *Turkish Journal of Mathematics*, vol. 39, no. 2, pp. 235-250, 2015.
23. A. Hoffman, H. Hupkes, and E. Van Vleck, "Entire solutions for bistable lattice differential equations with obstacles," 2017.
24. G. Marchuk, R. Petrov, A. Romanyukha, and G. Bocharov, "Mathematical model of antiviral immune response. i. data analysis, generalized picture construction and parameters evaluation for hepatitis b," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 151, no. 1, pp. 1-40, 1991, cited By 38. doi: 10.1016/S0022-5193(05)80142-0. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025819779&doi=10.1016%2fS0022-5193%2805%2980142&partnerID=40&md5=f850637085913dc18f8e52c5b3f28600>.
25. A. Nakonechny and V. Marzeniuk, "Uncertainties in medical processes control," *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol. 581, pp. 185-192, 2006, cited By 2. doi: 10.1007/3-540-35262-7_11. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-53749093113&doi=10.1007%2f3-540-35262-7_11&partnerID=40&md5=03be7ef103cbbc1e94cacbb471daa03f.
26. V. Marzeniuk, "Taking into account delay in the problem of immune protection of organism," *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, vol. 2, no. 4, pp. 483-496, 2001, cited By 2. doi: 10.1016/S1468-1218(01)00005-0. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0041331752&doi=10.1016%2fS1468-1218%2801%2900005-0&partnerID=40&md5=9943d225f352151e77407b48b18ab1a9>.
27. A. Prindle, P. Samayoa, I. Razinkov, T. Danino, L. S. Tsimring, and J. Hasty, "A sensing array of radically coupled genetic 'biopixels'," *Nature*, vol. 481, no. 7379, pp. 39-44, Dec. 2011. doi: 10.1038/nature10722. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/nature10722>.
28. Марценюк В.П. Модель імуносенсора на основі решітчастих диференціальних рівнянь із запізненням / А.С. Сверстюк // Штучний інтелект. – 2018. – № 1. – С. 42-47.
29. Martsenyuk V. Stability, bifurcation and transition to chaos in a model of immunosensor based on lattice differential equations with delay / A. Klos-Witkowska, A. Sverstiuk // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*: No. 2018(27), p. 1-31. ISSN: 1417-3875. DOI: 10.14232/ejqtde.2018.1.27.
30. Martsenyuk V. On Application of Latticed Differential Equations with a Delay for Immunosensor Modeling / I. Andrushchak, P. Zinko, A. Sverstiuk // *Journal of Automation and Information Sciences* – 2018. – Volume 50 – Issue 6 – ISSN:1064-2315 – Scopus Journal Metrics SJR: 0.238, SNIP: 0.464 – p. 55-65. DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v50.i6.50.<http://www.dl.begellhouse.com/journals/2b6239406278e43e,5157b39e78fe0c7d,4cf3a70e5bbff6aa.html>.

Рецензенти:

Професор кафедри комп'ютерних систем та мереж Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, доктор технічних наук, професор Лупенко С.А.
Завідувач кафедри медичної інформатики Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського, доктор біологічних наук, професор Вакуленко Д.В.

УДК 656.073:004.934

Найдьонов Іван Михайлович, аспірант Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДЕЛЬ ГОЛОСОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВОДІЯ В СИСТЕМАХ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КОНТРОЛЮ ЗА РУХОМ АВТОТРАНСПОРТУ

Найдьонов І.М. Модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту. У роботі запропоновано та розроблено модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту. Рефлекторна модель розпізнання побудована за аналогією зі структурою умовного рефлексу, в якому виділяються афектори, центральний компонент та ефектори і поєднана з ідеєю використання дерева сценаріїв, оскільки сценарії також складаються із реакцій, і одиницею моделювання стає не лінгвістична особливість мовлення, а реакція (або команда), яка може бути врахована автоматизованою системою підрахунку маршрутів. У результаті запропоновано повне дерево сценаріїв усіх етапів дистрибуції «склад – дорога – точка доставки» з вказівкою контекстів і з включенням можливих реакцій в них, тобто на кожний позначений контекст існує реакція.

Ключові слова: модель голосової взаємодії, дерево сценаріїв, диспетчерський контроль, дистрибуція, склад, дорога, точка доставки.

Найдёнов И. М. Модель голосового взаимодействия водителя в системах диспетчерского контроля за движением автотранспорта. В работе предложена и разработана модель голосового взаимодействия водителя в системах диспетчерского контроля за движением автотранспорта. Рефлекторная модель распознавания построена по аналогии со структурой условного рефлекса, в котором выделяются афекторы, центральный компонент и эффекторы и сопряжена с идеей использования дерева сценариев, поскольку сценарии также состоят из реакций, и единицей моделирования становится не лингвистическая особенность речи, а реакция (или команда), которая может быть учтена автоматизированной системой подсчета маршрутов. В результате предложено полное дерево сценариев всех этапов дистрибуции «склад – дорога – точка доставки» с указанием контекстов и с включением возможных реакций в них, то есть на каждый обозначенный контекст существует реакция.

Ключевые слова: модель голосового взаимодействия, дерево сценариев, диспетчерский контроль, дистрибуция, склад, дорога, точка доставки.

Naydonov I. Model of voice interaction of the driver in the systems of dispatching control over the movement of vehicles. In the work, a model of driver voice interaction in the systems of dispatching control over the movement of vehicles has been proposed and developed. The reflex pattern of recognition is built by analogy with the structure of the conditioned reflex, in which there are selectors, the central component and effectors, and is coupled with the idea of using the scenario tree, because the scenarios also consist of reactions, and the reaction (or command) becomes the unit of modeling which can be taken into account by an automated route calculation system. As a result, a complete scenario tree of all distribution stages "depot - road - delivery point" was proposed, indicating contexts and including possible reactions to them, that is, there is a reaction to each designated context indicated in brackets in the scenario tree.

Key words: voice interaction model, scenario tree, dispatch control, distribution, depot, road, point of delivery.

Постановка проблеми. Системами голосового управління автомобілів забезпечується управління їх деякими функціями на основі і з використанням голосових команд. Ці команди зазнають перетворень в керуючі сигнали з наступною передачею їх відповідальним за це системам автомобіля. Системи голосового управління націлені на те, щоб водії не відволікалися під час практичного керування автомобілем для наступного досягнення комфорту і безпеки руху. Власними назвами володіють ряд систем голосового управління, якими є: Linguatronic від Mercedes-Benz, Ford Sync, Cadillac User Experience [1-4]. На марках автомобілів Audi, BMW, Kia, Lexus встановлені системи голосового управління для зручності і забезпечення комфорту водіїв. Для систем голосового управління характерна різниця, що полягає у кількості підтримуваних мов, належному рівню при розпізнаванні команд, числі реалізації функцій управління. Найбільшою кількістю мов (19) володіє система «Ford Sync», крім того арсенал включає і російську мову, але української – немає. Значною роллю при управлінні дистрибуцією відрізняються процеси голосової взаємодії, в яких відбувається автоматизація з метою підвищення ефективності, збереження ресурсів тощо. Саме модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю потребує автоматизації для підвищення ефективності процесу дистрибуції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системами голосового управління істотно різняться за рівнем розпізнавання команд. Відходять у минуле системи, в яких голосові команди для кращого розпізнавання проговорюються по буквах, що дуже незручно при використанні. Сучасні системи голосового управління успішно справляються з розмовною мовою, різними діалектами, альтернативними формулюваннями, індивідуальними особливостями вимови і швидкістю мови. Для підвищення якості розпізнавання команд використовується фільтр шумів, що відтинає непотрібні звуки.

Стандартними функціями, реалізованими за допомогою системи голосового управління, наприклад, компаніями Ford Motor Company, BMW AG, Daimler AG, є управління телефоном, мультимедійною системою, навігаційною системою, системою клімат-контролю [2-4].

Слід зазначити, що для випадку наявності достатньо потужної системи, голосову взаємодію з водієм можна використовувати для підтримання діалогу під час руху вночі, аби не дати водію заснути [5].

Також проводилися дослідження з розробки систем мовного управління бортовим обладнанням літаків, але через високі вимоги до швидкості та якості розпізнання, особливо за наявності потужних шумів та перешкод, вони ще досі не були запроваджені [6].

Використання таких часткових функцій голосового управління, які підвищують комфорт водія, також повинно мати певний позитивний ефект. Проте ці функції не забезпечують оптимізації саме процесів дистрибуції.

Постановка завдання. У даній статті необхідно запропонувати та розробити модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту.

Виклад основного матеріалу. Підхід, який існує для голосового управління, заснований на теорії несилової взаємодії [6] – рефлекторна система голосового управління [7, 8]. Ідея, покладена в основу цього підходу, полягає в тому, щоб замість переведення голосової інформації в текстову репрезентацію, аналізувати безпосередньо інформаційну складову сказаного, визначаючи, яку з відомих реакцій потрібно виконати. «Традиційні системи розпізнання мови засновані на принципі: «усна мова» → «репрезентація мови набором лінгвістичних конструкцій» → «розуміння мови». На основі теорії несилової взаємодії може бути запропонована інша модель розпізнання природної мови: «усна мова» → «розрахунок несилової (інформаційної) взаємодії на реакції» → «реакція (розуміння чи поведінка)» [8-10].

Така модель розпізнання називається рефлекторною, оскільки побудована за аналогією зі структурою умовного рефлексу, в якому виділяються афектори, центральний компонент та ефектори. Така модель може бути добре поєднана з ідеєю використання дерева сценаріїв, оскільки сценарії також складаються із реакцій, і одиницею моделювання стає не лінгвістична особливість мовлення, а реакція (або команда), яка може бути врахована автоматизованою системою підрахунку маршрутів.

Використовуючи рефлекторну модель, здійснимо моделювання взаємодії між диспетчером та водієм на етапі дистрибуції «склад – точка доставки», тобто доставку продукції від складу до дверей клієнта, наприклад, для кур'єрських служб, що пов'язані з доставкою замовлень Інтернет-магазинів або доставкою бутильованої води тощо.

Для вищенаведеного у роботі приведена розробка дерева сценаріїв, яке може бути застосоване для голосової взаємодії суб'єктів дистрибуції «склад – дорога – точка доставки». Найпростіше дерево сценаріїв для моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту можна представити наступним чином (рис. 1).

Найпростіше дерево сценаріїв (рис. 1) показує всі доступні варіанти (послідовність подій) у моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту. Кожна така послідовність або ланцюжок подій повинен представлятися окремим сценарієм.

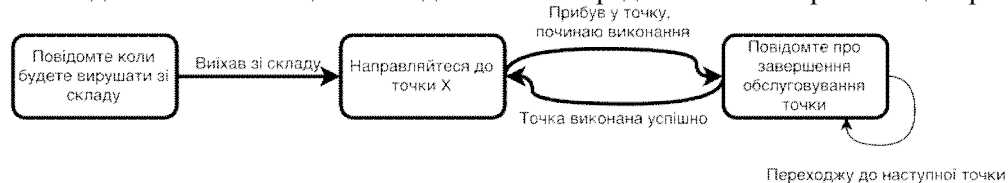


Рис. 1 Найпростіше дерево сценаріїв

Для випадку позитивного підтвердження обслуговування або виконання відповідної точки у моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту побудовано позитивне дерево сценаріїв (рис. 2).

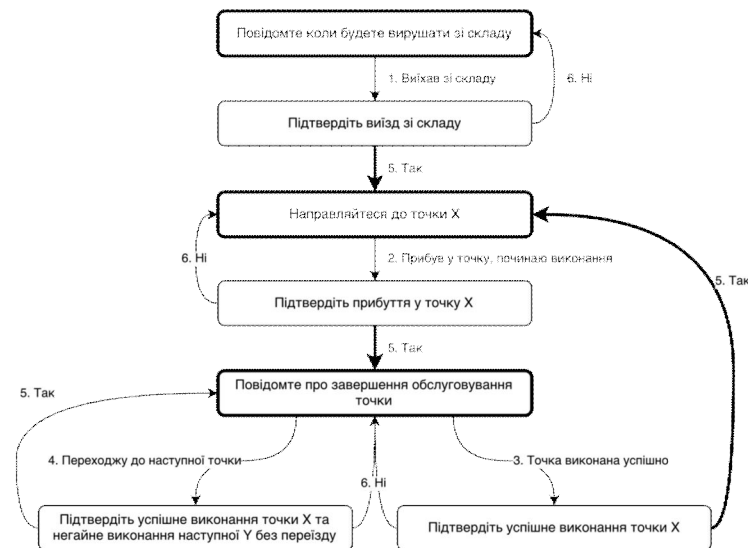


Рис. 2. Позитивне дерево сценаріїв з підтвердженням

Наведене позитивне дерево сценаріїв з підтвердженням обслуговування або виконання відповідної точки (рис. 2) є більш складним у порівнянні з найпростішим деревом сценаріїв (рис. 1). Воно є достатнім в якомусь ідеальному світі, де все відбувається за планом. Як бачимо, для даного випадку, обслуговування або виконання відповідної точки відбувається без проблем, на відміну від дерева сценаріїв з негативними інцидентами (рис. 3).

На рис. 3 з'являється додатковий блок, пов'язаний з підтвердженням того, що точку X не вдалося виконати, тобто дерево сценаріїв включає можливі негативні інциденти в моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту.

Також у моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту може бути запропонований один з варіантів дерева сценаріїв з негативними інцидентами та відбоєм (рис. 4). Для наведеного випадку з'являється блок у дереві сценаріїв, пов'язаний з підтвердженням неприбуття на точку X. Тобто в дереві сценаріїв з'являється зв'язок з відбоєм виконання та обслуговування точки X при моделюванні голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту.

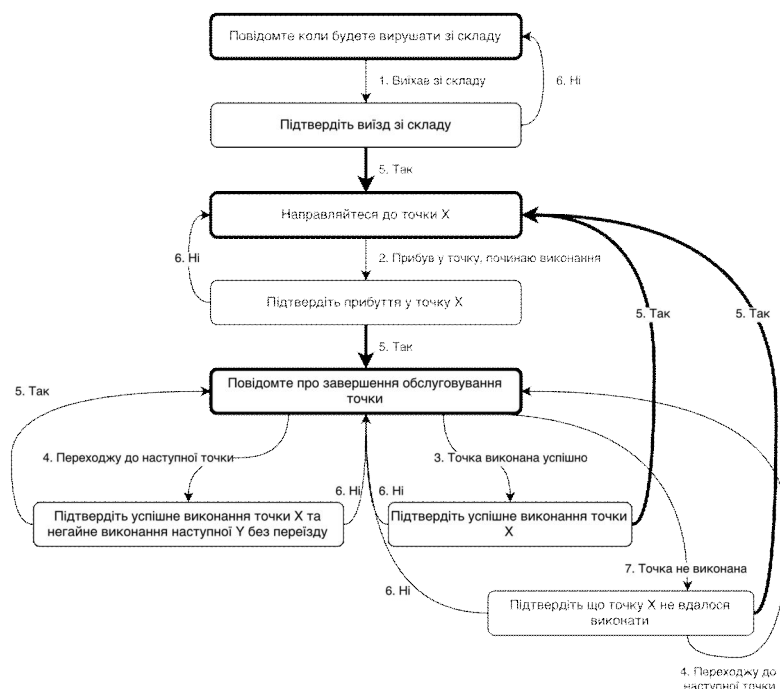


Рис. 3 Варіант дерева сценаріїв з негативними інцидентами

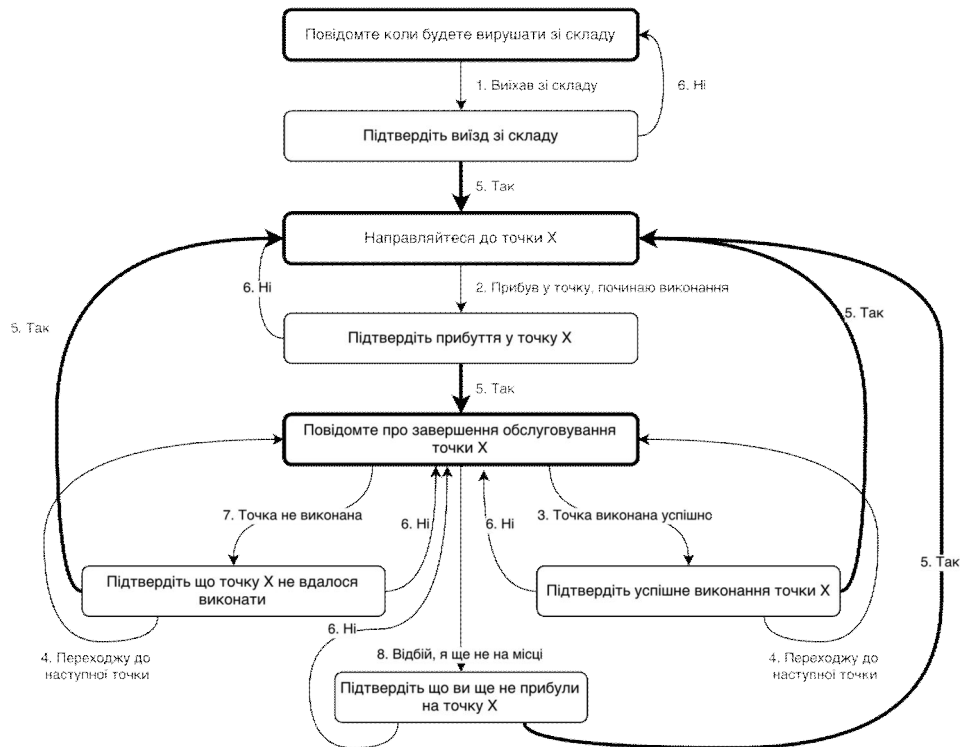


Рис. 4. Варіант дерева сценаріїв з негативними інцидентами та відбоєм

Приведені фрагменти дерева сценаріїв етапу «точка доставки» у вертикальному (рис. 4) розподілі включають виконання та обслуговування попередньої точки Y, поточної точки X та наступної Z, що розташовані на відповідних дорогах.

Оскільки дерево стає занадто великим для зображення, для подальшої деталізації розбиваємо його на частини згідно до трьох основних етапів. Частина дерева сценаріїв етапу «точка доставки» у вертикальному розподілі приведена на рис. 5.

На рис. 6 приведена одна з частин дерева сценаріїв етапу «точка доставки» з всіма негативними інцидентами при моделюванні голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту.

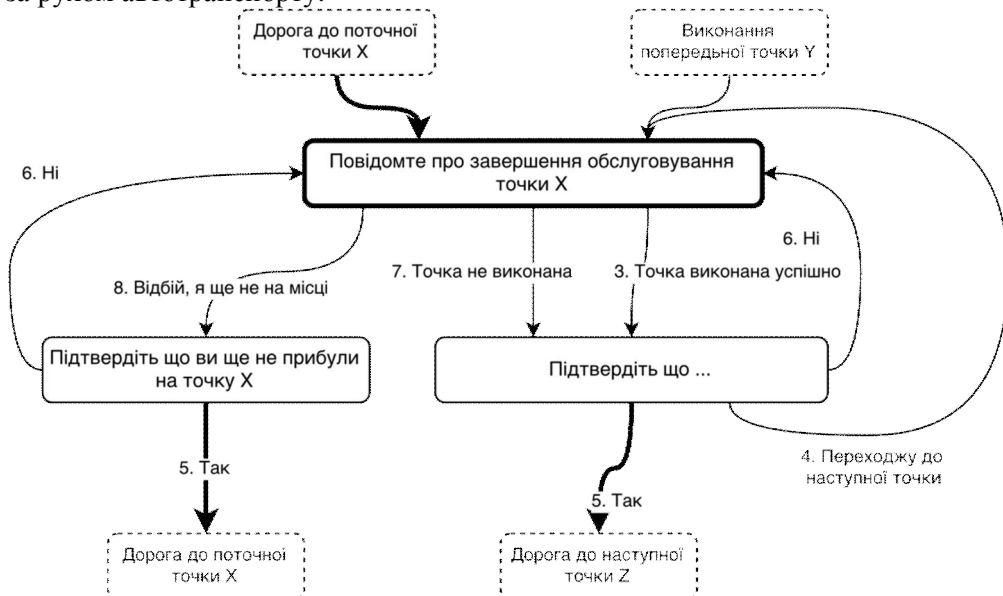


Рис. 5 Частина дерева сценаріїв етапу «точка доставки»

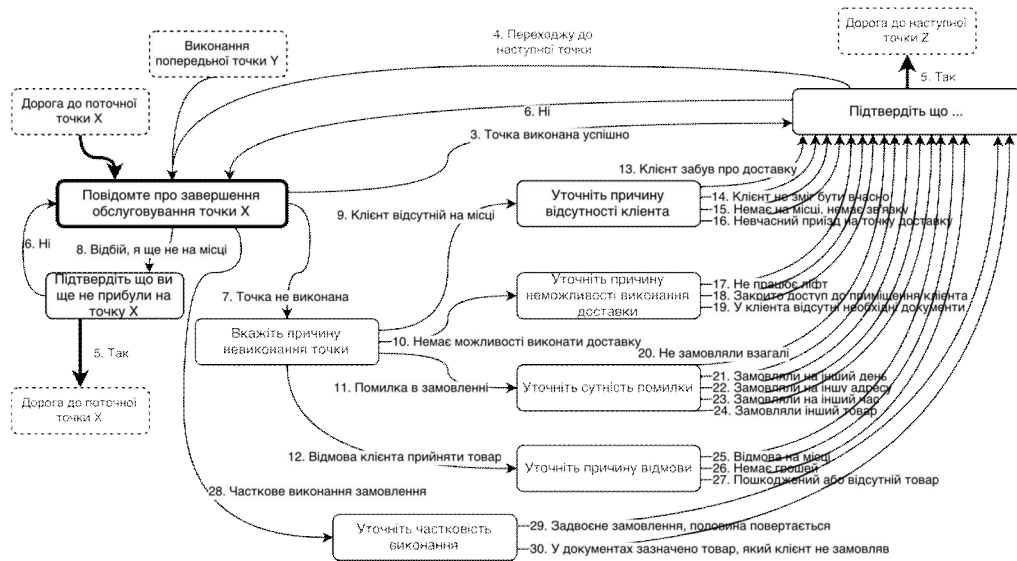


Рис. 6 Частина дерева сценаріїв етапу «точка доставки» з всіма негативними інцидентами

Приведена частина дерева сценаріїв етапу «точка доставки» (рис. 6) включає блок невиконання точки X з розширеним уточненням причин та блок часткового виконання з характеристиками такого виконання.

На етапі «дорога» – дерево сценаріїв для моделі голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту має наступний вигляд (рис. 7). У наведеній частині дерева сценаріїв етапу «дорога» враховані всі контексти з репрезентативної вибірки даних, що отримані у ведучих логістичних компаніях України. При цьому, у випадку невиконання етапу «дорога» пропонуються причини затримки чи неможливості виконання маршруту з наступними інструкціями диспетчера, а у випадку, коли з'являється можливість виконання маршруту до точки доставки X існує відбій із діалогового режиму.

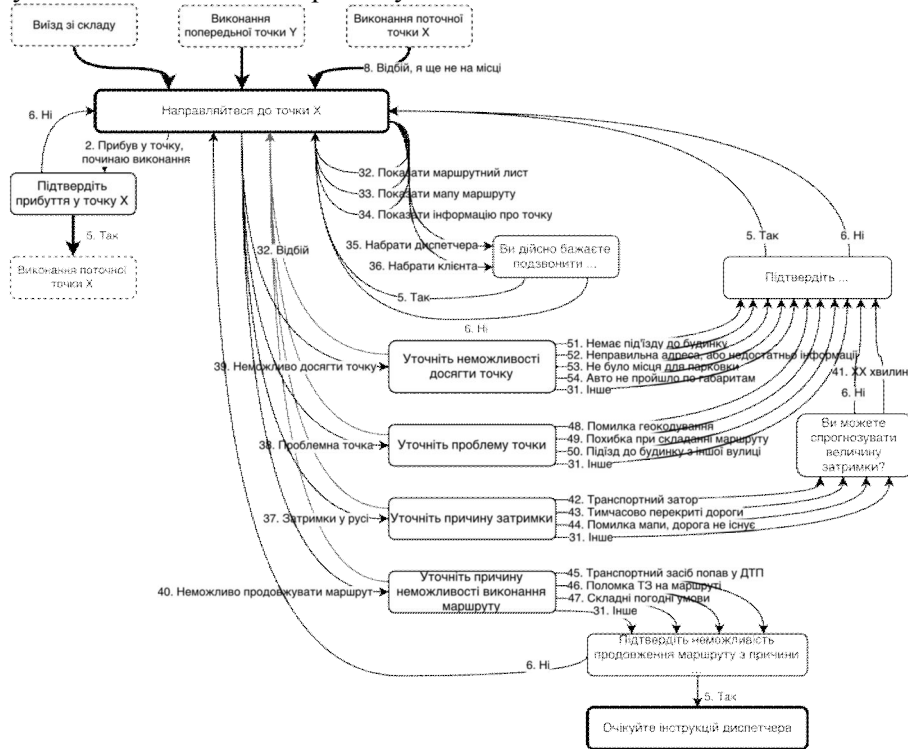


Рис. 7. Частина дерева сценаріїв етапу «дорога»

Для виконання етапу «склад» суб'єктом дистрибуції – водієм при його голосовій взаємодії в системі диспетчерського контролю за рухом автотранспорту побудовано дерево сценаріїв етапу «склад», частина якого приведена на рис. 8. В побудованому дереві сценаріїв етапу «склад»

ураховані негативні причини затримки чи невиїзду зі складу з можливістю отримати подальші інструкції диспетчера для вирішення проблеми.

Повне дерево сценаріїв усіх етапів дистрибуції «склад – дорога – точка доставки» з вказівкою контекстів приведено на рис. 9. Повне дерево сценаріїв можна використати, щоб знайти і пронумерувати унікальні контексти (набори варіантів стимулів). Самі контексти або стани задають перелік дозволених стимулів, які може сприйняти система в знаходячись в цьому контексті.

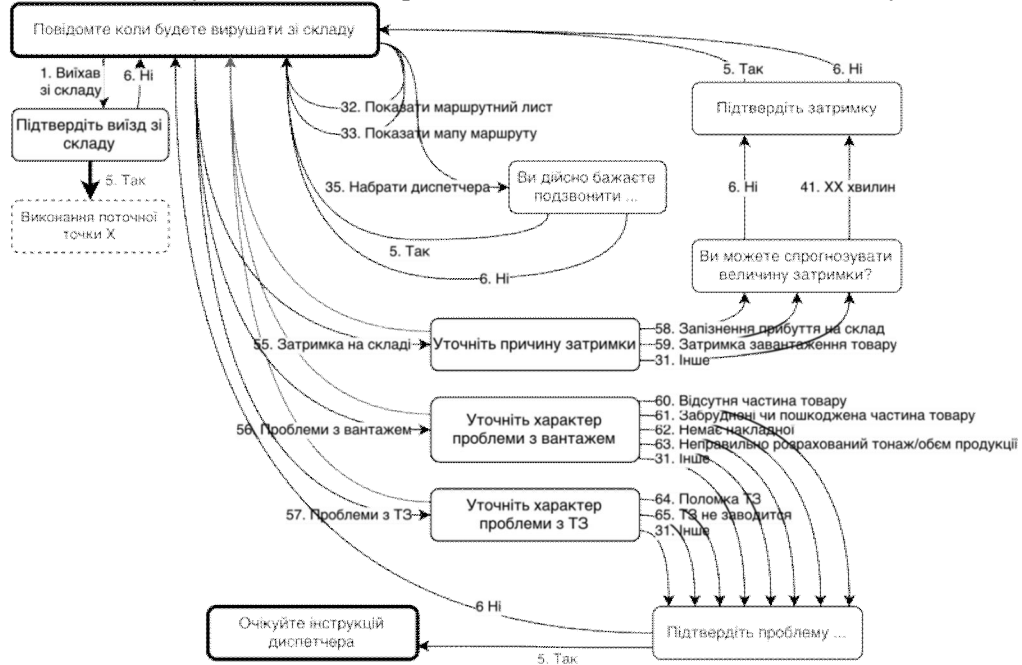


Рис. 8. Частина дерева сценаріїв етапу «склад»

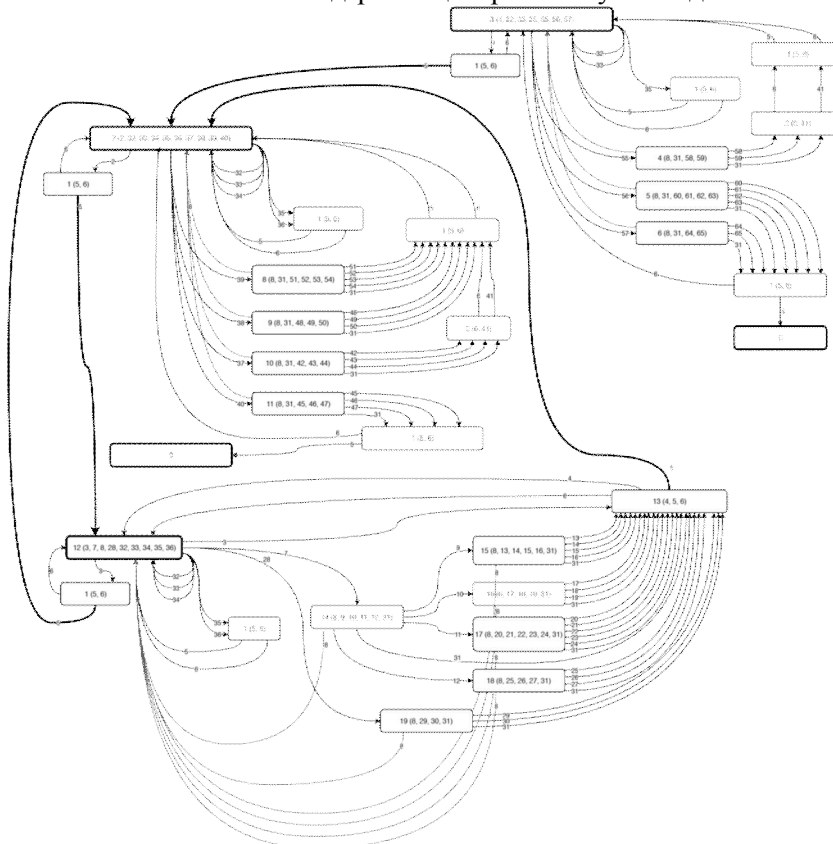


Рис. 9. Повне дерево сценаріїв всіх етапів з вказівкою контекстів

Висновки. У роботі запропоновано та розроблено модель голосової взаємодії водія в системах диспетчерського контролю за рухом автотранспорту. Рефлекторна модель розпізнання

побудована за аналогією зі структурою умовного рефлексу, в якому виділяються афектори, центральний компонент та ефектори і поєднана з ідеєю використання дерева сценаріїв, оскільки сценарії також складаються із реакцій, і одиницею моделювання стає не лінгвістична особливість мовлення, а реакція (або команда), яка може бути врахована автоматизованою системою підрахунку маршрутів. У результаті запропоновано повне дерево сценаріїв усіх етапів дистрибуції «склад – дорога – точка доставки» з вказівкою контекстів і з включенням можливих реакцій в них, тобто на кожний позначений контекст існує реакція, що вказана в дужках на дереві сценаріїв.

1. Найдъонов І. М. Топологічна евристика в розв'язанні проблеми маршрутизації транспортних засобів (VRP) / І. М. Найдъонов // ScienceRise. – 2015. – Т. 6, № 2(11). – С. 52–58. – DOI: 10.15587/23138416.2015.44381. – Режим доступу: <http://doi.acm.org/10.15587/23138416.2015.44381>.
2. Кравченко А. П. Автоматизированная компьютерная система голосового управления автомобилем / А. П. Кравченко, Н. М. Крамарь, И. В. Морозов // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 25. – С. 44–47.
3. Heisterkamp P. Linguatronic Product-level Speech System for Mercedes-Benz Cars / P. Heisterkamp // Proceedings of the First International Conference on Human Language Technology Research. – San Diego : Association for Computational Linguistics, 2001. – P. 1–2. – (HLT '01). – DOI: 10.3115/1072133.1072199. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.3115/1072133.1072199>.
4. Jonsson I.-M. Social and Emotional Characteristics of Speech-based InVehicle Information Systems : Impact on Attitude and Driving Behaviour / I.-M. Jonsson. – Linköping : Linköping University Electronic Press, 2009. – 193 p.
5. Кравченко А. П. Автоматизированная компьютерная система для интерактивного общения с водителем / А. П. Кравченко, Т. М. Терещенко, И. В. Морозов // Автомобильный транспорт. – 2012. – № 30. – С. 54–58.
6. Экспериментальное исследование влияния акустических помех разных видов на результаты автоматического распознавания речевых команд / О. Н. Корсун, А. А. Яцко, И. М. Финаев, В. Я. Чучупал // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Т. 01. – С. 12.
7. Тесля Ю. М. Введення в інформатику природи / Ю. М. Тесля. – К.: Маклаут, 2010. – 255 с.
8. Егорченков А. В. Прикладное применение рефлекторной системы голосового управления / А. В. Егорченков // Управління розвитком складних систем. – К., 2016. – № 25. – С. 103–107.
9. The Non-Force Interaction Theory for Reflex System Creation with Application to TV Voice Control / I. Teslia, N. Popovych, V. Pylypenko, O. Chornyi // Proceedings of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence. – 2014. – P. 288–296. – DOI: 10.5220/0004754702880296.
10. Найдъонов М. І. Формування системи рефлексивного управління в організаціях / М. І. Найдъонов. – К.: Міленіум, 2008. – 484 с.

УДК 004.896

Проніна О. І.

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПОСЛУГ В УМОВАХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОТРЕБ КЛІЄНТА

Проніна О. І. Модель представлення послуги в умовах індивідуальних потреб клієнта. У даній роботі описана модель формування замовлення, яка включає в себе відомості про клієнта, виконавця та послуги, яку він надає. Створена модель представлення послуги, описано процес вибору оптимальної послуги за запитом клієнта, який може бути одне-етапний або n-етапний. Проаналізовано основні входні змінні які описують послугу, виявлені терми, які можуть бути використані при моделюванні.

Ключові слова: замовлення, оптимальна послуга за запитом клієнта, багатетапне прийняття рішень, модель нечіткого виводу.

Пронина О. И. Модель представления услуги в условиях индивидуальных потребностей клиента. В данной работе описана модель формирования заказа, которая включает в себя сведения о клиенте, исполнители и услуге, которую он предоставляет. Создана модель представления услуги, описан процесс выбора оптимальной услуги по запросу клиента, который может быть одно-этапный или n-этапный. Проанализированы основные входные переменные описывающие услугу, обнаружены термины, которые могут быть использованы при моделировании.

Ключевые слова: заказ, оптимальная услуга по запросу клиента, многоэтапное принятия решений, модель нечеткого вывода.

Pronina O. I. Model of service presentation in the context of individual customer needs. This paper describes the model of the formation of the order, which includes information about the client, the performers and the service he provides. A service presentation model has been created, the process of selecting the optimal service at the client's request, which can be single-stage or n-stage, is described. Analyzed the main input variables describing the service, found terms that can be used in the simulation.

Keywords: order, optimal service at the request of the client, multi-stage decision making, model of fuzzy inference.

Вступ. Урбаністичні напрямки розвитку людського побуту зробили актуальними напрямком розвитку галузі надання послуг. Протягом усього розвитку технологічної думки людини, галузь надання послуг розвивається паралельно потребам населення в якісній послугі, у наданні послуги в найкоротший термін. Відбувається розвиток галузі і наростання людського попиту на отримання якісної послуги.

У науковій літературі зустрічається кілька визначень послуги. Послугу визначають як:

– «це вид економічної діяльності, яка створює цінність і забезпечує визначення переваг для споживача в конкретний час і в конкретному місці в результаті відчутних або невідчутних дій, направлених на отримання послуги чи товару.» [1].

– «процес, що складається з серії невідчутних дій, які за необхідності виникають між споживачем і обслуговуючим персоналом, фізичними ресурсами, системою підприємства - постачальником послуг» [2].

Якщо порівнювати вищенаведені визначення послуги, стає розуміло, що дослідники сходяться в тому, що це не матеріальна форма вираження, а діяльність яка направлена на задоволення потреб споживача.

Метою даної роботи є створення моделі організації замовлення, на основі множин «клієнта», «виконавця» та «послуги», а також створення моделі послуги для подальшого побудови моделі нечіткого висновку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інноваційний розвиток сфери послуг – це не що інше, як сукупність адміністративних методів забезпечення впровадження всіх видів нововведень, а також формування умов, які стимулюють інновації на підприємствах сфери [3]. Впровадження інноваційних технологій у сфері послуг - це зміна технології та організації надання послуг, нових організаційно-економічних механізмів.

В роботі [4] розглянуто підхід до оцінки якості послуг телекомунікаційних мереж зв'язку, заснований на застосуванні системи нечіткого логічного висновку, реалізованої в логічному базисі нейронної мережі. У роботі [5] описуються можливості застосування математичного апарату теорії нечітких множин для опису багаторівневих процесів в складних системах з метою формалізації нечіткої вихідної інформації про технічний стан об'єкта. У роботі [6] формально було визначено поняття механізмів послідовного, паралельного і послідовно-паралельного нечіткого вибору, а також їх опис у вигляді сукупності нечітких відносин, що встановлюють зв'язок між входом і виходом моделі, що дійшла нечіткого логічного висновку

У нових умовах на ринку послуг виконавці швидко почали освоювати загальну філософію клієнто-орієнтованого сервісу, націленого на споживача, а також стали робити більш привабливою стилістику обслуговування, весь процес взаємодії з покупцем, замовником, клієнтом. Оскільки сервіси орієнтуються на замовника послуги логічно уявлення послуги, яке включає в себе об'єкт клієнта, виконавця, і деталі послуги.

Модель створення замовлення. В моделі представлення замовлення кожне замовлення включає в себе інформацію о клієнті, що ініціює замовлення, послуги, що необхідно виконати, та інформацію о виконавці, який буде виконувати замовлену послугу. Послуга – це робота, яка виконується на замовлення.

Для опису оперативного вирішення завдання (замовлення) використовуються множина «послуги», «клієнти» та «виконавці». Множина «клієнти» $\{K\}$ використовується при описі формування замовлення на здійснення послуги і має наступну множину атрибутів $\{p_i^K\}_{i=1}^5$: p_1^K – ідентифікатор клієнта, p_2^K – номер телефону, p_3^K – ім'я клієнта, p_4^K – поточна геолокація, p_5^K – вимоги до послуги. Атрибут p_5^K – вимоги до послуги, для кожної окремої послуги може мати різні значення, а також кілька значень для однієї послуги. Даний перелік атрибутів встановлює клієнт, як свої унікальні потреби але аналізуючи цій параметр, можна зробити висновки, що багато клієнтів має схожий набір значень параметрів чи повністю ідентичний.

Множина «виконавці» $\{O\}$ має наступну множину атрибутів $\{p_i^O\}_{i=1}^4$: p_1^O – ідентифікатор виконавця, p_2^O – номер телефону, p_3^O – ім'я виконавця, p_4^O – поточна геолокація, p_5^O – послуги, що надаються, p_6^O – ціна послуги, p_7^O – рейтинг виконавця. Дані атрибути характеризують виконавця та відрізняють його від інших виконавців.

Множина «послуга» $\{P\}$ може володіти будь яким набором атрибутів, що її характеризують. Тому формально замовлення представляється кортежем:

$$Z = \left\langle \{K\}, \{p_i^K\}_{i=1}^5, \{O\}, \{p_b^O\}_{b=1}^7, \{P\}, \{p_k\}_{k=1}^n \right\rangle, \quad (1)$$

де $\{K\}$ - множина «клієнти», $\{p_i^K\}_{i=1}^5$ - множина атрибутів, що характеризують клієнта;

$\{O\}$ - множина «виконавці», $\{p_b^O\}_{b=1}^7$ - множина атрибутів, що характеризують виконавця;

$\{P\}$ - множина «послуги» $\{p_k\}_{k=1}^n$ - множина атрибутів, що характеризують послугу.

Множина $\{K\}, \{O\}, \{P\}$ є множини ідентифікаторів замовлення. Множина $\{p_i^K\}_{i=1}^5, \{p_b^O\}_{b=1}^7, \{p_k\}_{k=1}^n$ є параметри замовлення. Деякі параметри аналогічні для множин, так у множини «клієнти» і «виконавці» аналогічні параметрами є ідентифікатор, номер телефону, ім'я, і поточна позиція геолокації.

Виходячи з переліку параметрів, можна встановити де саме виконується замовлення (координати замовлення), яка послуга буде надаватися, вартість послуги, час початку виконання замовлення. Таким чином, відомості про замовлення в даний момент часу можна отримати, якщо відома Z_i – поточне замовлення, де i є відмітний номер замовлення.

Модель представлення послуг. Для опису моделі представлення послуг використовується множина «послуга» $\{P\}$. Аналіз дозволив виявити атрибути які в найбільшій ступені присутні при описі послуги за запитом клієнта. Дана множина володіє переліком обов'язкових атрибутів $\{p_k\}_{k=1}^n$: p_1 – розташування виконавця щодо клієнта, p_2 - ціна послуги, p_3 - рейтинг виконавця послуги, p_4 - найменування послуги, та може мати додаткові параметрами відносно категорії послуги, яка аналізується.

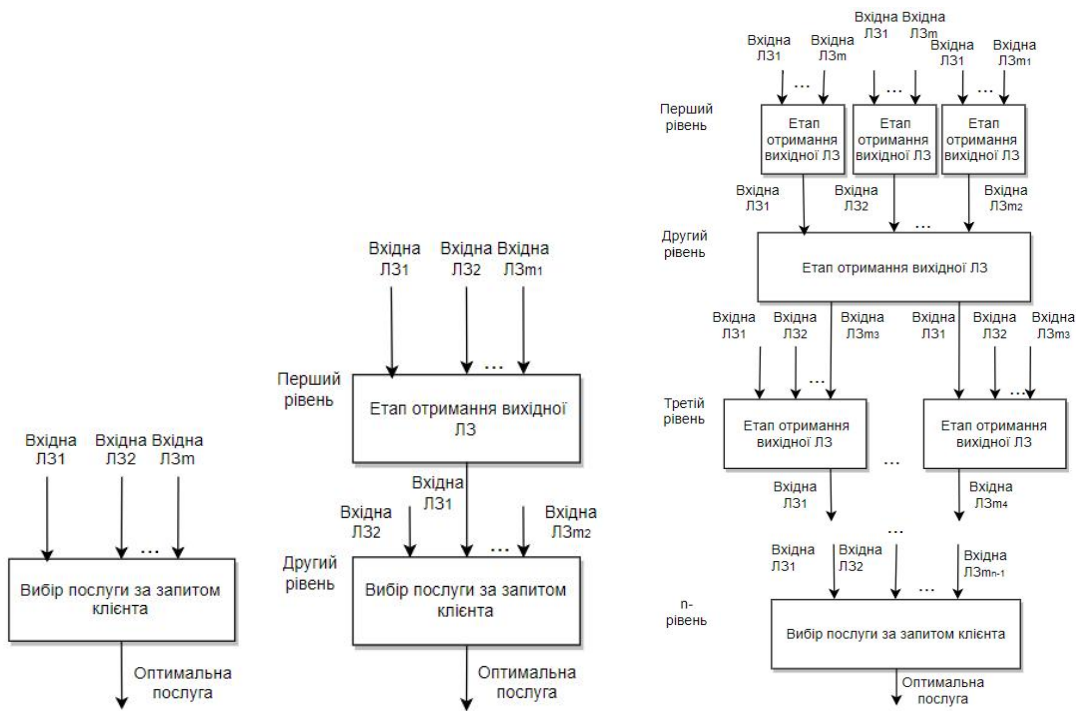
$$P = \{(p_1, \Omega_1^j), (p_2, \Omega_2^j), (p_3, \Omega_3^j), (p_4, \Omega_4^j) \dots (p_k, \Omega_k^j)\}, p_k \in A \quad (2)$$

$$\Omega_i^j = \{\omega_i^j \mid \mu_{\Omega_i^j}(\omega_i^j)\}, \omega_i^j \in \Omega_i^j \quad (3)$$

де $A = \{p_k\}$ – множина ознак, $k \in [1; n]$; k – індекс ознаки; $\Omega_i^j = \{\omega_i^j\}$ – множина значень ознаки p_k , що представляють собою найменування нечітких змінних; значення індексів $j \in [1; m]$ які позначають множину значень ознаки.

Дані ознаки p_k надходять в лінгвістичному вигляді і інтерпретуються в нечіткий вигляд за допомогою нечітких правил виводу [7, 8]. Для кожної категорії послуг в моделі ознаки p_k можуть бути унікальними, при цьому згідно з аналізом літератури виявлено, що терми лінгвістичних змінних можна характеризувати однаково.

Виходячи з цих параметрів, можна визначити основні характеристики послуги, швидко чи приїде виконавець послуги, чи буде ціна послуги мінімальною, які умови послуги. Таким чином, відомості про послугу для даного клієнта можна отримати якщо відома P_i – поточна послуга, де i є відмітний ідентифікатор послуги. Подання процесу вибору оптимальної послуги за запитом клієнта має нечіткий висновок з лінгвістичними змінними вхідних даних, що реалізується в кожній окремій моделі прийняття рішень за обраним параметром з урахуванням початкових даних вибору. Крім даних лінгвістичного типу, можуть надходити дані чіткого типу – числові. При аналізі особливостей рішення задач оптимального вибору послуги, було виявлено, що в умовах нечітких даних структура процесу прийняття рішень може бути як одно-етапною, так і двоетапною чи n -етапною (рис. 1). Багатоетапне прийняття рішень з паралельним чи послідовним застосуванням моделей нечіткого логічного висновку [6] на кожному етапі дозволяє встановити вид структури моделі для вирішення задач вибору оптимальної послуги для клієнта, рис. 1 в.



а) Процес вибору послуги, якій складається з одного етапу
 б) Процес вибору послуги, якій складається з двох етапів
 в) Процес вибору послуги, якій складається з n -етапів
 Рис. 1 а, б, в) – Подання процесу вибору послуги

На кожному i -му, $i = \overline{1, n}$, етапі можливо паралельне застосування кількох моделей нечіткого логічного висновку, загальне число яких дорівнює m_i . Паралельне застосування моделей дозволяє отримати результати нечіткого логічного висновку, які перетворюються в нечіткі вихідні дані для моделей подальшого $(i+1)$ -го етапу багатоетапної моделі для вирішення задач підбору оптимальної послуги. Результати моделей прийняття рішень на i -му етапі розглядаються як лінгвістичні змінні, які обираються для моделей нечіткого логічного висновку $(i+1)$ -го етапу. На останньому n -му етапі формується рішення про оптимальність послуги. Вибір оптимальної послуги може складатися з одного етапу, двох чи n -кількості етапів. На кожному етапі може визначатися вихідна змінна, на основі вхідних лінгвістичних змінних. Після кожного етапу вихідна змінна, а стає вхідною змінною

лінгвістичного типу. Процес отримання змінних відбувається за допомогою моделі нечіткого вибору [8].

На кожному i -му етапі багатоетапні моделі можуть бути застосовані паралельно m_i моделей, незалежних один від одного. Результат паралельного застосування моделей може розглядатися, як механізм паралельного нечіткого вибору. Підсумковий нечіткий вибір, як прийняття підсумкового рішення на i -му етапі, формально визначається на кожній ij -моделі.

Визначається кожна ij -а ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$) модель нечіткого вибору, що встановлює нечітку відповідність між множиною вхідних параметрів X_{ij} і вихідних параметрів Y_{ij} у вигляді нечіткого відношення \tilde{S}_{ij} :

$$\tilde{S}_{ij} = \langle X_{ij}, Y_{ij}, \tilde{S}_{ij} \rangle, \quad (4)$$

де \tilde{S}_{ij} - нечіткий графік відповідності \tilde{S}_{ij} ; X_{ij} - множиною вхідних параметрів; Y_{ij} - множина вихідних параметрів.

Отже фінальний паралельний нечіткий вибір визначається, як механізм паралельного нечіткого вибору на множині відносин $S_i = \{\tilde{S}_{i1}, \tilde{S}_{i2}, \tilde{S}_{i3} \dots \tilde{S}_{im_i}\}$ за допомогою нечіткої функції \tilde{F}_i , функція представлена в загальному вигляді.

Структура моделі для вирішення задач підбору послуги (рис. 1) містить n послідовних етапів. Прийняття рішень на i -му етапі впливає на прийняття рішення на наступному ($i + 1$)-м етапі. Отже відбувається механізм послідовного нечіткого вибору рішень. Отримання вихідної лінгвістичної змінної послідовно здійснюється по кожному j -у етапу, паралельно іншим етапом на цьому рівні, відбувається це на кожному етапі вирішення задачі, а потім остаточний висновок робиться на заключному, n -му етапі рішення вибору оптимальної послуги.

Опис лінгвістичних змінних моделі представлення послуг. У моделі представлення послуг кожний із трьох основних параметрів є лінгвістичною змінною. Аналіз термінології, яка використовується в сфері представлення послуг, показав, що:

- для розташування виконавця щодо клієнта $\beta_1 - T(\beta_1) = \{\text{«близько»}, \text{«середньо»}, \text{«далеко»}\}$;
- для ціни послуги $\beta_2 - T(\beta_2) = \{\text{«низька»}, \text{«середня»}, \text{«висока»}\}$;
- для рейтингу виконавця $\beta_3 - T(\beta_3) = \{\text{«низький»}, \text{«середній»}, \text{«хороший»}, \text{«відмінний»}\}$;
- для ступеня впевненості в оптимальності послуги $\alpha - T(\alpha) = \{\text{«низька»}, \text{«середня»}, \text{«хороша»}, \text{«висока»}\}$.

У загальному випадку кількість термів, необхідних для лінгвістичної оцінки визначається змістовної інтерпретацією змінної. Мінімальна кількість термів дорівнює двом. В цьому випадку відбувається бінарна оцінки з нечіткими межами. Досвід розробки систем нечіткого логічного висновку свідчить про те, що в дуже рідкісних випадках потужність терм-множини перевищує 7. Найбільш поширені трьох і п'яти-елементні терм-множини, наприклад, {"низький", "середній", "високий"} і {"низький", "нижче середнього", "середній", "вище середнього", "високий"}. Аналізуючи предметну галузь та вхідні лінгвістичні змінні, можна згрупувати терми у чотири групи за їх кількістю у однієї лінгвістичної змінної. В таблиці 1 наведені терми, які найбільш частіше використовуються для лінгвістичних змінних аналізованої предметної галузі.

Таблиця 1. Приклади для різної кількості термів для кожної лінгвістичної змінної

	Лінгвістична змінна та її іменування термів				
Перший випадок – два терма	Якісно	Не якісно	-	-	-
Другий випадок – три терма	Низька(ий) чи Близько	Середня(ий) чи Середнє	Висока(ий) чи Далеко	-	-
Третій випадок – чотири терма	Низька(ий)	Середня(ий)	Хороша(ий)	Висока(ий) чи Відміна(ий)	-
Четвертий випадок – п'ять термів	Низька(ий)	Середня(ий)	Достатня(ій)	Хороша(ий)	Відмінна(ий) чи Висока(ий)

Для вибору оптимальної послуги обрано два основних метода. Оскільки модель розробляється таким чином щоб мінімізувати участь клієнта та тим самим усунути людський

фактор було обрано два методи для вибору оптимальної послуги: порівняння с прототип оптимальної послуги, та нечіткий висновок заснований на алгоритмі Мамдані, як більш підходящого по потребам.

Прототипом виступає абстрактний образ оптимальної послуги, що втілює множину подібних властивостей однієї та тієї ж послуги або патерну, що фіксує його типові властивості. При порівнянні припускається знаходження числової відмінності аналізованої послуги від прототипу оптимальної послуги.

При вирішенні завдання надання послуг на всіх етапах можуть бути ситуації, коли клієнту треба прийняти рішення з урахуванням багатьох факторів. Які фактори слід вважати найбільш важливими, залежить від якісних особливостей об'єктів послуги і цілей, які переслідує клієнт.

Прототип оптимальної послуги. Оптимальна послуга для кожного клієнта має свій набір оптимальних параметрів. Прототип оптимальної послуги за потребами клієнта має індивідуальний характер, в моделі замовлення для множини «клієнт» це параметр p_5^k – вимоги до послуги. Оскільки для кожного клієнта вимоги для послуги можуть бути унікальними в прототип оптимальної послуги поступає інформація, а саме значення атрибуту p_5^k – вимоги до послуги. Це може бути одне значення чи множина ключових значень, які клієнт бажає бачити в оптимальній послуги за своїми потребами.

Якщо клієнт не виказує особливості своїх потреб доцільно використовувати за замовчуванням думку експерта [9]. Найважливіше - формалізувати експертну інформацію таким чином щоб допомогти клієнту, що обирає виконавця послуги. Для уніфікації необхідно щоб експерт використовував систему переваг, якої буде дотримуватися, а також єдину шкалу оцінювання. Експертні знання включають в себе найчастіше використані ключові параметри, тому для опису оптимальної послуги для більшості клієнтів можна спиратись на узагальнений досвід експертів. Аналіз термінології, яка використовується в сфері представлення послуг, показав, що в цілому найчастіше експерти спираються при виборі послуги на три ключові параметри: розташування виконавця щодо клієнта, ціна послуги та рейтинг виконавця.

Щоб класифікувати ситуацію необхідно порівняти поточну послугу с прототипом оптимальної послуги за потребою клієнта враховуючі всі параметри.

На вхід системи розпізнавання оптимальності послуги за потребою клієнта надходить не числова інформація, а оцінка ознаки P_5^k у вигляді терма лінгвістичної змінної із зазначенням ступеня впевненості. Модель послуги за потребою (2) можна представити в наступному вигляді:

$$P_i = \{ < \Omega_1^1 | \mu_1(\Omega_1^1), \Omega_1^2 | \mu_2(\Omega_1^2), \Omega_1^3 | \mu_3(\Omega_1^3) \dots \Omega_1^k | \mu_k(\Omega_1^k) > / \beta_1, \\ < \Omega_2^1 | \mu_1(\Omega_2^1), \Omega_2^2 | \mu_2(\Omega_2^2), \Omega_2^3 | \mu_3(\Omega_2^3) \dots \Omega_2^k | \mu_k(\Omega_2^k) > / \beta_2, \\ < \Omega_3^1 | \mu_1(\Omega_3^1), \Omega_3^2 | \mu_2(\Omega_3^2), \Omega_3^3 | \mu_3(\Omega_3^3) \dots \Omega_3^k | \mu_k(\Omega_3^k) > / \beta_3, \dots \\ < \Omega_n^1 | \mu_1(\Omega_n^1), \Omega_n^2 | \mu_2(\Omega_n^2), \Omega_n^3 | \mu_3(\Omega_n^3), \Omega_n^4 | \mu_4(\Omega_n^4) \dots \Omega_n^k | \mu_k(\Omega_n^k) > / \beta_n \} \quad (5)$$

де $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 \dots \beta_n$ – імена лінгвістичних змінних; Ω_n^k – терми лінгвістичних змінних; $\mu_k(\Omega_n^k)$ – ступеня впевненості експерта або клієнта в тому, що спостережувана ознака може бути охарактеризована відповідним термом.

Вхідна інформація представлена у вигляді нечітких множин другого рівня, тому нечіткий клас слід представити в тій же формі. Таким чином, клас оптимальної послуги представлено еталонною ситуацією (прототипом) у вигляді, аналогічному (5).

$$\hat{P}_{opt} = \{ < \hat{\Omega}_1^1 | \hat{\mu}_1(\hat{\Omega}_1^1), \hat{\Omega}_1^2 | \hat{\mu}_2(\hat{\Omega}_1^2), \hat{\Omega}_1^3 | \hat{\mu}_3(\hat{\Omega}_1^3) \dots \hat{\Omega}_1^k | \hat{\mu}_k(\hat{\Omega}_1^k) > / \beta_1, \\ < \hat{\Omega}_2^1 | \hat{\mu}_1(\hat{\Omega}_2^1), \hat{\Omega}_2^2 | \hat{\mu}_2(\hat{\Omega}_2^2), \hat{\Omega}_2^3 | \hat{\mu}_3(\hat{\Omega}_2^3) \dots \hat{\Omega}_2^k | \hat{\mu}_k(\hat{\Omega}_2^k) > / \beta_2, \\ < \hat{\Omega}_3^1 | \hat{\mu}_1(\hat{\Omega}_3^1), \hat{\Omega}_3^2 | \hat{\mu}_2(\hat{\Omega}_3^2), \hat{\Omega}_3^3 | \hat{\mu}_3(\hat{\Omega}_3^3) \dots \hat{\Omega}_3^k | \hat{\mu}_k(\hat{\Omega}_3^k) > / \beta_3, \dots \\ < \hat{\Omega}_n^1 | \hat{\mu}_1(\hat{\Omega}_n^1), \hat{\Omega}_n^2 | \hat{\mu}_2(\hat{\Omega}_n^2), \hat{\Omega}_n^3 | \hat{\mu}_3(\hat{\Omega}_n^3), \hat{\Omega}_n^4 | \hat{\mu}_4(\hat{\Omega}_n^4) \dots \hat{\Omega}_n^k | \hat{\mu}_k(\hat{\Omega}_n^k) > / \beta_n \} \quad (6)$$

Процедура класифікації, є зіставлення вхідних ситуації (5) з ситуацією прототипом (6) для всіх класів. Вхідна ситуація відноситься до класу, прототип якого найбільш близький до вхідних.

Слід зазначити, що особливості вибору клієнтами оптимальної послуги за своїми потребами, говорять про необхідність побудови системи нечіткого виведення [10 – 12]. Це обумовлюється тим,

що опис умов і рішення задач прийняття рішень на мові, близької до природної мови, використання досвіду та інтуїції експерта, пояснення, яким чином отримана якісна і кількісна оцінка ступеня впевненості в оптимальності послуги. Останнє твердження дуже важливо, оскільки особі, що приймає рішення, крім кількісних значень, необхідно знати, прийнятні чи отримані значення, чи хороші вони і в якій мірі.

Для визначення ступеня впевненості в оптимальності послуги за потребою використовується нечітка модель вибору. В основі нечіткої моделі вибору оптимальності послуги лежить формальна система виду:

$$HM_1 = \langle \{V\}_{i=1}^k, \{W\}_{j=1}^l, \{R\}_{n=1}^n \rangle \quad (7)$$

Множини $\{V\}, \{W\}, \{R\}$ є множини базових елементів, відповідно, множина вхідних змінних: $V = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \dots, \beta_k\}$, k – кількість вхідних змінних, що характеризують аналізовану категорію послуги. Множина вихідних лінгвістичних змінних: $W = \{\omega_j\}$. Множина вихідних правил нечітких продукції лінгвістичних змінних: $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$, n – кількість правил, з рахунком кількості вхідних змінних, побудованих на знаннях експертів. Відмінною особливістю систем нечіткого логічного висновку є те, що для адекватного моделювання реальності може бути досягнуто при невеликій кількості правил в базі знань. Необхідна кількість правил зазвичай значно менше їх повного перебору, це обумовлено тим що декілька кількості правил не може існувати, тому що суперечить суті правила, крім цього повний перебір правил збільшує обсяг бази знань.

На основі розробленої моделі замовлення, була створена двоетапна модель вибору оптимальної індивідуальної міської поїздки, результати досліджень наведені в роботі [13].

Висновки. Прогрес інформаційних технологій та інформаційних систем дав змогу значно підвищити ефективність надання послуг, а інформаційно-комп'ютерна підтримка посіла належне місце серед ключових функцій. На основі проведеного аналізу створено модель замовлення, що включає в себе множину клієнтів, виконавців та послуг. Використання моделі замовлення полегшує підбір виконавця для клієнта по запиту, а також дозволяє представляти послугу на вищому рівні. Розроблено модель послуги за запитом клієнта, а також приведено схему процесу вибору послуги за запитом яка може складатися з будь якої кількості етапів. Визначено основні параметри вхідних лінгвістичних змінних, які є ключовими для будь якої категорії послуг. Проведено аналіз предметної галузі, в якому виявлено терми та оптимальну їх кількість для лінгвістичних змінних, що використовуються для опису послуги. Наведено модель двоетапної моделі нечіткого виводу для вибору оптимальної індивідуальної міської поїздки.

1. Лавлок К. Маркетинг услуг: персонал, технология, стратегия / пер. с англ. 4-е изд. М.: «Вильямс», 2005. - 1008 с.
2. Gronroos C. Service management and marketing / C. Gronroos. – West Sussex, 2000. – p. 496.
3. Волкова А. А. Сфера услуг в современном обществе: экономическое, социальное и управленческое осмысление / А. А. Волков // Власть и экономика управленческое консультирование, 2014. – № 9. – С. 86 – 94.
4. Гоюшов А. И. Оценка качества услуги связи на основе применения системы нечеткого логического вывода в логическом базисе нейронной сети / А. И. Гоюшов // Математичні машини і системи, 2016. – № 2. – С. 44 – 55.
5. Таров А. Г. Теоретические основы выбора решений при нечеткой исходной информации / А. Г. Таров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки Информатика, вычислительная техника и обработка информации. 2017 – № 12. – С. 330 – 335.
6. Косолапов А. А. Методика оценки надежности нечетких систем с использованием различных видов размытых множеств / А. А. Косолапов // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2013 – № 2 (44). – С. 17 – 27.
7. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
8. Каргин А. А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы / А. А. Каргин. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.
9. Полещук О. М. Системный анализ и обработка групповой экспертной информации на основе лингвистических переменных / О. М. Полещук // Лесной Вестник. 2015. – № 1. – С. 65 – 74.
10. Kratmüller M. The Adaptive Control of Nonlinear Systems Using the TSK Fuzzy Logic [J]. Acta Polytechnica Hungarica, 2009. – № 6(2). – P. 5-16.
11. Abdelkrim A, Ghorbel C, Benrejeb M, et al. Lmi-based tracking control for takagi-sugeno fuzzy model [J]. International Journal of Control & Automation, 2010, № 3(2). – P. 21 – 36.
12. Akhmetov, V. Designing a decision support system for the weakly formalized problem in the provision of cybersecurity [Text] / B. Akhmetov, V. Lakhno, Y. Boiko, A. Mishchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, Issue 2 (85). – P. 4–15. doi: 10.15587/1729-4061.2017.90506.
13. Пронина О. И. Формализованное представление индивидуальной городской поездки на основе лингвистических переменных / О. И. Пронина // Вісник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба «Системи обробки інформації», 2017. – № 1 (151). – С. 39 – 47.

УДК 004.93

І.А. Чуб¹ д.т.н. професор, Е.К.Назіров², Т.О.Назірова²

¹Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

² Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ РЕЄСТРАЦІЇ ПОКРИТТЯ АКУСТИЧНИМИ СИГНАЛАМИ ЗОНИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

І.А. Чуб, Е.К.Назіров, Т.О.Назірова Інструментальні засоби реєстрації покриття акустичними сигналами зони надзвичайної ситуації. Метою статті є дослідження перспективних напрямків та технологій реєстрації покриття акустичних сигналів надзвичайних ситуацій та їх реалізація в клієнтській підсистемі. Мета роботи досягається розвитком науково-технічних основ для технічної реалізації комплексної в межах України системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, покриття, автоматизована система, акустичні сигнали, НС, потенційно небезпечний об'єкт, системи сповіщення, цивільний захист населення, інформування.

И.А. Чуб, Э.К.Назирова, Т.А. Назирова Инструментальные средства регистрации покрытия акустическими сигналами зоны чрезвычайной ситуации. Целью статьи является исследование перспективных направлений и технологий регистрации покрытия акустических сигналов чрезвычайных ситуаций и их реализация в клиентской подсистеме. Цель работы достигается развитием научно-технических основ для технической реализации комплексной в пределах Украины системы мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения экологической безопасности.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, покрытие, автоматизированная система, акустические сигналы, НС, потенциально опасный объект, системы оповещения, гражданская защита населения, информирование.

I.A.Chyb, E.K. Nazirov, T.A. Nazirova The instrumental partitions of the region by acoustic signals from the zone of the most advanced situation. The aim of the article is to study promising directions and technologies for recording acoustic signals from emergency situations and their implementation in the client subsystem. The purpose of the work is achieved by developing scientific and technical bases for the technical implementation of a comprehensive within Ukraine monitoring, prevention and liquidation system of natural and man-made emergency situations and ensuring environmental safety. The article is devoted to the problem of emergencies prevention using modern methods of analysis of acoustic data. Emergencies arise in the conditions of extraordinary situations and management in emergency situations characterized by the need for work in the absence of information, the high rate of change in the situation, the need for operational formation of the most effective solutions, which have high efficiency, which imposes requirements to minimize the time and losses in the elimination of emergency situations.

Keywords: emergency situation, coverage, automated system, acoustic signals, emergency, potentially dangerous object, notification systems, civil protection of the population, informing.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасний період розвитку суспільства характеризується все більше наростаючими суперечностями між людиною та оточуючим її природним середовищем. Головна небезпека надзвичайного стану полягає у раптовості та стихійності, які провокують негативні наслідки. Неодмінною умовою сталого розвитку суспільства є безпека людини і навколишнього середовища, їх захищеність від впливу шкідливих техногенних, природних, екологічних і соціальних факторів. Сучасний стан безпеки життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи) України вказує на необхідність розробки ефективних заходів попередження, виявлення та сприяння ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) різної природи. Для ефективного розв'язання цієї проблеми необхідна розробка інформаційних систем щодо виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та швидкого місцезнаходження епіцентру надзвичайної ситуації з метою ефективного реагування та недопущення розвитку НС.

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення, призначена для недопущення виникнення надзвичайної ситуації або виявлення її на ранній стадії розвитку на об'єктах підвищеної безпеки, та для відповідного оповіщення обслуговуючого персоналу об'єкту. Предметом дослідження є інструментальні засоби реєстрації покриття акустичними сигналами зони надзвичайної ситуації. Метою даної роботи є дослідження перспективних напрямків та технологій для аналізу акустичних даних НС.

Запобігання негативним наслідкам можливих надзвичайних ситуацій можливе лише на основі реалізації комплексу задач соціально-економічного, науково-технічного розвитку сучасних підходів щодо попередження та зменшення зростання випадків НС[1]. Тема моніторингу надзвичайних ситуацій з метою визначення стану техногенної, природної та соціальної безпеки добре опрацьована і має значні наукові та практичні розробки[1-6]. Проблема створення нових моделей і методів підтримки прийняття рішення для попередження і ліквідації НС актуальна, як в силу бага-

торазово збільшення їх кількості, так і в силу того, що в даний час назріла необхідність використання сучасних систем, що дозволяють знизити масштаби і наслідки при їх ліквідації [2-3-4]. В публікаціях [5-6] розглядаються питання аналізу та моделювання спеціалізованих систем моніторингу, орієнтованих на підтримку прийняття рішень щодо зниження ризику виникнення НС та раннього виявлення передумов виникнення таких ситуацій у майбутньому. Здебільшого це пов'язано з розробкою та використанням технічних засобів автоматизованого контролю, передачі та обробки даних при організації моніторингу на різних територіях і візуалізації його результатів. Наразі в структурах існуючих систем моніторингу відсутні інформаційні потоки, що забезпечують адаптацію до поточних змін параметрів оточуючого середовища. Дослідженнями даної проблеми присвятили свої праці І.А. Чуб, М.В. Новожилова, John J. Fay, David Patterson, Попов В.М., Michael Khalemsky, David G.Schwartz, A.Malizia, T.Onorati та багато інших. В зв'язку з цим, для будь-якої держави є актуальною необхідність технічної реалізації заходів попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення та функціонування різного роду об'єктів держави. Що доводить актуальність наряду дослідження в цій області. Проте переважна більшість робіт науковців пов'язана з дослідженнями природних і техногенних надзвичайних ситуацій. Моніторинг соціальних надзвичайних ситуацій, який потребує обробки різноманітної інформації з різноманітних джерел, що вимагає впровадження додаткових засобів її збору й аналізу, досліджено недостатньо.

Виклад основного матеріалу. Облік великої кількості параметрів в умовах нестачі інформації та структур, що динамічно змінюються, а також обмеження ресурсів для ліквідації НС - призводять до висновку, що завдання синтезу моделей підтримки прийняття рішень, можна характеризувати, як завдання математичного моделювання складних систем. Їх відмінними ознаками є наявність великого числа взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів, зв'язки між якими найчастіше нелінійні, з високою схильністю до впливу випадкових чинників, мінливою структурою функціонування та інтегративністю системи, яка полягає в тому, що система в цілому має властивості, не притаманні жодному її елементу.

Модель підтримки прийняття рішення при ліквідації НС на регіональному рівні розбивається на етапи (підзадачі) в рамках застосування декомпозиції системи.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

- припущення про конкретний вид НС;
- прогноз охоплення і поширення НС;
- прогноз смертельних і санітарних втрат, зон і терміновості евакуації населення;
- вибір доступних засобів оповіщення населення і сил ліквідації;
- формування з наявних сил і засобів команд ліквідації з урахуванням необхідних кваліфікаційних ознак і наявності необхідного матеріального ресурсу;
- формулювання первинних завдань і їх оперативне зміна для працюючих в зоні НС сил і засобів, спрямоване на мінімізацію людських жертв і матеріальних збитків в зоні дії надзвичайної ситуації. На (рис.1) графічно зображено модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел надзвичайної ситуації різноманітного походження. Де: 1' – атмосфера; 2' – біосфера; 3' – літосфера; 4' – гідросфера; 1'' – аварії на промислових об'єктах і транспорті; 2'' – вибухи; 3'' – пожежі; 4'' – вивільнення інших видів енергії; 1''' – психологічні особливості особи і особливості виховання; 2''' – несприятливе положення особи; 3''' – соціальна несправедливість; 4''' – напруженість в міжнаціональних, міжгрупових, міжконфесійних стосунках; 5''' – негативні соціальні процеси, що призводять до руйнування етичних засад, соціальної стійкості особи та законослухняності.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

На першому етапі проводиться моніторинг, визначених у рамках моделі виникнення надзвичайної ситуації, параметрів, які є вхідними даними для подальшої оцінки складності ситуації. Ядром для порівняння даних є інтелектуальний модуль, який являє собою експертну систему прийняття рішень і оцінки рівня загроз. Завданнями цього модуля є - порівняння вхідних даних, що надійшли, з межами наявних експертних даних; прийняття рішення про настання конкретного типу НС, поширення якого описується наявною в модулі математичною моделлю.

Другий етап базується на інформації про конкретне місце розташування НС, інформації про рельєф і забудову території, кліматичних умовах (швидкість і напрям вітру, вологість, концентрація певних речовин тощо) і наявних типових моделях поширення конкретного виду НС. На підставі цих даних система будує передбачувану модель поширення (швидкість і напрям поширен-

ня) НС. На цьому етапі система виконує оптимізацію (агрегування описів) моделі з метою скорочення часу реакції для отримання результату. Тут використовуються елементи імітаційного моделювання та принципи побудови багатоагентної системи. Для оцінки швидкості і напрямку поширення НС на даному етапі пропонується задіяти геоінформаційні системи, що мають багат шарові геоінформаційні дані та системи моніторингу, що дозволяють отримувати оперативну інформацію про зміни в параметрах навколишнього середовища.

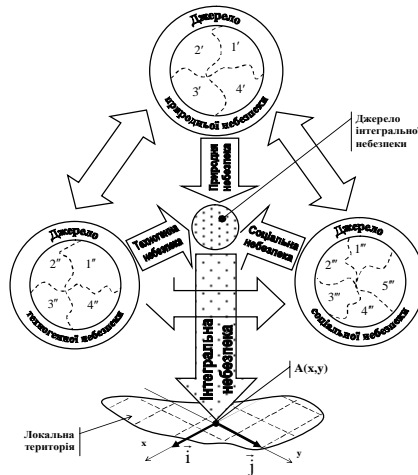


Рис 1. Модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

На першому етапі проводиться моніторинг, визначених у рамках моделі виникнення надзвичайної ситуації, параметрів, які є вхідними даними для подальшої оцінки складності ситуації. Ядром для порівняння даних є інтелектуальний модуль, який являє собою експертну систему прийняття рішень і оцінки рівня загроз. Завданнями цього модуля є - порівняння вхідних даних, що надійшли, з межами наявних експертних даних; прийняття рішення про настання конкретного типу НС, поширення якого описується наявною в модулі математичною моделлю.

Другий етап базується на інформації про конкретне місце розташування НС, інформації про рельєф і забудову території, кліматичних умовах (швидкість і напрям вітру, вологість, концентрація певних речовин тощо) і наявних типових моделях поширення конкретного виду НС. На підставі цих даних система будує передбачувану модель поширення (швидкість і напрям поширення) НС. На цьому етапі система виконує оптимізацію (агрегування описів) моделі з метою скорочення часу реакції для отримання результату. Тут використовуються елементи імітаційного моделювання та принципи побудови багатоагентної системи. Для оцінки швидкості і напрямку поширення НС на даному етапі пропонується задіяти геоінформаційні системи, що мають багат шарові геоінформаційні дані та системи моніторингу, що дозволяють отримувати оперативну інформацію про зміни в параметрах навколишнього середовища.

Метою третього етапу є об'єднання інформації про розподіл щільності населення в районі НС і отриманої на другому етапі моделі поширення НС. Для кластеризації небезпечних зон пропонується використовувати карти Кохонена, як один з видів штучної нейронної мережі.

На четвертому етапі система формує, вибираючи з наявних ресурсів, схеми оповіщення населення і керівництво силами ліквідації. Тут застосовуються математичні моделі, які описують дистанцію ефективного оповіщення населення, в залежності від вибору методу. Це можуть бути системи, що використовують моделі підтримки прийняття ефективних проектних рішень для територіальних систем звукового оповіщення, побудовані на базі використання ефективних генетичних алгоритмів. Або технології індивідуальної підтримки прийняття рішення в критичних ситуаціях, орієнтовані на допомогу в ухваленні рішення конкретним особам, які опинилися на території поширення надзвичайної ситуації.

П'ятий етап вирішує проблеми когнітивного аналізу розвитку ситуації, обліку чинників невизначеності в процесі прийняття рішення, оптимальним розподілом наявних для ліквідації ресурсів і оцінкою темпів використання цих ресурсів. Для вирішення поставлених завдань використовуються мультиагентні динамічні моделі, або моделі, побудовані на основі нечітких когнітивних технологій.

Останнім часом, з огляду на, що все більша кількість відеокамер оснащується вбудованими мікрофонами, активно розвивається такий напрямок розпізнавання позаштатних або надзвичайних ситуацій, як аудіо аналітика. Однією, з найбільш відомих комерційних систем аудіо аналітики, є американська система ShotSpotter[4].

Існуючі на ринку системи аудіо аналітики вже досить добре справляються з завданнями детектування пострілів, вибухів, дзвону розбитого скла, криків про допомогу, шуму бійки.

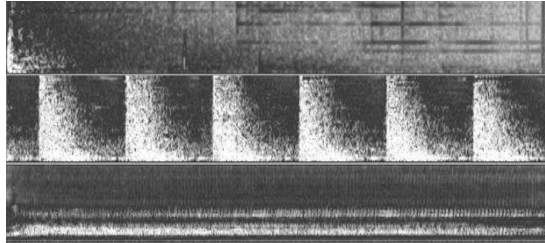


Рис.2. розпізнавання звуку розбитого скла, звуку криків, шуму бійки.

Знаючи розташування мікрофонів і, використовуючи методи тріангуляції, дані системи дуже точно визначають місце виникнення події. До плюсів систем аудіо аналітики можна віднести невисоку, порівняно з відеокамерами вартість мікрофонів, відсутність «сліпих зон», більш низьку щільність покриття території, ніж для відеоспостереження. Потік аудіо інформації з мікрофона займає набагато менше місця, ніж потік відеозображень, а значить, його легше транспортувати і обробляти.

В даний час і в Україні, і в світі, все більшою популярністю серед населення користуються смартфони[12]. За даними GSMA Intelligence в Україні 59,344 млн абонентів мобільного зв'язку, зокрема більше 78% власників смартфонів. Загальний рівень проникнення мобільного зв'язку в країні складає 130,3%, що говорить про стало-високий рівень розвитку систем телекомунікації в державі. Кожен смартфон має мікрофон, канал обміну інформацією, датчик дізнатися про своє розташування, і може оснащуватися різним програмним забезпеченням.

Все вищезазначене свідчить, що смартфони можуть виконувати роль пристрою персонального сповіщення власника про настання нештатної ситуації, так і засобу раннього виявлення та ідентифікації надзвичайної ситуації. Тобто, при наявності спеціального програмного забезпечення та працюючого каналу передачі даних, яким є мобільний інтернет, смартфон може вловлювати звуки, що ідентифікують надзвичайну ситуацію, передавати характеристики звуку, дані про місце знаходження власника та точний час в віддалено розташовану аналітичну систему. Це дозволить користувачам, що потрапляють в зону дії надзвичайної ситуації, бути вчасно сповіщеними, та мати можливість прийняти рекомендовані заходи для збереження своєї безпеки, а органам охорони правопорядку та виконавчій владі, оперативно відреагувати і вжити заходів для локалізації наслідків надзвичайної ситуації.

До детектуємих надзвичайних ситуацій можуть відноситися, ситуації пов'язані з терористичною загрозою, порушенням громадського порядку, різними техногенними аваріями, які супроводжуються гучними звуками чи вибухами, виттям сирен та іншими акустичними артефактами.

Звукометрична персональна система оповіщення про настання надзвичайної ситуації побудована за модульним принципом. Окремі, незалежні підсистеми дозволять збільшити відмовостійкість і масштабованість системи, а також заміну і модернізацію окремих елементів системи без переривання роботи всієї системи.

Основними підсистемами є призначена для користувача (клієнтська) підсистема, підсистема аналізу і прийняття рішення, підсистема ідентифікації звуку, підсистема оповіщення і підсистема рекомендацій і правил поведінки при настанні конкретної надзвичайної ситуації.

Призначена для користувача (клієнтська) підсистема виконує постійну запис звуку з мікрофону смартфона. Запис обмежена певним лімітом за часом. Після досягнення цього ліміту часу для користувача підсистема зберігає тільки що записаний файл для можливого аналізу, видаляє попередній зберігається файл, і починає писати наступний файл.

Вибір способу розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку обмежений наступними умовами. Швидкодія способу має бути високим для можливості оперативної надіслати інформацію про подію в підсистему аналізу і прийняття рішення. Оскільки клієнтська підсистема викону-

ється на смартфоні, складність реалізації способу повинна бути низькою для можливості швидкої відпрацювання методу на смартфонах початкового рівня. Швидкість і низька складність реалізації обумовлюють низьку якість (ефективність) розпізнавання події. Але, беручи до уваги велику кількість працюючих клієнтських підсистем, немає необхідності концентруватися на одному розпізнаванні інтенсивного короткочасного звуку, отриманому від однієї клієнтської підсистеми. Необхідно орієнтуватися на масове (десятки пристроїв) отримання сигналів про настання події від безлічі клієнтських підсистем, розташованих в достатній для детектування події близькості один від одного.

Більшість методів засновані на визначенні потужності для набору послідовних блоків аудіо сигналу [9]. Потужність для k -го блоку сигналу, що складається з для N відліків, визначається формулою(1):

Більшість методів засновані на визначенні потужності для набору послідовних блоків аудіо сигналу [9]. Потужність для k -го блоку сигналу, що складається з для N відліків, визначається таким чином:

$$e(k) = 1$$

$$e(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_i^2(n +$$

(1)

де $k = 0, 1, \dots$

Як приклад наведено аудіосигнал з пострілом (Рис.3), який нещодавно трапився на позначці 4.6 с, а також набір значень потужностей для блоків з $N = 4000$ відліків, що відповідає тривалості кожного блоку близько 90МС.

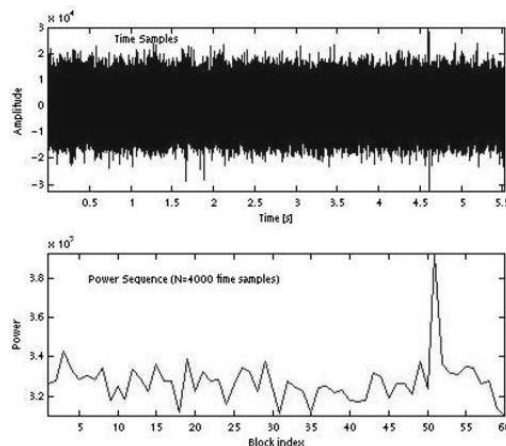


Рис.3 – Аудіосигнал з пострілом

Різні методи відрізняються способом автоматичного детектування блоку, відповідного різкого імпульсного звуку:

- на основі стандартного відхилення нормованих значень потужностей блоків;
- на основі застосування медіанного фільтру для значень потужностей блоків;
- по динамічному порозу для значень потужностей блоків.

При докладному розгляді методу на основі стандартного відхилення нормованих значень потужностей блоків, було з'ясовано, що ключовим аспектом даного методу є нормування розглянутого набору значень блоків потужності до діапазону [0, 1]:

$$e_{norm}(j) = \frac{e_{win}(j) - \min(e_{win}(j))}{\max(e_{win}(j)) - \min(e_{win}(j))}$$

(2)

Далі необхідно обчислити стандартне відхилення (дисперсію) отриманого набору значень, згідно формули (3):

$$e_{norm}(j) = \frac{e_{win}(j) - \min(e_{win}(j))}{\max(e_{win}(j)) - \min(e_{win}(j))}$$

(3)

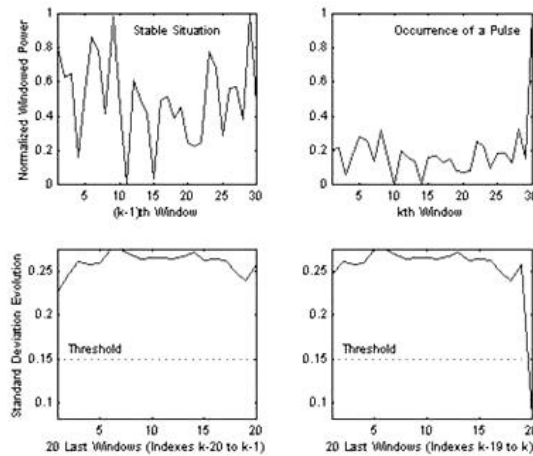


Рис.4 значення блоків потужностей сигналу.

У разі фонового шуму, значення блоків потужності будуть приблизно рівномірно розподілені в діапазоні [0-1] (проілюстровано на рис.7). Так як під час вступу нового значення потужності для блоку аудіосигналу, відбувається перенормування значень до вказаного діапазону, то при настанні блоку зі значно більш високим рівнем потужності, значення стандартного відхилення істотно зменшиться в порівнянні з аналогічним значенням для набору попередніх фонових блоків потужності. За зниженням стандартного відхилення нижче порогового значення, можна автоматично детектувати блок з імпульсним сигналом.

Перевагою даного методу є його стійкість до зміни рівня шуму, а також можливість детектування повільно мінливого сигналу, аналізуючи середнє значення нормованих блоків потужності.

Метод на основі використання медіанного фільтра.

Основні етапи автоматичного детектування імпульсних виділяються сигналів з використанням медіанного фільтра представлені нижче. Приклад застосування медіанного фільтру порядку k до набору значень блоків потужностей представлений формулою(4):

$$mf(k) = MED_{i=k-L+1}^k \quad (4)$$

Для детектування блоку з імпульсним подією застосовується умовний медіанний фільтр (conditional median filtering) (5), який залишає початкове значення сигналу в разі, якщо різниця між вихідним відліком і медіанного значенням менше порогового значення, і медіанне значення в іншому випадку.

$$cmf(k) = \begin{cases} mf(k) & \text{if } |mf(k) - e(k-d)| < \text{Threshold} \\ e(k-d) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

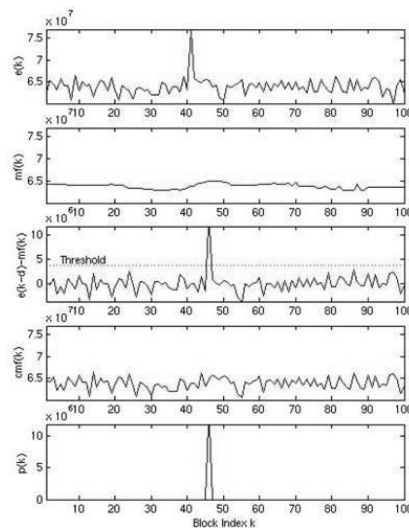


Рис.5 Блок з імпульсною подією

Обчисливши різницю між сигналом після застосування conditional median filter і зміщеним вихідним сигналом, можна автоматично виділити блок з подією імпульсним подією (Рис.5)

Метод на основі динамічного порогу для значень потужностей блоків.

У цьому методі пропонується детектувати імпульсний сигнал використовуючи середнє значення набору потужностей блоків і середньоквадратичне відхилення в якості динамічного порогу. Автоматичне детектування відбувається при перевищенні потужності чергового блоку порогового значення, що визначається за формулою(6):

$$th = par * std + m$$

(6)

Де **par** - параметр, що визначає чутливість алгоритму. Приклад застосування даного методу при значенні параметра **par** = 3 представлений на наступному малюнку(Рис.6):

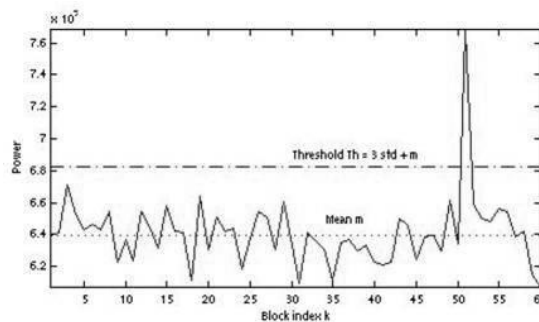


Рис.6 Застосування методу на основі динамічного порогу.

Для розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку використовуємо метод фільтрації рівнів гучності звуку. Даний метод характеризується високою швидкістю і низькою складністю реалізації. З його недоліків слід зазначити середню ефективність. Паралельно запису відбувається відстеження поточного рівня сигналу, що надходить на мікрофон і його порівняння в режимі реального часу з середнім рівнем сигналу (рівень фонового шуму), отриманим з попереднього файлу. Якщо поточний рівень сигналу перевищує середній в N і більше разів, то система формує сигнал ідентифікації події на підсистему аналізу і прийняття рішень.

Згідно аналітичних даних Державної служби України з надзвичайних ситуацій, за минулий рік у світі масових, з великою кількістю загиблих, терактів було понад 27, у яких загинули майже 1900 людей[13]. За засобами, які використовуються під час терористичних актів, можна виділити тероризм із застосуванням засобів вогнепальної зброї та різних вибухових пристроїв, в силу його поширеності та доступності, а головне високої вражаючої здатності та простоти у використанні.

Наприклад 1 жовтня 2017 року в США в м. Лас-Вегас невідомий відкрив вогонь на виступі кантрі-фестивалю Route 91 Harvest, який зібрав близько 40 тисяч осіб[13]. Після перших пострілів відвідувачі та правоохоронці не зрозуміли, що це теракт, свято тривало. Лише по факту наявності поранених, люди усвідомили, що різкі звуки - це не гучна музика, а результати стрільби. При наявності системи раннього виявлення НС, спрацювало б сповіщення правоохоронних органів про загрозу, що могло врятувати населення та локалізувати антитерористичну операцію. Тому задачі розпізнавання коротких імпульсних аудіо сигналів високої потужності, прикладом яких є постріли або вибухи, набувають найактуальнішого значення у системах раннього виявлення НС.

Під аудіо сигналами ймовірної НС будемо розуміти звукові коливання тривалістю менше 0,5 секунди, гучність яких значно вище (на 15 і більше дБ), ніж фонові звуки. Прикладами таких звуків є хлопки, постріли, вибухи. Будь-яка НС з використанням вогнепальної зброї відбувається в повітряному середовищі, точність розпізнавання звукового сигналу залежить від:

- 1) температури повітря,
- 2) вологості повітря,
- 3) атмосферного тиску,
- 4) відстані між датчиком і джерелом звуку,
- 5) геометричних параметрів простору (приміщення або вулиці).

Проаналізуємо вплив чинників на коректність розпізнавання звуку, згідно стандарту ISO

532-B (ISO Standard 532. Acoustics. Method for Calculating Loudness Level) Результати досліді відображено у таблицях (Таб.1.), (Таб.2.)

Відстань між джерелом звуку і датчиком, м	Рівень звуку, дБ					Середнє значення рівня звуку, дБ	Зниження, %
	Номер експерименту						
	1	2	3	4	5		
0,5	83	84	84	86	82	81,00	0,00
1	82	80	79	80	81	79,00	2,47
1,5	79	81	79	79	79	77,00	2,53
2	79	79	80	79	79	78,00	1,30
2,5	79	79	79	79	78	78,80	1,03
3	78	78	79	79	79	78,60	0,25
3,5	79	78	79	79	78	78,60	0,00
4	79	79	78	79	79	78,80	0,25
4,5	78	78	78	79	78	78,20	0,76
5	78	78	79	77	79	78,20	0,00

Таб.1. Залежність рівня гучності звуку від відстані між джерелом звуку та датчиком.

Температура t, C°	Рівень звуку, дБ					Середнє значення рівня звуку, дБ	Зниження, %
	Номер експерименту						
	1	2	3	4	5		
18	83	82	81	82	83	82,20	0,00
20	82	83	82	82	83	82,40	0,24
22	83	82	82	83	83	82,60	0,24
24	83	82	82	83	83	82,60	0,00
26	83	82	84	82	83	82,80	0,24

Таб.2. Залежність рівня гучності звуку від температурного режиму

Проведення аналізу отриманих даних свідчить, що зниження рівня гучності звуку на відстані більш ніж 1,5 метра між датчиком і джерелом не суттєво, в той час, коли на дистанціях менше ніж 1,5 метра спостерігається істотне зниження рівня гучності звуку при видаленні від датчика. Різниця рівнів гучності між двома точками, віддаленими на різну відстань від джерела звуку, описується формулою(7).

$$L_1 - L_2 = 20 * \log R$$

(7)

, де L1 і L2 - рівні гучності, дБ, R1 і R2 - відстані між джерелом звуку і приймачем.

Невелика розбіжність між фактичними результатами та теоретичними розрахунками зумовлено тим, що при вимірюванні на кінцевий результат вплинули просторові геометричні параметри. При проведенні експерименту ефект реверберації посилює гучність звуку на коротких відстанях. Згідно стандарту ISO 532-B (ISO Standard 532. Acoustics. Method for Calculating Loudness Level) - вологість і тиск повітря можна не враховувати, оскільки вони надають несуттєвий вплив. Таким чином, при розробці методів ідентифікації аудіо сигналів ймовірної НС необхідно враховувати просторові геометричні параметри та відстані між джерелом звуку та приймачами.

Результати досліджень. На основі проведеного аналізу поданих засобів встановлено, що для розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку оптимальним є використання методу фільтрації рівнів гучності звуку. Даний метод характеризується високою швидкістю і низькою складністю реалізації. Це дозволяє зменшити вимоги до продуктивності апаратної та програмної платформи смартфонів користувачів, та встановлювати програмні засоби клієнтської підсистеми на більшості моделей смартфонів різних виробників.

На основі проведеного аналізу експериментальних досліджень, встановлено, що при розробці методів ідентифікації аудіо сигналів ймовірної НС необхідно враховувати просторові геометричні параметри та відстані між джерелом звуку та приймачами. Такі параметрами повітряного простору, як температура та вологість повітря, атмосферний тиск, не відіграють суттєвої ролі при ідентифікації коротких імпульсних аудіо сигналів високої потужності, прикладом яких є постріли або вибухи. Тому їх можна не використовувати при формуванні моделі розпізнавання аудіо сигналів настання ймовірної НС.

Напрямами подальших досліджень є:

- вибір оптимального методу розпізнавання аудіо сигналу та ідентифікації НС у віддаленій підсистемі, що базується на аналізі численних характеристик отриманих аудіо сигналів та координатах приймачів сигналу клієнтських підсистем, та дозволяє динамічно змінювати обчислювальні потужності в залежності від складності розрахунків та необхідного часу їх отримання.
- вибір оптимального методу визначення місце розташування ймовірної НС, що базується на характеристиках отриманого аудіо сигналу та координатах приймачів сигналу.
- аналіз засобів попередження користувачів системи щодо настання НС, надання рекомендацій безпечної поведінки з урахуванням місця розташування користувача та НС, її типу та складності.

Попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій (НС) техногенного, природного та соціального характеру з метою збереження життя та здоров'я людей, забезпечення сталого розвитку країни є однією зі складових національної безпеки держави. Статистичні дані свідчать, що у 2017 році в Україні зареєстровано 138 надзвичайних ситуацій, внаслідок яких загинули 140 осіб (з них 24 дитини) та постраждало 780 осіб (з них 363 дитини)[13]. Державними службами та науковцями ведеться активна розробка новітніх інформаційних технологій, які допомагають у надшвидкий час обробляти інформацію про виникнення НС, але системи швидкого виявлення та попередження надзвичайних ситуацій недостатньо широко задіяні. Актуальним питання є інтероперабельність існуючих та впроваджених систем моніторингу та експертно інформаційно-аналітичних систем.

Україна є учасником понад 70 міжнародних угод і конвенцій, виконання яких вимагає обміну інформацією щодо стану навколишнього середовища та прогнозування його змін, тому створення, функціонування та подальший розвиток національної системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій має здійснюватись з урахуванням загальноприйнятих світових вимог. Відсутність моніторингу на чотирьох рівнях (космічний, авіаційний, наземний, геологічний) призводить до зниження рівнів достовірності прогнозів щодо виникнення надзвичайних ситуацій.

Аналіз світового досвіду створення систем моніторингу показав, що лідерами серед розвинутих країн є США та ЄС, в яких проводиться моніторинг небезпечних явищ, процесів, факторів із обов'язковим розміщенням засобів контролю на космічних платформах та передачею отриманої інформації на наземні центри моніторингу. Серед кращих зразків таких систем є Аварійна служба управління Європейського Союзу «Коперник» (Copernicus EMS), VS(США), RACHUBE (Японія) тощо.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За сучасних умов, як один з ефективних шляхів розв'язання проблеми попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій є розробка ефективного інструменту контролю за небезпечними процесами, отримання моніторингової інформації, прогнозування ризиків виникнення небезпечних подій та надзвичайних ситуацій, а також підтримка управлінських рішень. Ймовірність виникнення таких НС досить висока у будь-якому регіоні України, тому робота над розробкою системи раннього виявлення НС актуальна для регіонів та держави в цілому.

1. Математические модели и методы проектирования систем раннего обнаружения пожара. Монография / И.А. Чуб, М.В. Новожилова, В.А. Андронов. – Харьков: НУЦЗУ. – 2014. – 148 с.
2. Emergency Management // John J. Fay, David Patterson [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128092781000153>
3. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Ко-мандно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
4. Nazirov, E. K., Nazirova, T. A.. Система сповіщення в надзвичайних ситуаціях "АСЕН"; Науковий вісник НЛТУ України, (2018) 28(1), 140-144. <https://doi.org/10.15421/40280128>
5. А.В. Львов, М.Н. Агапов, А.И. Тищенко «Триангуляционная система определения координат источника звука», Ползуновский вестник, № 2, с. 159-162 (2010) - Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010_02/pdf/158lvov.pdf

6. Emergency Response Community Effectiveness: A simulation modeler for comparing Emergency Medical Services with smartphone-based Samaritan response // Michael Khalemsky, David G.Schwartz [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923617301252>
7. Назиров Э.К. Использование звукометрии в персональной системе оповещения о наступлении чрезвычайной ситуации/ Назиров Э.К.// Компьютерні технології в міському та регіональному господарстві: матер. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Харків-2015: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. — С. 155-156.
8. Анализ алгоритмов аудиоаналитики [Электронный ресурс] // сайт habrahabr.ru. – 2015. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/synesis/blog/250935/>.
9. An ontology for emergency notification systems accessibility//A.Malizia, T.Onorati, P.Diaz, I.Aedo, F.Astorga-Paliza [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417409008768>
10. Application of satellite navigation system for emergency warning and alerting//Sue LynnChoy, John Handmer, Joshua Whittaker, Yuki Shinohara, Tomohiro Hatori, Naohiko Kohtake [Електронний ресурс] – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019897151630031X>
11. Integrated community emergency management and awareness system: A knowledge management system for disaster support// Magiswary Dorasamy, Murali Ramana, Maniam Kaliannan [Електронний ресурс] – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517303426>
12. GSMA Intelligence Global Data [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gsmaintelligence.com/>.
13. Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dsns.gov.ua/>.

Рецензент: Новожилова Марина Володимирівна, завідувач кафедри прикладної математики і інформаційних технологій, Харківський національний університет міського господарства ім.О.М. Бекетова, доктор фізико-математичних наук, професор.

CONTENTS

AUTOMATION AND MANAGEMENT

HASSAN MOHAMED MUHI-ALDEEN, TKACHOVA O. B. A Method of network resource allocation in the networks supporting nfv technology.	5
LATSINA R. O. Detection of human movements at real time video sequence.	12
MELNYK V.M., MELNYK K.V., BAHNYUK N.V., PYSHUK Y.S. Modeling of the copying overheads reduction based on TCP protocols during message exchange.	18
NAUMENKO T. A. Non-server technology (Functions as a Service) to create cloud-based micro-service applications.	25
POPELIAIEV D. P. Fog computing as an intermediate computing layer between IoT and Cloud. Annotation.	31
SHRAMOV O.G., PIATYKOP O. Recognition of handwritten numbers using a neural network.	37
<i>INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE</i>	
I. ANDRUSHCHAK, YU. MATVIYIV, M. POTEYCHUK, O. SIVAKOVSKAYA, V. MARTSENYUK. Features and prospects of outsourcing in the field of information technologies.	42
BUNKE O.S. Information tools for automating business processes of industrial enterprises.	46
GOLOVACHUK I.P., VELYCHKO V.L. Development of the construction units for demonstration 3d-holographic projections.	51
GRINYUK S., MISKEVICH O.I. Technological tone of the tachnitsyu oblepochki of the superconducting of the bearings in the avtomatizovyyh system.	56
DUDNIK V. Y. Automation of anaphora solution in the system of analysis of natural text for the Ukrainian language.	61
ZHURILO A. G., SIVAK E. M. Geometric construction when performing sections and sections in axonometric projections.	67
ZAKHARCHUK D.A., ZAKHARCHUK V.Y., YASHCHYNSKIY L.V., KOVAL Y.V. Implementation of modern information and communication technologies in the study of physics.	72
ZAIATS V.M., ZAIATS M.M., MOSHYNSKIY V.S., ROZANKIVSKIY I.V. System approach to bilding models for intelligent processing of data in eco-information systems.	77
KOVALYSHYN O.S. Information technology of rehabilitation institutions schedules optimisation.	85
KORINCHUK N.U., KORINCHUK V.V. The use of innovative and computer technologies in integrated studies in mathematics and higher mathematics.	90
KOSTIUCHKO S.M. Parametric sensitivity model of nonlinear systems.	95
LABZHYNKIY V. A. Forecasting the status of complex technical systems through the neural networks of deep learning.	98
VALERIY LISHCHYNA, NATALIYA LISHCHYNA, YULIYA POVSTYANA, ANDRII YASHCHUK. Prospects for the introduction of LMS system based on the information technology platform Moodle in the educational process of the Department of Computer Technologies.	104
V.P. MARTSENYUK, A.S. SVERSTIUK, I.E. ANDRUSHCHAK Mathematical modeling of biosensor and immunosensory information systems	110
NAYDONOV I. Model of voice interaction of the driver in the systems of dispatching control over the movement of vehicles.	121
PRONINA O. I. Model of service presentation in the context of individual customer needs.	128
I.A.CHYB, E.K. NAZIROV, T.A. NAZIROVA The instrumental partitions of the region by acoustic signals from the zone of the most advanced situation.	134

ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ ТА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ СТАТЕЙ

- **Наукова стаття обов'язково повинна мати наступні необхідні елементи:**
 - 1) **постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
 - 2) **аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор,
 - 3) **виділення невіршених раніше частин загальної проблеми**, котрим присвячується означена стаття;
 - 4) **формулювання мети дослідження** (постановка завдання);
 - 5) **виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки** з даного дослідження, у тому числі з науковою новизною і
 - 6) **перспективи подальших досліджень** у даному напрямку.
- Статтю можна подавати українською, російською або англійською мовами. Вона повинна бути набрана у текстовому редакторі MS WORD 03/07/10 і надрукована на лазерному або струменевому принтері на білих листах формату А4 (297×210 мм). **Нумерацію сторінок** не виконувати. **Обсяг статті** 5-10 сторінок (не менше).
- **Параметри сторінки.** Верхнє, нижнє та праве поле –1,5 см, лїве – 2 см. Від краю до верхнього колонтитула – 1,25 см, нижнього – 1,25 см.
- **Шапка статті.** Індекс УДК, ініціали та прїзвища авторів, назва організації та назва статті набираються з нового рядка шрифтом Time New Roman Cyr розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирівнюються по лївому краю. Назва статті розміщується через один рядок нижче назви організації (розмір шрифту 11 пт з напївжирним видїленням та вирївнюванням по центру).
- **Анотації** (українською, російською та англїйською мовами) повинні мїстити прїзвища та ініціали авторів, назву статті та короткий її зміст і розміщуються через один рядок нижче назви статті та набираються з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman Cyr розміром 9 пт з одинарним міжрядковим інтервалом і вирївнюються по ширинї. Нижче анотацій обов'язково вказуються **ключовї слова**.
- **Основний текст** розміщується на через один рядок нижче анотацій, набирається з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирївнюється по ширинї.
- **Формули** набираються у редакторї формул MS WORD (використовувати шрифти: Symbol, Time New Roman Cyr; розміри шрифтів: звичайний 12 пт, крупний індекс 7 пт, дрібний індекс 5 пт, крупний символ 18 пт, дрібний символ 12 пт). Формула вирївнюється по центру і не повинна займати бїльше 5/6 ширини рядка.
- **Ілюстрації**, що присутні у статті, необхідно розташовувати у тексті по центру, вирївнюючи підписи по центру (Рис. 1. Назва). Другий екземпляр ілюстрації необхідно подати на окремому листї. Ілюстрації повинні бути чїткими та контрастними.
- **Таблицї** потрібно розташовувати у тексті по центру, причому їх ширина повинна бути на 1 см менша ширини рядка. Над таблицею ставиться її порядковий номер і назва (Таблиця 1. Назва) та вирївнюється по центру.
- **Посилання** на ту чи іншу роботу повинні позначатися в тексті у квадратних дужках за порядковим номером у списку лїтератури в кінці статті; посилання на джерела статистичних даних обов'язковї; посилання на публікації дослідників обов'язковї; посилання на підручники, навчальні посїбники, газети і ненауковї журнали – небажанї; посилання на власні публікації допускаються тїльки у випадку крайньої необхідності; роботи авторів, на прїзвища яких є посилання в тексті, мають бути в списку лїтератури до цієї статті.
- **Джерела** повинні бути оформленнї за ВАК-формою 23 «Приклади оформлення бїбліографїчного опису у списку джерел, який наводять у дисертації, і списку опублікованих робїт, який наводять в авторефератї», а їх кїлькїсть повинна бути не меншою 10 джерел, що подаються загальним списком в кінці рукопису за абеткою через один рядок пїсля тексту статті.
- До статті обов'язково додається двї **рецензїї**: зовнїшня і внутрїшня. Редакція залишає за собою право направляти статті на додаткову рецензїю та вїдхїляти їх в разї вїдеутності рецензїй.
- Стаття обов'язково подається на лазерному диску. Її також можна переслати електронною поштою за адресою: cit@lntu.edu.ua.
- В кінці статті обов'язково вказуються ПШБ, посада, науковий ступїнь, вчене звання рецензентів статті.
- Рукописи, що не вїдповїдають вище вказаним вимогам, не розглядаються і до друку не прїймаються.

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

(поля верхнє, нижнє та праве -1.5 см, лїве 2см)

УДК 371.13.001.76

Ткачук Н.М., к.п.н.

Волинський інститут післядипломної педагогічної освіти

ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛІВ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ткачук Н.М. Підготовка вчителів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій. У статті розкрито важливість застосування інноваційних педагогічних технологій для реалізації завдань старшої профільної школи. Запропоновано можливості впровадження технологій у навчальний процес шляхом підготовки педагогів в системі післядипломної освіти.

Ключові слова: інновація, технологія, педагогічна технологія, профільна школа, післядипломна педагогічна освіта, підготовка педагога.

Ткачук Н.М. Подготовка учителей профильной школы к внедрению инновационных педагогических технологий. В статье раскрыта важность применения инновационных педагогических технологий в старшей профильной школы. Предложены возможности внедрения технологий в учебный процесс в системе последипломного образования.

Ключевые слова: инновация, технология, педагогическая технология, профильная школа, последипломное педагогическое образование, подготовка педагога.

Tkachuk N.M. Teacher training specialized schools to implement innovative pedagogical technologies. The article considers the importance of the application of innovative pedagogical technologies for implementation of tasks of the senior professional schools. The proposed introduction of technology into the learning process through the training of teachers in the system of postgraduate education

Keywords: innovation, technology, educational technology, professional school, post-graduate pedagogical education, training teacher.

Постановка наукової проблеми. Впровадження профільного навчання старшокласників як одного з етапів реформування освітньої галузі зумовлює пошук нових підходів до організації навчання в старшій школі.

.....
.....
.....

Аналіз досліджень. Питанням підготовки вчителів до професійної діяльності в умовах профільного навчання присвятили свої дослідження

.....
.....
.....

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Крім розглянути питання підготовки педагогів в процесі підвищення кваліфікації до впровадження інноваційних педагогічних технологій, уточнимо ключові поняття «інновація» та «педагогічна технологія».

.....
.....
.....

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Таким чином, одним з найважливіших стратегічних завдань на сьогоднішньому етапі модернізації післядипломної педагогічної освіти є забезпечення якості підготовки фахівців на рівні міжнародних стандартів.

.....
.....

1. Величко Л. Л., Савчин М. М. Теоретичні аспекти педагогічної майстерності та методичної культури педагога [Текст] / Л. Л. Величко, М. М. Савчин // Педагогіка і психологія. – 2013. – № 4. – С. 74–82.
2. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : навч. посіб. / І. М. Дичківська. – К. : Ар
3. Липова Л., Войцехівський М., Малишев В. Післядипломна освіта в контексті профілізації М. Войцехівський, В. Малишев // Післядипломна освіта в Україні. – 2010. – № 1. – С.3–6

Times New Roman 9

Times New Roman 11

Times New Roman 9

Довідки з питань публікації та прийому матеріалів у науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» можна отримати у редактора-коректора – Мельник Катерини Вікторівни за тел. (0332) 74-61-15, або (050)-916-00-81.

Адреса: 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, ауд. 141

Автор статті отримує 1 примірник збірника. Вартість друку однієї сторінки становить 40 – грн.(для працівників Луцького НТУ), 50 грн – для інших ВУЗів.

Кошти можна перерахувати на рахунок:

Луцький національний технічний університет
43018 м.Луцьк, вул..Львівська, 75
р/р 31251222217820
банкДКСУ м.Київ,
МФО 820172
Код ЄДРПОУ 05477296

З призначенням платежу: «За інформаційно-аналітичне забезпечення видання «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» від _____(ПІБ)»