

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

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**

№32 2018р.

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 №11 засідання від 22.06.2018)**

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.**

ISSN 2524-0560 (Online)

ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ	
Андрушак І.Є., Матвійв Ю.Я., Кошелюк В.А., Ліщина Н.М. , Марценюк В.П. Технології кластерного аналізу як особливість сучасного етапу інтелектуалізації суспільства. [<i>I.Ye.Andrushchak, Yu.Ya. Matthew, V.A. Koshelyuk, O.M. Sivakovskaya, N.M.Lishchyna, V.P Martsenyuk. Technologies of cluster analysis as a feature of the modern stage of intellectualization of society.]</i>	5
Головін М.Б., Головіна Н.А. Специфіка навчальних дій, що містять комп'ютерне моделювання фізичних процесів.	10
Грінченко Л.Г. Найкращі рівномірні наближення неперервних функцій узагальненими багаточленами.	19
Грінченко Л.Г. Про числовий розрахунок згинних моментів в перерізах плити , жорстко закріпленої на контурі.	24
Губаль Г. М. Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує автоколивання у гліколізі.[<i>Hubal H. M. Construction and study of the system of differential equations that describes self-oscillations in glycolysis.]</i>	30
Дяк М.С., Круліковський Б.Б. Мінімізація 5-розрядних булевих функцій методом Різника-Соломка.	36
Зуєв Д. О., Карпачова А. В., Усов Д.М., Горшунов Р. Застосування методу оцінки «гарячої точки» для моніторингу мереж центрів обробки даних. [<i>Zuev Denis Olegovich, Kropachev Artemii Vasilyevich, Usov Aleksey Yevgenyevich, Roman Gorshunov.Application of the hot-spot evaluation method for monitoring of data center network.]</i>	47
Каганюк О.К., Поліщук М.М., Самарчук В.Ф., Гринюк С.В. Конструктивні особливості вугільно видобувних машин та комплексів і їх класифікація як об'єктів автоматичного управління в площині вугільного пласта. [<i>Каганюк А.К., Полищук Н.Н., Самарчук В.Ф. Гринюк С.В. Конструктивные особенности угледобывающих машин и комплексов и их классификация как объектов автоматического управления в профиле пласта.]</i>	53
Матіко Ф.Д., Роман В.І., Дмитришин А.І. Удосконалення математичної моделі ультразвукового витратоміра в комплекті з пристроєм підготовки потоку.	65
Палій Б. М. Управління пневматичним промисловим захватом.	70
Поплавська Г.В. Формування критичного мислення молодших школярів на уроках інформатики	76
Тазетдінов В. А. Автоматизація процесу підбору інвентаря для настільного тенісу з використанням нейромережових систем.	81
ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Булатецький В.В., Булатецька Л.В., Пруц Г.С. Методи та засоби вивільнення простору системного розділу ОС Microsoft Windows 10.	85
Губаль Г. М. Математичні тексти та рисунки в системі L ^A T _E X.	90
Здолбіцька Н.В., Каленіков В.С., Шкабура В.І. Мобільні технології на ноутбуках.	95
Клехо О.В. Особливості формування фахової компетентності майбутніх вчителів інформатики у початковій школі в умовах компетентнісного підходу.	100
Рубець А.В. Побудова комплексної моделі нейромережевого аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу.	105

УДК 004.05(075.8)

Луцький національний технічний університет¹⁾

Університет Бельсько-Бяли, Польща²⁾

І.Є. Андрушак, Ю.Я. Матвіїв, В.А. Кошелюк, Н.М. Ліщина¹⁾, В.П. Марценюк²⁾

ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ЯК ОСОБЛИВІСТЬ СУЧАСНОГО ЕТАПУ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА

І.Є. Андрушак, Ю.Я. Матвіїв, В.А. Кошелюк, Н.М. Ліщина, В.П. Марценюк. Технології кластерного аналізу як особливість сучасного етапу інтелектуалізації суспільства. Стаття присвячена питанням особливостей кластеризації як чинника її інноваційного розвитку. Визначено сутність кластера та його роль у забезпеченні інноваційного розвитку. Розкрито умови та наведено приклади ефективного функціонування кластерних структур. Зроблено висновок про необхідність подальших досліджень процесів кластеризації з урахуванням світового досвіду.

Ключові слова: кластер, кластеризація, кластерний підхід, інновації, інноваційний розвиток, конкурентоспроможність.

И.Е. Андрушак, Ю.Я. Матвиив, В. А. Кошелюк, Н.М. Лищина, В.П. Марценюк. Технологии кластерного анализа как особенность современного этапа интеллектуализации общества. Статья посвящена вопросам особенностям кластеризации как факт/ора ее инновационного развития. Определена сущность кластера и его роль в обеспечении инновационного развития. Раскрыты условия и приведены примеры эффективного функционирования кластерных структур. Сделан вывод о необходимости дальнейших исследований процессов кластеризации с учетом мирового опыта.

Ключевые слова: кластер, кластеризация, кластерный подход, инновации, инновационный развитие, конкурентоспособность.

I.Ye.Andrushchak, Yu.Ya. Matthew, V.A. Koshelyuk, O.M. Sivakovskaya, N.M.Lishchyna, V.P Martsenyuk. Technologies of cluster analysis as a feature of the modern stage of intellectualization of society. The article is devoted to the problems of clusterization as a factor of its innovative development. The essence of the cluster and its role in providing innovative development are determined. Conditions are revealed and examples of effective functioning of cluster structures are given. The conclusion is made on the necessity of further researches of clusterization processes taking into account the world experience.

Key words: cluster, clustering, cluster approach, innovation, innovative development, competitiveness.

Formulation of the problem. The current stage of development of the world economy is characterized by rapid pace of scientific and technological progress and intellectualization. Intensive development and introduction of new technologies in national and international markets and international integration in the field of advanced technologies are a strategic model for the rapid economic growth of highly developed countries. The growing intellectualization of the global marketplace pushes out obsolete technologies and promotes the introduction of new products based on recent scientific advances in science and technology. Intellectualization and scientific and technological progress will lead to the globalization of the world economy and the creation of a single market for goods and services. In the context of strengthening the processes of globalization, the key to competitiveness of the country in world markets is its innovative development. According to world practice, clusterization is one of the most effective means of realizing state innovation policy and stimulating innovation processes. At the present stage of the development of the domestic economy in connection with the need for its modernization on an innovative basis, clusterization processes are of particular importance. Therefore, for Ukraine, the study of world experience in the formation and development of clusters as the basis of innovation economy is relevant.

Setting up tasks. Unfortunately, the last two decades have not contributed to the active growth of the standard of living of the population, and especially the quality of life. Unfortunately, this did not promote this institutional transformation that took place in Ukraine. The living standard of the population, high welfare certainly depends on the development of the economy as a whole on the basis of scientific and technological progress, the introduction of educational institutions, educational organizations, the significance of which, as a whole, exceeds the sum of the constituent parts. That is, the educational cluster is more than a trick in terms of the educational services market concept compared to those forms of inter-sectoral integration as vertically integrated holding structures, associations, strategic alliances, network associations, joint ventures, technology parks, business incubators, industrial parks, special economic zones, etc. Most researchers, among which are P. Aren, P. Antila, D. Acoff, I. Ansoff, T. Andersen, O. Bogma, M. Budnik, G. Kleiner, A. Kulman, V. Pulman, B. Pis'mak, G. Semenov, V. Tretiak, V. Feldman et al. Agree that the cluster is a more complex phenomenon than a mere association of institutions, organizations, enterprises for joint marketing activities, or the implementation of a coherent policy, in education - this is, say, in the field of training. The cluster provides for a deeper technological co-operation based on their participation in the system of accumulation of value. At the same

time, educational institutions are not only included in the process of co-operation, but, more importantly, continue to compete with each other selectively in selected areas. Such a competitive environment is the driving force behind economic growth, the productivity of all factors of production, and the rapid expansion of innovations as a prerequisite for improving the well-being of the population and quality of life.

Analysis of recent researches and publications. Foreign and domestic scientists made an important contribution to the study of clusterization processes and their impact on the economic development of the countries: E. Bergman, Z. Varnalius, I. Vishnyakov, M. Voinarenko, M. Keating, J. Clegg, E. Lemmer, M. Porter, S. Sokolenko, E. Fezer, V. Shovkalyuk and other scientists. Questions of clusterization are at the center of attention of Ukrainian scientists O. Husenko, V. Vergun, V. Kulishov, S. Mitsyuk, O. Stutnitsky, M. Khmara. The conceptual foundations of innovation development are highlighted in the publications of such scholars as O. Alimov, N. Goncharov, V. Grinev, M. Drazhan, L. Neykov, D. Chervanov, A. Chukhno and others. However, in contemporary economic literature, insufficient attention is paid to the problem of the relationship between clusterization processes and accelerating the innovative development of the economy, the study of world experience in cluster formation and their role in the formation of an innovative economy [1-3].

Basic material presentation. Cluster analysis appeared relatively recently - in 1939 he proposed a scientist K. Trion. Literally, the term "cluster" in the English translation "cluster" means cluster, cluster, bunch, group. Especially rapid development of cluster analysis took place in the 60's of the last century. The preconditions for this were the emergence of high-speed computers and the recognition of classifications by the fundamental method of scientific research.

The founder of the theory of clusters is the American economist Michael Porter. He gave the definition of the cluster, investigated the conditions for the emergence of cluster associations, their structural features and advantages in the development of the national economy. Examining the competitive positions of more than 100 industries from different countries, M. Porter draws attention to the fact that the most competitive on the international scale of firms in one industry are not systems located in different developed countries, but concentrated in the same country, and sometimes even in one region of the country. And this is no accident. One or more firms, reaching competitiveness in the global market, send their influence to the nearest environment: suppliers, consumers and competitors. In turn, the success of the environment influences the further growth of the company's competitiveness.

According to M. Porter, clusters are geographically focused groups of interconnected companies, specialized suppliers, service providers, firms in related industries, and organizations associated with their activities (universities, standardization agencies, trade associations) in certain areas, competing with each other, but doing it together [2].

Cluster analysis is a method of multidimensional statistical research, which includes the collection of data containing information about sample objects and their ordering in relatively homogeneous, similar groups.

Consequently, the essence of the cluster analysis is to carry out the classification of research objects with the help of numerous computational procedures. As a result, clusters or groups of very similar objects are formed. Unlike other methods, this kind of analysis makes it possible to classify objects not by one sign, but by several simultaneously. For this purpose, appropriate indicators are introduced that characterize a degree of proximity to all classification parameters.

The purpose of the cluster analysis is to find the available structures, which is expressed in the formation of groups of similar objects - clusters. At the same time, its effect lies in introducing the structure into the objects under study. This means that clustering methods are needed to identify a structure in the data, which is not easy to find in a visual inspection or with the help of experts.

The main thing in the structure of clusters is the dissemination of innovations and the establishment of social ties throughout the system of value creation and socio-cultural values. This minimizes transaction and transformation costs and enhances the competitiveness of the economy. The only logistic window for interaction with the external environment allows to establish cooperative international relations. In the global market clusters are present as the only agents of the network and competition, which allows them to act as equal subjects and to withstand harmful tendencies of competition [3, p. 4].

The disclosure of the essence of the laws of intellectualization of the economy consists in understanding the role of labor, and the attitude towards it from the side of society. Labor acts as a substance of economic relations. In the context of a substantive approach to the study of the intellectualization of the economy it becomes possible to identify the essential and qualitative characteristics of the latter as patterns of development of economic relations.

To the labor substance of the economy should include both material and intellectual production,

including the generation of socially important ideas. The whole economic evolution of mankind is characterized by a contradiction between the interaction of two archetypes: labor and wealth. Individualization of these archetypes is embodied in the subjects of the employee and the owner of physical or financial capital. Man in the process of labor activity is constantly evolving: accumulated and improved knowledge, enriched competences, developing skills. In the process of learning through experience, labor productivity increases, its means, technologies and forms of organization of production are improved. Thus, the equipment is equipped with the knowledge of the industrial forces of society.

In today's economy, the role of creative industries, in which competitive advantages are provided through the creation, accumulation and use of intellectual resources, is significantly enhanced.

The development and mastering of high, intellectual technologies radically transformed the nature of human labor, turning it into an intellectual, creative one. Creative work is an advanced kind of work activity. The motivation for such work, unlike the usual one, is to meet the needs for self-realization, the development of competences and the development of their creative abilities.

The conducted researches indicate that today the application of the cluster approach in Ukraine is a prerequisite for improving the efficiency of innovation development [4, p. 48]. It is for Ukraine, especially in the context of growing globalization and competition, that the issue of creating and promoting the effective development of cluster associations becomes of particular importance and has an unconditional perspective in the context of changes taking place in the global economy, in which the possession of a qualitatively new type of resources comes to the fore, namely information, innovation and intelligence.

According to scientists [1; 2; 6], in recent decades, clustering is the most successful instrument of economic development in the global economy. For Ukraine, the processes of clusterization which are only forming, it is especially important to study the world practice of the functioning of cluster associations and their impact on the innovative development of the national economy.

According to experts, clusterization covers about 50% of the economies of the leading industrialized countries of the world. In the US, over 380 industrial-innovation clusters employ over half of the enterprises, and the share of GDP produced in them exceeds 60%; in the countries of the European Union, clusters employ 38% of the labor force. Danish, Finnish, Norwegian, Swedish industries are fully covered by clustering. In Italy, 206 industrial clusters account for 43% of the total workforce in the industry, and their share in national exports exceeds 30%. Cluster structures operate successfully in other countries: 168 clusters or 19.9% of their total - in the UK, 32 in Germany (chemistry and engineering), 96 in France (food production, cosmetics), 61 in Poland, 96 - in India; in China, where more than 30,000 companies with a population of 3.5 million work in 60 special cluster zones. and a total annual sales volume of over 200 mdd. dollars [1, p. 36; 6, p. 53].

The analysis of over 500 cluster initiatives implemented over the past 10 years in 20 countries has shown that the high competitiveness of these countries lies in the strong positions of individual clusters [6, p. 52].

In the face of increasing competition from countries on the global market, the value of clusters will increase, because customisers are territories of development and much more effective than some enterprises, even those with a significant industrial and technical potential. This is evidenced by the trends in the creation of cross-border cluster structures in European countries, namely: in Austria, Germany (Bavaria) and the Czech Republic (Bohemia) - cluster for glass production; in Germany and the Netherlands (border areas) - clusters for the production of plastics, biotechnology and metalworking; in Belgium and the Netherlands (border areas) - a cluster of high technologies, etc. In European countries there is an active process of creating high-tech clusters. Such clusters are based in Austria - a cluster in Vienna - Biotechnology and Molecular Medicine, Belgium - a cluster of "Multimedia Valley of Flanders", Great Britain - a cluster of high technologies "Cambridgeshire", Germany - a cluster of chemical industry (Northern Ruhr region), a cluster of corporate information system (Lower Saxony), Ireland - Dublin cluster of software, Spain - cluster of machine tools (Baskonija) [6, p. 53].

If until recently clusters have been the privilege of the most advanced economies, then in recent years there has been a manifestation of this phenomenon in countries with a transformational economy. In Hungary, Poland, Czech Republic, Slovenia clustering is supported by special programs. In particular, there are more than 150 clusters operating in Hungary in the following areas: construction, textile manufacturing, thermal water, optical mechanics, automotive, woodworking, electronics, and more, as well as more than 75 industrial parks, bringing together 556 companies with a working capacity of 60 thousand person [2, p. 207].

The main condition for the formation and effective development of clusters is the state policy of their support, which is determined by many national peculiarities. The conducted studies indicate that the most effective tools for state support for clusters are:

- firstly, direct financing (subsidies, loans), which reaches 50% of the cost of creating new products and technologies (France, USA), loans without interest (Sweden) and free loans reaching 50% of the cost of introducing innovations (Germany).

- secondly, preferential taxation for enterprises, including exemption from taxes on research and development costs, preferential taxation of universities and research institutes (Japan), reduction of state taxes and tax privileges for individual inventors (Austria, Germany, USA, Japan), as well as exemptions from taxes on applications by inventors of clerical processes, services of patent attorneys (the Netherlands, Germany), creation of a special infrastructure for their support in the field of insurance (Japan);

- thirdly, the creation of innovation-funded funds taking into account potential commercial risks (UK, Germany, France, Switzerland, the Netherlands), state programs on risk reduction and reimbursement of risks (Japan), legislative provision on protection of intellectual property and copyright [1, with. 37]. The practice of implementing cluster strategies is related to the operation of grant programs of funds supporting cluster initiatives (for example, the National DATAR Planning Agency in France, the CASSIS cluster information and search system in Luxembourg, the National Competitiveness Council in the USA, the LINK Cooperation Program in the United Kingdom); formation of special institutes, agencies that are part of cluster initiatives and are able to effectively perform their functions in the development and construction of network structures and their internationalization (centers of expertise - Finland, centers of excellence, consulting, marketing and analytical and branding companies - USA); the creation of business incubators, technology parks, special (free) economic zones as important infrastructure components and catalysts for the creation and effective operation of innovative clusters.

As the practice of developing the most successful firms and prosperous countries of the world shows, clusters, first of all, are innovative as an important tool for the development of competitiveness and intellectualization of the economy. Similar clusters are relatively easy to identify: computer programs (Silicon Valley, Bangalore), optical equipment (Tokyo), mobile communications (Stockholm and Helsinki), biotechnology, life sciences and medical instruments (Boston's Route 128, BioValley 21, MedisonValley 22), cars (Detroit, Toyota City, Wolfsburg, etc.). Each such cluster is a lot of participants. For example, the Medicon Valley cluster (Copenhagen, Denmark and Malmö, Sweden) brings together seven science parks and focuses on world-class scientific studies in the field of natural science. Medicon Valley combines hospitals, universities, government research institutes, industry and investors. The network of participants in this project - the Academy of Medicon Valley - promotes collaboration between different types of companies in the field of natural science [5].

European countries in the mid-1990s began to develop cluster programs because of the obvious advantage of cluster-based intellectualization of their own economies. In the United States, more attention is being paid to the creation of a network of technology-centered centers on the basis of universities and to support interaction between large and small companies, universities, and financial institutions based on cluster strategies. In Finland, an interministerial program of cluster research is in place. National cluster programs also have other European countries.

In determining the degree of similarity of objects of cluster analysis, four types of coefficients are used: correlation coefficients, distance indicators, coefficients of associativity and probabilities, similarity coefficients. Each of these indicators has its advantages and disadvantages, which must first be taken into account. In practice, the most widespread social and economic sciences have obtained correlation coefficients and distances.

As a result of the analysis of the aggregate of input data, homogeneous groups are created in such a way that objects within these groups are similar to each other according to some criterion, and objects from different groups differ from each other.

Clustering can take place in two main ways, including hierarchical or iterative procedures.

In the context of intellectualization of the economy, innovative clusters and their activities benefit both the private sector and the state. The list of such benefits can be attributed to: increase of knowledge in the cluster and expansion of opportunities for their distribution, availability of conditions for inter-firm learning and cooperation, exchange of information and pooling of efforts for joint implementation of projects, the formation of teams of specialized highly skilled workers, strengthening of formal and other links. It promotes the emergence of new ideas and new types of business.

It is possible to distinguish some of the main reasons for the significant contribution of innovative clusters to the intellectualization of the modern economy:

1. Innovation clusters embody the implementation of the concept of "open innovation" in practice [9].

The main idea of "open innovation": innovations are not created by isolated enterprises, but they arise in a dynamic environment where competent organizations and skilled workers, producers and suppliers interact. In this environment, intensive partnerships develop, and universities are actively involved in the process of exchange of scientific and technical information. This approach allows assimilate the knowledge that has already been accumulated and generate new ideas and products. For example, to accelerate the generation and diffusion of new technologies and promote the idea of "open innovation", Philips Electronic from Eindhoven, the Netherlands, transferred the research laboratories Philips, where it was the only user, to the High Tech Campus. She invited not only their partners, but also competitors (such as IBM) to create their own research facilities there. Today, more than 35 companies and research organizations are concentrated on Campus.

2. The success of innovative clusters is due to the interaction of the three forces (the concept of a triple spiral) [7]: academic centers (universities), entrepreneurship and risk capital (business), as well as the innovation policy of the state (government). The University is a source of knowledge and technology, the role of business is in production, and the government is a guarantor of stable interactions and a source of favorable conditions. In this model, innovation is not so much a separate initiative of a particular party (for example, a country), but is created from this interaction, which increases the efficiency of the results of joint work.

3. Close cooperation with the economic, social, science-intensive areas reduces ambiguity, risks and destabilization caused by innovation. Interacting clusters form an integration environment to reduce transaction costs, increase flexibility, establish communication links and increase information flows.

Conclusion

These trends reaffirm the conclusion that clusters provide an exchange of knowledge that stimulates innovation. In other words, modern clusters are not just a business agglomeration, the emergence of which is due to the desire to minimize costs and get closer to the markets, and an effective innovation environment that enables firms that are members of it and organizations to become more innovative and knowledge-intensive. Global clustering experience may be useful for Ukraine for its further innovative economic development.

Ukraine, like most other European countries, tries to reach the economic level of the countries of Western Europe and the developed countries of the world. It has a small, but proprietary clustering experience of individual regions. In the future it is expedient to consider this experience, compare it with the successful experience of other countries, and especially countries with a transitive economy, to identify the main problems and perspectives of the clustering of the domestic economy.

1. Vorontsov K.V. Algorithms for clustering and multidimensional scaling. Course of lectures. MSU, 2007.
2. Kotov A., Krasilnikov N. Clusterization of data. 2006
3. Mandel I. D. Cluster analysis. - M.: Finance and Statistics, 1988. ISBN 5-279-00050-7.
4. Applied statistics: classification and reduction of dimension. / S.A. Ayvazyan, V.M. Buchstaber, IS Yunukov, L.D. Meshalkin - Moscow: Finance and Statistics, 1989.
5. Information and analytical resource dedicated to machine learning, image recognition and data mining - www.machinelearning.ru
6. Chubukova I.A. Course "Data Mining", Internet University of Information Technology - www.intuit.ru/departament/database/datamining.
7. Schlesinger M., Glavach B. Ten lectures on statistical and structural recognition. - Kyiv: Naukova dumka, 2004. ISBN 966-00-0341
8. Jain A., Murty M., Flynn P. Data Clustering: A Review. // ACM Computing Surveys. 1999 Vol. 31, no. 3
9. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. - Springer, 2001. ISBN 0-387-95284-5.

УДК 013.77:004.42; 37.013.03:004. 588(073)

Головін М.Б., к. ф-м.н., Головіна Н.А. к. ф-м.н.
СНУ імені Лесі Українки

СПЕЦИФІКА НАВЧАЛЬНИХ ДІЙ, ЩО МІСТЯТЬ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Головін М.Б., Головіна Н.А. Специфіка навчальних дій, що містять комп'ютерне моделювання фізичних процесів. У статті розглянуті аспекти формування структури декларативних знань при навчальному комп'ютерному моделюванні фізичних процесів. Представлений оригінальний графічний спосіб формалізації пізнавальної схеми об'єкта навчальної діяльності. Запропоновані рекомендації стосовно методики викладання відповідного навчального матеріалу.

Ключові слова: моделювання фізичних процесів, структура декларативних знань, пізнавальні структури та схеми, методика викладання.

Головин Н.Б., Головина Н.А. Специфика учебных действий, которые содержат компьютерное моделирование физических процессов. В статье рассмотрены аспекты формирования структуры декларативных знаний при учебном компьютерном моделировании физических процессов. Представлен оригинальный графический способ формализации познавательной схемы объекта учебной деятельности. Предложены рекомендации относительно методики преподавания соответственного учебного материала.

Ключевые слова: моделирование физических процессов, структура декларативных знаний, познавательные структуры и схемы, методика преподавания.

Holovin N.B., Holovina N.A. Specificity of educational actions that include computer modeling of physical processes. The article deals with aspects of declarative knowledge formation structure in educational computer modeling of physical processes. Original graphic way to formalize cognitive schema of object of learning activities is presented. Recommendations concerning teaching methods of appropriate educational material are provided.

Key words: modeling of physical processes, the structure of declarative knowledge, cognitive structures and schemes, methodology of teaching.

Постановка проблеми. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів у контексті вивчення фізики є достатньо ефективним методом навчання. Цей метод сприяє розвитку дослідницьких умінь і навичок у навчальній діяльності, наближує процес навчання до наукового пошуку. Такий підхід прискорює досягнення високого рівня знань, поглиблює ці знання і створює необхідну мотивацію для пізнавальної діяльності.

Моделювання фізичних процесів, у сенсі необхідних для цього знань, має в своєму складі три важливих компоненти: програмування, математику та фізику. Комп'ютерне моделювання фізичних феноменів у навчальній діяльності потужно формує матеріалістичне мислення та відповідно зменшує вклад містичного.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Навчальна діяльність, що включає комп'ютерне моделювання фізичних процесів специфічна. Тут контрастно проявляються особливості ментальних процесів людини, способи мислення, формування знань. Цьому сприяє висока формалізація знань та одночасно висока структурність в усіх трьох згаданих вище напрямках (інформатика, математика, фізика). Висока контрастність предмету вивчення дає можливість максимально формалізувати сам процес навчання та оптимізувати його. **Актуальним** напрямком покращення методів навчання є дослідження процесу навчання на базі когнітивної психології, де ментальні пізнавальні процеси притаманні людині, розглядаються на детальному рівні. Цікавою є також ментальна та матеріалізована частини навчальних дій в контексті пізнавальних процесів.

Метою цієї роботи є дослідження особливостей навчальних процесів в напрямках:

- формалізації пізнавальних процесів людини, що вивчає програмування, на прикладах моделювання фізичних процесів;
- розкриття особливостей ментальних та матеріалізованих дій людини в термінах формальної логіки при створенні модельних навчальних об'єктів;
- вивчення закономірностей трансформації структури знань (пізнавальних схем та карт навчальних об'єктів) в процесі навчальних дій;
- покращення методик викладання.

Такий підхід дає можливість деталізувати методичні підходи формування знань, як в області комп'ютерного моделювання фізичних процесів, так і в інших областях знань. Зокрема, в гуманітарних, де структура знань не має такої строгої конструкції, і тому ментальні процеси,

пов'язані з навчанням, хоч і відбуваються стандартною для людини схемою, однак не проявляються контрастно. У цьому сенсі комп'ютерне моделювання виступає у якості полігону для досліджень методик навчання інших галузей знань. Важливим моментом моделювання на комп'ютері фізичних процесів є також і те, що створювані програмні об'єкти, як правило, починають працювати тільки після їх відлагодження. Тобто, після того, як всі взаємодіючі аспекти моделі починають правильно функціонувати та взаємодіяти. Відлагодження моделі породжує велику кількість допоміжних задач. Розв'язування цих взаємозв'язаних задач еволюційно формує причинно-наслідкове та абстрактно-логічне мислення. Ці навчальні дії мають у своєму складі творчий компонент. Ментальні дії на таких засадах є основою для наукового мислення. Вони у значній мірі витісняють містичний, міфологічний, догматичний світогляд і тому мають потужний загальноосвітній сенс. Розгляд особливостей формування та трансформації структури знань на прикладі розв'язування пакету простих завдань, що містять моделювання фізичних процесів, ілюструє важливі для методики навчання концепції когнітивної психології. А саме:

- Ні одна пізнавальна схема людини не є абсолютно новою, кожна є модифікацією або трансформацією попередніх ментальних схем [1].
- Схема усвідомлюється та модифікується маленькими порціями, що корелюють з розміром короткочасної пам'яті, поля уваги [2].
- Розвиток пізнавальних структур відбувається в напрямку їх деталізації [3].

Цікавим у сенсі кореляції позицій методики навчання та концепцій пізнавальної психології є дослідження процесу створення навчальних моделей та їх трансформації на шляху від простої до більш складної. Цікавою є також навчальна діяльність, яка вимагає одночасно ментальних та матеріалізованих практичних дій на створення простих фізичних процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо особливості формування та трансформації структури знань на прикладі розв'язування пакету простих завдань, що містять моделювання фізичних процесів, на мові Java Script (JS).

Специфіка пакету завдань на програмування моделей фізичних процесів

Для ілюстрації розглянемо зв'язки між наступними конкретними завданнями пакету, що реалізують:

1. перенесення тіла у визначене місце екрану;
2. рівномірний прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану;
3. рівноприскорений та рівносповільнений прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану;
4. відбивання тіла, що рухається паралельно краю екрану, від перешкоди;
5. рух тіла в одновимірному просторі (вверх-вниз) у полі тяжіння та абсолютно пружне відбивання від перешкоди «землі»;
6. рух тіла кинутого під кутом до горизонту: в двовимірному просторі, що має постійну горизонтальну складову швидкості і у вертикальному вимірі рух в полі тяжіння та послідовне відбивання при зіткненні із «землею»;
7. рівномірний прямолінійний рух тіла під довільним кутом до краю екрану;
8. відбивання тіла від нижньої стінки (кут зіткнення довільний);
9. відбивання тіла від верхньої стінки (кут зіткнення довільний);
10. відбивання тіла від лівої стінки (кут зіткнення довільний);
11. відбивання тіла від правої стінки (кут зіткнення довільний);
12. модель руху та зіткнень бильярдної кулі з бортиками столу.

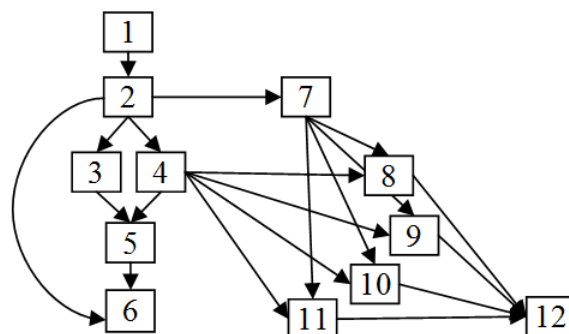


Рис.1. Зв'язки між завданнями на програмування

Всі програми містять екранну імітацію процесу переміщення фізичного тіла в просторі. На рис.1 стрілками показано зв'язки між задачами, а також, відповідно, і послідовність в якій можна реалізувати всю сукупність вище згаданих програм. Зрозуміло, що програми 1 і 2 можна вважати стартовими, а 6, 12 – цільовими (фінішними). Видно, що стартові програми входять в наступні, як складові частини.

Представлені завдання зв'язані між собою. Існує два шляхи їх виконання. У кожному з шляхів неможливо реалізувати наступне завдання не реалізувавши попереднє. У формуванні інших проміжних завдань потреби не виникає. Розмір програмних фрагментів, що необхідно дописувати, при переході від поточної програми до наступної невеликий. Кожен з фрагментів є логічно завершеним, може бути охоплений полем уваги та відповідно усвідомлений цілісно. Важливим у методичному сенсі є перехід від кожного поточного завдання на реалізацію програми до наступного. Це керований перевід уваги в процесі навчання, від поточного навчального блоку до наступного. Цей крок є якісним, адже в результаті учень отримує цілісну логічно завершену порцію інформації, яка модифікує його структуру знань. Порційне сприйняття пов'язано з тим, що здорова людина одночасно може усвідомлювати та утримувати в полі уваги не більше 7 ± 2 нових понятійних одиниць [2]. На думку авторів роботи, такі інформаційні порції повинні відокремлювати кожен поточну навчальну програму від наступної.

Еволюція структури знань в процесі розв'язування пакету завдань на програмування

Перший крок навчання це створення програми 1, а **другий крок** це перехід від програми 1 до програми 2.

Програма 1 переносить тіло в задане положення на екрані. В цій програмі функції RuhTila() та Model() мають спрощений вигляд.

```
function RuhTila(X0, Y0, D, kulja)
    {var kolo = document.getElementById(kulja); kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y0}
function Model(){RuhTila(300, 300, 50,'Tilo')};
```

Програма 2 реалізує рівномірний прямолінійний рух паралельно краю екрану та має вигляд:

```
<html>
  <head>
    <title>test</title>
    <style type="text/css">
      #Tilo{position:absolute;width: 50px;height: 50px;background: red;
      -moz-border-radius: 50px;-webkit-border-radius: 50px;border-radius:50px;}
      #rectangle {position:absolute; width: 700px;height: 500px; border: 2px solid grey;}
    </style>
    <script type="text/javascript">
      function RuhTila(X0, Y0, D, kulja)
        {
          var T=0; Vo=50; Ypoch=100;
          kolo = document.getElementById(kulja)
          setInterval(function()
            {
              T=T+0.1; Y=Ypoch + Vo*T
              kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y
            }, 40);
        }
      function Model()
        {
          RuhTila(300, 300, 50,'Tilo')
          rectangle.style.left=50; rectangle.style.top=50;
        }
    </script>
  </head>
  <body onload="Model()">
    <div id="Tilo"></div>
    <div id="rectangle"></div>
  </body>
</html>
```

Ключовий фрагмент стартової програми 1 - функція `RuhTila()` вкладається в один конструкт – логічно завершений фрагмент програми, який можна охопити полем уваги та усвідомити одномоментно. Функції цього фрагменту можуть бути лаконічно вербалізовані. На рис.2.1 зображена структура цього фрагменту. Три кульки розташовані в ряд в основі трикутника, що окреслює конструкт `RuhTila()` відповідні трьом конкретним операторам присвоєння. Компонент конструкта у вершині трикутника будемо називати концептом конструкта. Він цілісно, концептуально описує функцію всього конструкта. У програмі 1 концепт конструкта вербалізується словами «тіло у визначене місце».

Зрозуміло, що концепт завжди має більш узагальнений сенс в порівнянні з конкретизованими компонентами, якими він реалізується. Перехід від концепту до компонентів, що його реалізують здійснюється в результаті дедуктивних дій, а зворотній перехід вимагає індуктивної діяльності. Детальніше про аналітико-дедуктивні та індуктивно-синтетичні дії в полі уваги, що зв'язані циклічно з абстрагуванням, і стосуються обробки інформації в окремому конструкті розглянуто в роботі [4].

Структура програми 2 дещо складніша вона складається з двох конструктів (рис.2.2). Верхній конструкт схожий на попередній. Він доповнений двома операторами. Нижній конструкт реалізується внутрішнім таймер-планувальником `setInterval(function())`, який дозволяє циклічно реалізовувати виклики `kolo.style.left=X0; kolo.style.top=Y0` через рівні проміжки часу. Реалізація цього конструкта приводить до пересування тіла рівномірно паралельно краю екрану.

Виконання кожного наступного завдання приводить до зміни поля уваги. Окреслення поточного поля уваги позначено на рисунках виділеним трикутником. Компоненти програми, що знаходяться у виділеному трикутнику, поточно усвідомлюються суб'єктом навчання і відповідно піддаються обробці. Ця обробка в термінах формальної логіки розглянута нижче на рис.4. На рис.2.1- рис.2.6б показана динаміка зміни структури знань в довготривалій декларативній пам'яті людини в процесі навчальних дій по розв'язуванню пакету завдань 1-6.

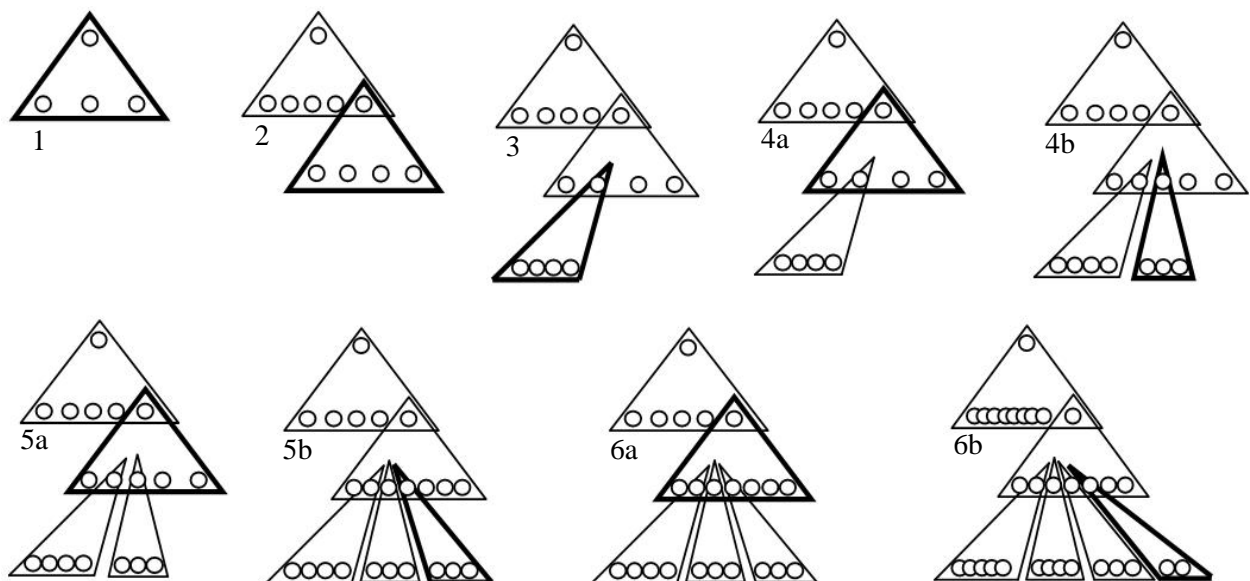


Рис.2. Модифікація структури знань на етапі перша – шоста програми

Третій крок навчання реалізує перехід від програми 2 до програми 3, якщо поставлена мета досягнення фінішної програми 6 (рис.1).

Програма 3 моделює вільне падіння тіла. Це рівноприскорений прямолінійний рух тіла паралельно краю екрану вздовж осі Y.

$$Y = Y_{\text{poch}} - \text{Math.round}(V_0 * T) + \text{Math.round}(9.8 * \text{Math.pow}(T, 2) / 2).$$

Формула обчислення координат тіла при рівноприскореному русі складається з кількох компонентів. Її написання вимагає окремого зосередження уваги. Тому в структурі функції `RuhTila()` вона представляється окремим конструктом (рис.2.3).

Четвертий крок навчання реалізує пружне відбивання кульки, що рухається рівноприскорено в полі тяжіння, далі її рівносповільнений рух.

Програма 4. Однократне повне пружне відбивання кульки реалізується розгалуженням, що розташовано після обчислення Y.

```
if (Y>500-D){Vo=T*9.8; T=0; Ypoch=500-D}
```

(де, D - діаметр кульки; 500 - числове значення, що вказує рівень на якому знаходиться перешкода від якої здійснюється відбивання).

Розгалуження та три оператори присвоєння, що виконуються при виконанні умови, утворюють новий конструкт в уявленнях про рух тіла (function RuhTila()). Ускладнення задачі веде до поступового ускладнення уявлення про алгоритм руху тіла. Пізнавальна схема модифікується від представленого на рис.2.3 до стану рис.2.4b. Однак ця модифікація можлива тільки через проміжний стан представлений на рис.2.4a.

Необхідно відмітити, що на рис.2.2 - рис.2.6 та рис.3.2 - рис.3.12 є пізнавальні одиниці (позначені кружечками), що входять у склад двох конструктів. На стороні верхнього конструкта така пізнавальна одиниця розуміється цілісно, а на стороні нижнього конструкта та сама одиниця, розуміється диференційовано. Саме такими пізнавальними одиницями, що з'єднують верхній і нижній конструкт, відбуваються абстрактно-логічні транзити уваги: вниз – конкретизація, вгору - узагальнення. Зрозуміло, що транзит уваги без втрати логіки думок може відбуватись не тільки між двома сусідніми конструктами, але і між кількома суміжними. Такі транзити уваги детально розглянуті в роботах [4, 5].

П'ятий крок навчання (Програма 6.). Багатократне повне пружне відбивання кульки вимагає, ще одного розгалуження, що забезпечує правильний перерахунок змінних при повороті у верхній точці.

```
if (Y<100){Vo=0; T=0; Ypoch=100}
```

Видно, що на пізнавальній схемі з'являється додатковий конструкт, що відповідає новому розгалуженню (рис.2.5a, рис.2.5b).

Шостий крок навчання полягає в об'єднанні другої та п'ятої програми, що моделюють прямолінійний рівномірний рух та рух в полі тяжіння.

Програма 6. Моделює рух тіла в двомірному просторі, що має постійну горизонтальну швидкість, а у вертикальному напрямі скаче в полі тяжіння (тертя відсутнє). Текст додаткового фрагменту програми представлений нижче.

```
if (Y>500){Vo=T*9.8; T=0; Ypoch=500; Xpoch=X}  
if (Y<100){Vo=0; T=0; Ypoch=100; Xpoch=X}  
Y=Ypoch-Math.round(Vo*T)+Math.round(9.8*Math.pow(T, 2)/2)  
X=Xpoch +Math.round(Vxo*T)
```

Структура пізнавальної схеми, що відповідна цій моделі представлена на рис.2.6a, рис.2.6b.

Розглянемо процес навчання на етапі перша, друга, сьома – дванадцята програми в якому реалізується програмна модель 12 (рис. 1) - моделювання руху та зіткнень кулі на більярдному столі. Ця модель ідеалізована, адже в моделі реалізований рівномірний прямолінійний рух у двомірному просторі, абсолютно пружне відбивання, тертя не враховується. Першою необхідно реалізувати сьому модель відштовхнувшись від другої. Далі порядок в якому реалізуються моделі 8-11 довільний. Засвоєння нового матеріалу складається з 6 нових конструктів.

Пізнавальна схема моделі 7, де реалізується рух тіла під кутом до краю екрану, зображена на рис.3.7. На рис.3.8 пізнавальна схема руху під кутом до краю та відбиття від однієї зі сторін прямокутника перешкод (імітація бортиків більярдного столу). Кожна наступна пізнавальна схема рис.3.9- рис.3.11 додає до ментальної структури, один з бортиків столу, що ще не був реалізований. Кожна нова порція уявлень, що доповнює існуючі уявлення, по-перше, логічно завершена, по-друге, цілісно може бути усвідомлена (на ній одномоментно може бути сконцентрована увага). Кількість конструктів якими представляється об'єкт вивчення з часом може змінюватись. Так в моделі 11 чотири конструкти, що відповідають за відбивання від чотирьох стінок (чотири розгалуження) можуть бути трансформовані в два розгалуження в тексті програмного фрагменту. Пізнавальна схема програми 11, відповідна рис.3.11, трансформується в більш просту схему рис.3.12, що відповідна програмі 12.

Багатократна концентрація уваги на схожих завданнях та їх виконання формує стереотипні візерунки операторів (паттерни). Динаміка формування стереотипних ментальних схем розглянута в роботах [7, 8].

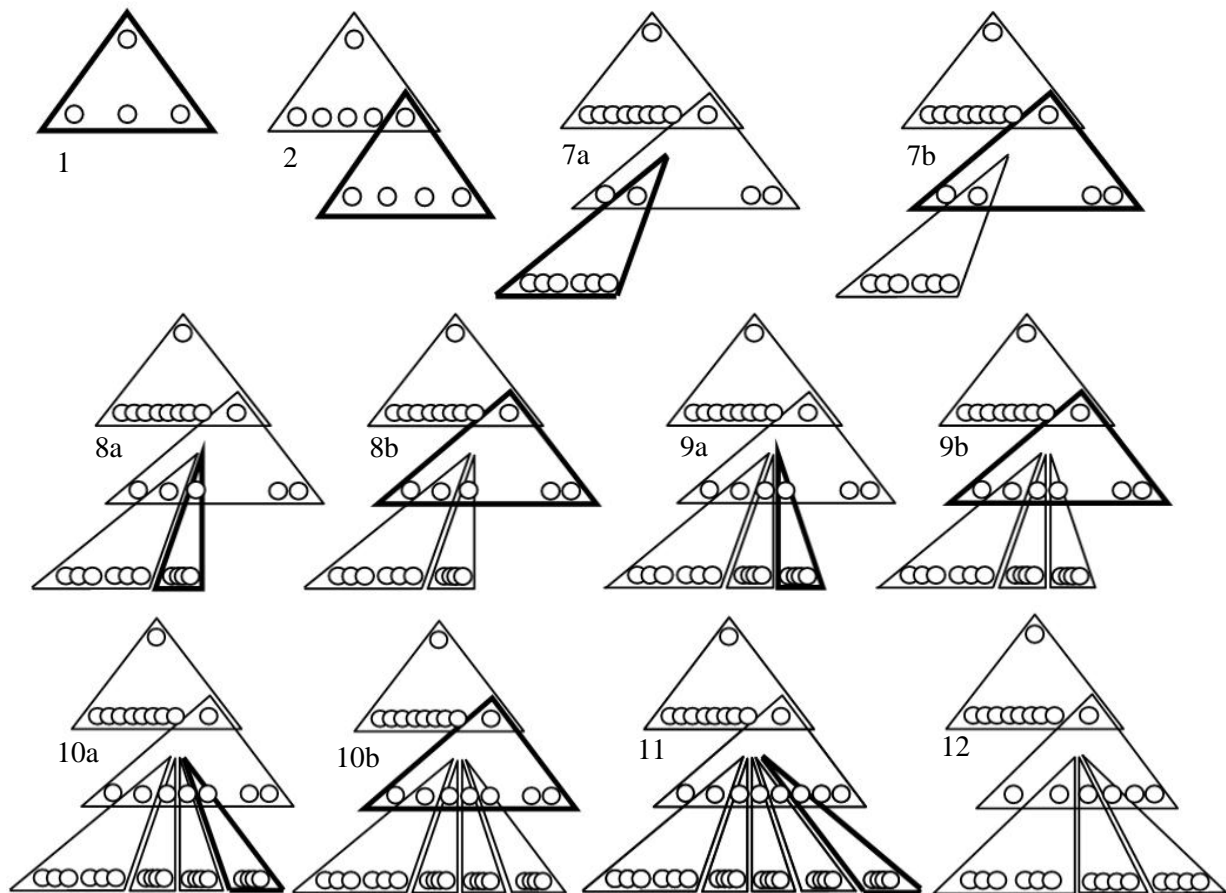


Рис.3. Модифікація структури знань на етапі перша-друга та сьома – одинадцята програми

Текст функції RuhTila() для моделі 12 представлений нижче.

```
function RuhTila(X0, Y0, D, krug)
{
    var T=0; Xp=X0; Yp=Y0;
    Xr1=50; Yr1=50; Xr2=750; Yr2=550;
    var kolo = document.getElementById(krug);
    setInterval(function()
    {
        T=T+5;
        X=Xp+Math.round(Math.cos(J)*T);
        Y=Yp+Math.round(Math.sin(J)*T);
        if ((Yr1>Y)||Y>Yr2-D) { J=-J; Xp=X; Yp=Y; T=D};
        if ((Xr1>X)||X>Xr2-D) { J=3.14-J; Xp=X; Yp=Y; T=D}
        kolo.style.left=X; kolo.style.top=Y
    }, 40);
}
```

Доречно в контексті щойно написаного відмітити наступне. Опис ліній прямокутника, що вказують положення перешкод, здійснюється записом #rectangle {position: absolute; width: 700px; height: 500px; border: 2px solid grey;} в розділі <style type="text/css">. В моделі (function Model()) компонент rectangle реалізується за допомогою записів rectangle.style.left=50; rectangle.style.top=50, що містяться перед викликом функції RuhTila().

Модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини

Для оптимізації навчальних методик, що використовуються для освоєння практичного програмування, важливо деталізувати ментальні пізнавальні процеси людини. Вагомим

моментом для навчання, в цьому контексті, є перенесення поля уваги, локалізація поля уваги, та розмір цього поля. Контроль переміщення поля уваги в процесі пояснення нового матеріалу технологічно важлива для методики викладання тема. Як видно з попереднього, матеріалу мінімальний крок в процесі переміщення уваги є перевід зосередження уваги на суміжний з поточним конструкт через спільний для цих конструктів компонент. Саме такі компоненти забезпечують логічну зв'язність окремих кроків при абстрактно логічних діях.

Розгляд еволюції пізнавальної схеми представленої на рис.2 і рис.3 показує, що зміни відбуваються порціями і кожна з таких змін пов'язана або з появою в цій схемі нового конструкту або з трансформацією існуючого. Тому мінімальним завершеним актом навчання можна вважати появу нового конструкту або зміни в існуючому конструкті.

На рис.4 деталізовано, в термінах формальної логіки, розглянутий феномен появи та трансформації конструкту в процесі виконання четвертого завдання в ході навчальних дій. Подібна модель була розглянута в роботі [4]. Ця робота є розвитком цієї теми. На рис.4 представлена обробка навчальної інформації в полі уваги в термінах формальної логіки по розв'язуванню четвертого завдання. Рис.4 є деталізацією рис.2.4а та рис.2.4б.

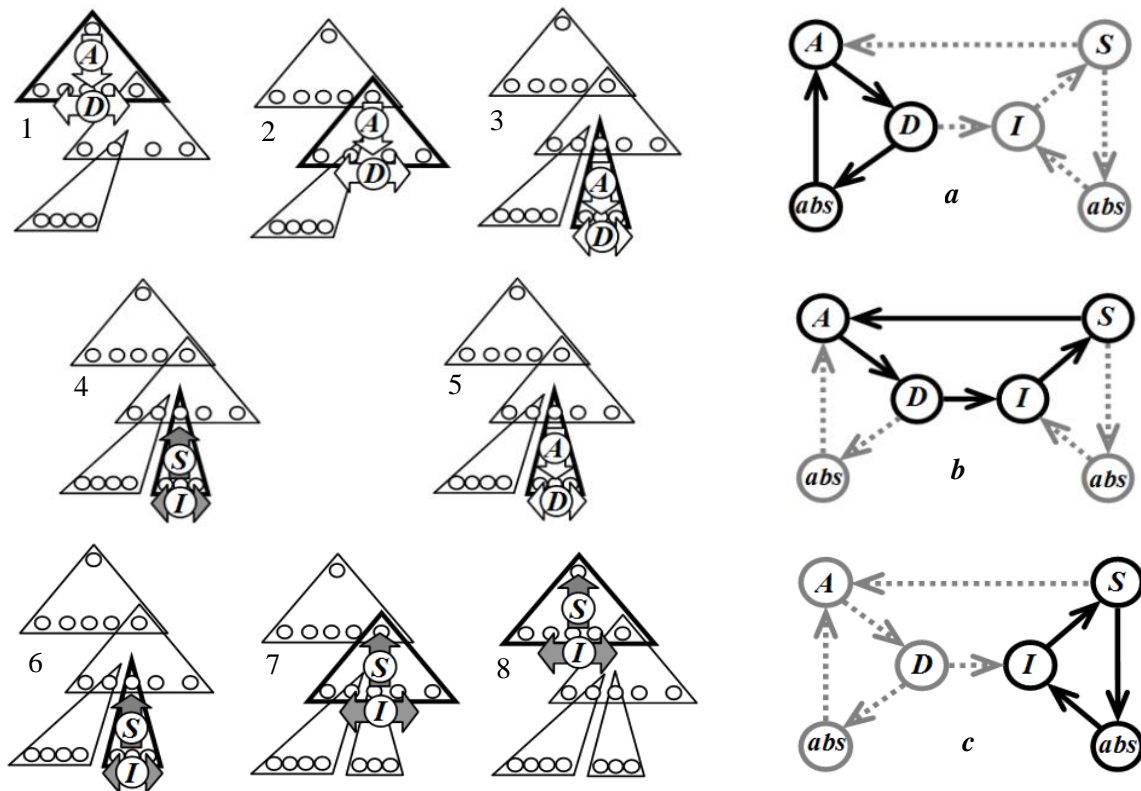


Рис.4. Модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини. Модифікація структури знань на етапі виконання четвертого завдання програми. Представлені навчальні дії в термінах формальної логіки. Позначення на схемі: *A* – аналіз; *D* – дедукція; *I* – індукція; *S* – синтез; *abs* – абстрагування. В схемі циклів формально логічних дій, що позначені буквами *a*, *b*, *c*, чорним кольором позначені домінуючі, на поточний момент, цикли, а сірим – другорядні

Розглянемо модельний механізм ментальних пізнавальних процесів людини на прикладі виконання навчального завдання, яке полягає в тому, щоб реалізувати відбивання кульки, що рухається рівноприскорено. Нехай програма рівноприскореного руху є опорною, а виконання завдання починається на початку заняття.

Актуалізація пізнавальної схеми опорної програми полягає в двох кроках аналітико-дедуктивних дій стосовно тексту опорної програми рис.4.1 та рис.4.2. Специфіка кожного з цих кроків однакова та полягає в наступному. Учень аналізує текст опорної програми тобто розчленовує його на логічно завершені частини в контексті своїх уявлень про функції програми (рис.4.1). Він може **вибрати** в тому, що бачить не більше ніж 7 ± 2 програмних компонентів

(програмні блоки, окремі оператори, функції, процедури). Далі дедуктивними діями зв'язує частини в цілісний механізм з'ясовуючи при цьому призначення кожного з компонентів. Це окремий крок в **модифікації** пізнавальної схеми опорної програми або її актуалізації, якщо схема вже в пам'яті учня і він її згадує. Надалі ця модифікована (актуалізована) пізнавальна схема є базисом для наступного аналітико-дедуктивного кроку **дослідження** тексту опорної програми (рис.4.2). На новому кроці знов в результаті **дослідження** тексту програми реалізується **вибір** окремого компоненту, що буде піддаватись аналітико-дедуктивним діям. Відбувається абстрагування від конкретики верхнього конструкту (крім вибраного компоненту). Звільняється місце в полі уваги (в свідомості) для нової групи компонентів (7 ± 2). Вибраний компонент (концепт) піддається новому циклу аналітико-дедуктивних дій рис.4а. Продовжується дослідження і вибір компонентів програми відповідних, щойно обраному концепту. Так реалізується перевід уваги на нижче розташований конструкт. Представлене пояснення повністю вкладається, цикл пізнавальних дій Найссера. Цей цикл включає: дослідження об'єкту, вибір в об'єкті, модифікацію пізнавальної схеми і знов новий цикл дослідження об'єкту та вибір... [5].

Модифікація пізнавальної схеми в результаті генерації нового конструкту. На рис.4.3 представлені аналітико дедуктивні дії які стосуються **генерації** групи логічно зв'язаних нових (ще неіснуючих в опорній програмі) компонентів програми. Якісна відмінність цього кроку від кроків на рис.4.1 та рис.4.2 полягає в тому, що тут відбувається не пригадування існуючих програмних механізмів, а їх утворення. Це якісно інший тип навчальної діяльності. Ця діяльність передбачає матеріалізовані дії з написання нового програмного фрагменту, випробовування його в роботі, підбір нових програмних засобів, якщо випробовування було невдалим. Зрозуміло, що перед початком аналітико-дедуктивних дій тут, як в попередніх випадках відбувається часткове абстрагування від компонентів верхнього конструкту.

Матеріалізовані дії по написанню нового фрагменту програми, або по виправленню вже існуючого в процесі його відлагодження, відбуваються в контексті ментальних дій, в нерозривній з ними єдності. Матеріалізовані дії, як і ментальні, що їх супроводжують, відбуваються стосовно логічно завершених порцій матеріалу – конструктів. Когнітивна (пізнавальна) схема програми формується, як зв'язана сукупність конструктів. Найпростіша схема, що вимагає переводу уваги складається з двох конструктів. Зрозуміло, що в такій схемі матеріалізовані дії супроводжують або перевід уваги схемою «вниз» або «вверх» через спільний вузол двох конструктів - концепт «нижнього» конструкту. З рис.4.1-рис.4.3 видно, що триразово повторюється цикл дій, який в термінах формальної логіки можна зобразити так, як це показано на рис.4а. Це рух пізнавальною схемою «вниз». Окремий компонент верхнього конструкту стає концептом і дає в результаті його аналізу нові компоненти перетворюючись при цьому в новий розташований внизу конструкт. Саме в результаті цих дій відбувається перетворення концепту в ідеї по його реалізації. З поодинокого концепту генерується сукупність операторів або нових більш конкретних концептів, що є реалізацією початкового концепту. Відбуваються матеріалізовані дії по запису щойно згенерованих операторів або алгоритмічних кроків.

Реалізація нового конструкту в вигляді програми передбачає інший тип ментальних дій. Синтез нового фрагменту програми є результатом індуктивних дій (рис.4.4). Безпосередньо після нього матеріалізовані дії на перевірку на дієздатності щойно сформованого фрагменту. Якщо перевірка виявила неправильну роботу фрагменту, то відбувається аналітико-дедуктивний повторний розгляд програмної реалізації без зміни поля уваги рис.4.5. В ході повторних аналітико дедуктивних дій формується нова реалізація узагальненого компоненту. Комплекс ментальних дій зображених на рис.4.4, рис.4.5, що супроводжуються відповідними матеріалізованими діями по виправленню нового програмного фрагменту та по перевірці його дієздатності, можуть повторюватись багатократно. Ці дії циклічні. Вони в термінах формальної логіки зображені на рис.4b. Детально матеріалізовані дії, що супроводжують ментальні в процесі навчання, розглянуті в роботах [6, 7].

Робота стосовно нового фрагменту програми закінчується, якщо після індуктивно-синтетичних дій по написанню і перевірці роботи нового фрагменту програми, перевірка виявила правильну роботу фрагменту.

У багатьох випадках новий щойно написаний фрагмент вимагає змін в тілі програми не тільки на рівні щойно записаного конструкту. Інколи необхідні прив'язки нового фрагменту на вищих рівнях. Тоді індуктивно-синтетичні дії приходиться здійснювати багатократно: рис.4.6,

рис.4.7, рис.4.8. У цьому випадку багатократно спрацює цикл логічних дій, зображений на рис.4с. Інколи цикл обмірковування змін стосується всього тексту програми. Тоді послідовність представлена на рис.4.1- рис.4.8 може повторюватись кількаразово в повному об'ємі.

Дієвість представленої психологічної моделі підтверджена при освоєнні іншого навчального матеріалу але теж ієрархічного типу [8, 9]. Представлений формат механізму ментальних пізнавальних процесів людини достатньо лаконічний. Цей механізм розтлумачує формування структури знань та пересування цією ієрархічною структурою. Знання цього механізму викладачем та врахування його в процесі лекційного розтлумачення аплікаційних програм, або в процесі підтримки учнів на лабораторних заняттях з програмування дозволяє уникнути хаотичності, надлишковості або недостатності навчальних дій вчителя на занятті.

Висновки

Формалізовано пізнавальні процеси людини, що вивчає програмування, на прикладах моделювання фізичних процесів. Використано завдання, які послідовно доповнюються інформацією. Важливим методичним аспектом успішності навчальних дій в напрямку моделювання фізичних процесів є належний підбір завдань при якому забезпечується неперервність змістовних сутностей кожної наступної моделі, що реалізується в процесі навчальних дій. При створенні модельних навчальних об'єктів (моделюванні фізичних процесів) розкрито особливості ментальних та матеріалізованих дій людини в термінах формальної логіки. Важливим методичним аспектом є контроль розміру інформаційних порцій, що впроваджуються при переході від кожної поточної модельної програми до наступної. Бажаним є невеличкий розмір порції програмного коду, який має внутрішню змістовну цілісність та може бути одномоментно охоплений полем уваги. Проведено аналіз трансформації структури знань (пізнавальних схем та карт навчальних об'єктів) у процесі навчальних дій. Ментальні та матеріалізовані дії в цій навчальній практичній діяльності, можуть бути добре керовані, в кожний окремий поточний проміжок часу, якщо ці дії стосуються невеликих, впорядкованих, логічно завершених фрагментів пізнавальної схеми об'єкту вивчення, кожен з яких може одномоментно бути охоплений полем уваги суб'єкта навчання. Важливою загальноосвітньою метою навчальних дій з моделювання є формування абстрактно – логічного причинно – наслідкового способу мислення. Без такого способу мислення практична навчальна діяльність в природничій сфері абсолютно неможлива. Матеріалізовані дії з редагування тексту програми чергуються, в цих умовах, з відповідними аналітичними, синтетичними, дедуктивними та індуктивними ментальними діями. Викладач у ході вивчення комп'ютерного моделювання фізичних процесів має забезпечити формування відповідності між фізичними та математичними концептуальними сутностями та окремими стереотипними візерунками (паттернами) операторів мови програмування, що забезпечують механізми їх функціонування.

1. Холодная М. А. Психология интеллекта: парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с.
2. Miller George A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. // The Psychological Review. – 1956, – vol. 63. Issue 2. – P. 81-97.
3. Чуприкова Н.И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации / Н. И. Чуприкова. – М. : Столетие, 1997. – 478 с.
4. Головін М.Б. Зміст підготовки висококваліфікованого фахівця з інформаційних комп'ютерних технологій у контексті когнітивних процесів (на прикладі програмування) / М.Б. Головін // Інформаційні технології в освіті. Випуск 2. Херсон, 2008. – С. 66-73. <http://ite.kspu.edu/issue-2/p-66-73>
5. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии / У. Найссер // М.: Прогрес, 1981. - 225с.
6. Головін М. Б. Практична навчальна діяльність з програмування в контексті теорії про поетапне формування розумових дій та понять/ М. Б. Головін // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. - 2008.-Вип.20. -С. 312-317 <http://esnuir.eunu.edu.ua/bitstream/123456789/12915>
7. Головін М. Б. Розумові та матеріалізовані дії, їх вербальне супроводження в контексті практичного навчального програмування / М. Б. Головін // Вісник черкаського університету. - 2008. – Вип. 136 : Педагогічні науки. - С. 7-13 <http://esnuir.eunu.edu.ua/bitstream/123456789/12867>
8. Головін М.Б. Дослідження процесів навчання на основі аналізу моментів статистичних розподілів швидкостей навчальних дій (на матеріалах вивчення інформатики) / М.Б. Головін // Психологічні перспективи. – Луцьк, 2011.– Випуск 18. – С. 62 - 72. <http://esnuir.eunu.edu.ua/bitstream/123456789/1743>
9. Головін, М. Б. Формування знань з інформатики в процесі конструювання ієрархічних схем та статистичний аналіз цих навчальних дій / М. Б. Головін // Науковий часопис Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова - Київ : Вид-во НПУ., 2015. - Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання, Вип. 16 (23). - С. 20-26 <http://esnuir.eunu.edu.ua/bitstream/123456789/8735>

УДК 517.51

Грінченко Л.Г.

Луцький національний технічний університет

НАЙКРАЩІ РІВНОМІРНІ НАБЛИЖЕННЯ НЕПЕРЕРВНИХ ФУНКЦІЙ УЗАГАЛЬНЕНИМИ БАГАТОЧЛЕНАМИ

Грінченко Л.Г. Найкращі рівномірні наближення неперервних функцій узагальненими багаточленами. В роботі запропоновано два способи наближеної побудови багаточленів найкращого наближення. Розроблено підхід, який дозволяє за допомогою скінченної кількості кроків побудувати багаточлен найкращого наближення до функції $f(x)$ на множині, яка складається з скінченної кількості точок.

Ключові слова: багаточлени найкращого наближення, узагальнені багаточлени, багаточлени Чебишева.

Грінченко Л.Г. Наилучшие равномерные приближения непрерывных функций обобщенными многочленами. В работе предложено два способа приближенного построения многочленов наилучшего приближения. Представлен подход, который позволяет с помощью конечного количества шагов построить многочлен наилучшего приближения к функции $f(x)$ на множестве, которое состоит из конечного количества точек.

Ключевые слова: многочлены наилучшего приближения, обобщенные многочлены, многочлены Чебышева.

L. Grinchenko. Best universal approximations of continuous functions by generalized multiplications. Two methods of approximate construction of polynomials of best approximation are proposed. An approach is presented which, using a finite number of steps, allows us to construct a polynomial of best approximation to a function $f(x)$ on a set that consists of a finite number of points.

Key words: polynomials of best approximation, generalized polynomials, Chebyshev polynomials.

В практиці обчислювань, особливо при роботі на електронних обчислювальних машинах, часто доводиться зустрічатися з багатократними обчисленнями заданої функції $f(x)$, наприклад з обчисленнями значень елементарних функцій e^x , $\ln x$, $\sin x$, $\cos x$ і т.д. Вводити в машину ці функції у вигляді таблиць недоцільно, так як таблиці заповнюють пам'ять машини і на вибірку потрібних значень витрачається набагато більше часу. Доцільніше кожен раз обчислювати потрібне значення функції з заданою точністю ε , використовуючи якийсь алгоритм для її обчислення. Дуже часто для цього замінюють розглядувану функцію $f(x)$ іншою, легко обчислюваною функцією $\varphi(x)$ (наприклад, багаточленом), значення якої на всьому розглядуваному відрізьку $[a;b]$ зміни x відрізняються від значень $f(x)$ не більше ніж на ε , і в процесі обчислень працюють з функцією $\varphi(x)$.

Основні результати.

1. Дано клас R функцій, визначених на відрізьку $[a;b]$, і деяка підмножина \bar{R} функцій цього класу. Для заданої функції $f(x) \in R$ і заданого числа $\varepsilon > 0$ відшукано функцію $\varphi(x) \in \bar{R}$, для якої має місце нерівність

$$|f(x) - \varphi(x)| < \varepsilon, \quad x \in [a;b].$$

В якості R розглядається множина C неперервних функцій, а в якості \bar{R} – деяка множина алгебраїчних або узагальнених багаточленів.

2. Для даної функції $f(x) \in R$ знайдено функцію $\varphi_0(x) \in \bar{R}$, для якої має місце рівність

$$\max_{x \in [a;b]} |f(x) - \varphi_0(x)| = \inf_{\varphi \in \bar{R}} \max_{x \in [a;b]} |f(x) - \varphi(x)|,$$

тобто знайдено функцію найкращого наближення.

Нехай $\varphi_0(x), \varphi_1(x), \dots, \varphi_n(x)$ – деякі $n+1$ лінійно незалежні функції із C . В якості \bar{R} візьмемо сукупність лінійних комбінацій $\Phi(x) = \sum_{i=0}^n C_i \varphi_i(x)$ з дійсними коефіцієнтами. Елемент $\Phi_0(x)$, який належить \bar{R} , буде елементом найкращого наближення для $f \in R$, якщо

$$\sup_{x \in F} |f(x) - \Phi_0(x)|$$

набуває найменшого можливого значення.

Не існує скінченного алгоритму побудови багаточленів найкращого наближення для будь-якої заданої функції $f(x)$. Тому велике значення набувають методи наближеної побудови таких багаточленів. Подано два способи побудови багаточленів.

Перший спосіб наближеної побудови багаточлена найкращого наближення. Нехай для функції $f(x)$, неперервної на відрізку $[a; b]$, необхідно побудувати багаточлен, близький до багаточлена найкращого наближення $P_n(x)$ в $H_n(P)$. Для побудови такого багаточлена візьмемо на відрізку $[a, b]$ $m+1$ точку ($m > n+1$)

$$x_j = a + j \frac{b-a}{m} \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m). \quad (1)$$

Позначимо цю множину через F . Будуємо багаточлен найкращого наближення до $f(x)$ на F в $H_n(P)$. Цей багаточлен позначимо через $P_{n,m+1}(x)$. При $m \rightarrow \infty$ послідовність багаточленів $\{P_{n,m+1}(x)\}_{m=n+1, \dots}$ рівномірно на $[a, b]$ збігається до $P_n(x)$.

Позначимо через $2L$ коливання функції $f(x)$ на $[a; b]$. Можна вважати, що

$$\max_{x \in [a,b]} f(x) = - \min_{x \in [a,b]} f(x), \text{ тобто } -L \leq f(x) \leq L.$$

Бачимо, що

$$|P_{n,m+1}(x_j)| < L + E_n(f) \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m). \quad (2)$$

Нехай $|P_{n,m+1}(x)|$ досягає на $[a; b]$ максимуму M_{m+1} в точці x^* . Серед точок x_j ($j = 0, 1, 2, \dots, m$) знайдеться точка, віддалена від x^* не більше ніж на $\frac{b-a}{2m}$. Нехай це точка x_k . Тоді

$$P_{n,m+1}(x^*) - P_{n,m+1}(x_k) = (x^* - x_k) \left[\frac{d}{dx} P_{n,m+1}(x) \right]_{x=\xi}, \quad (3)$$

де ξ лежить між x^* і x_k .

Скористаємося нерівністю Маркова, яка стверджує, що якщо $P(x)$ – багаточлен степеня n , а $M = \max_{x \in [a,b]} |P(x)|$, то при $x \in [a; b]$

$$|P'(x)| < \frac{2n^2 M}{(b-a)}. \quad (4)$$

Використовуючи цю нерівність, отримаємо:

$$\left| \frac{dP_{n,m+1}(x)}{dx} \right| < \frac{2n^2 M_{m+1}}{b-a}. \quad (5)$$

Із (2), (3), (5) маємо:

$$M_{m+1} - L - E_n(f) \leq P_{n,m+1}(x^*) - P_{n,m+1}(x_k) \leq \frac{2n^2 M_{m+1} (b-a)}{b-a} \frac{1}{2} = \frac{n^2}{m} M_{m+1}.$$

Таким чином,

$$M_{m+1} \left(1 - \frac{n^2}{m}\right) \leq L + E_n(f).$$

Якщо $m > n^2$, то

$$M_{m+1} \leq \frac{L + E_n(f)}{1 - \frac{n^2}{m}}. \quad (6)$$

Нехай x – довільна фіксована точка відрізка $[a, b]$, а x_j – найближча до неї точка із розглядуваної системи $x_0, x_1, x_2, \dots, x_m$.

Знову, застосовуючи нерівність Маркова (4) і оцінку (6) для M_{m+1} , маємо:

$$\begin{aligned} |P_{n,m+1}(x) - P_{n,m+1}(x_j)| &= (x - x_j) \left| \frac{dP_{n,m+1}(\xi)}{dx} \right| \leq \frac{b-a}{2m} \frac{2n^2 M_{m+1}}{b-a} \leq \frac{n^2 (L + E_n(f))}{m \left(1 - \frac{n^2}{m}\right)} = \\ &= [L + E_n(f)] \frac{n^2}{m - n^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Далі, на $[a, b]$ знайдеться точка \bar{x} , в якій має місце рівність

$$\Delta(f, P_{n,m+1}) = \max_{x \in [a, b]} |f(x) - P_{n,m+1}(x)| = |f(\bar{x}) - P_{n,m+1}(\bar{x})|.$$

Нехай x_j – найближча до неї із розглядуваних точок (1). Тоді

$$\begin{aligned} \nabla(f, P_{n,m+1}) &= |f(\bar{x}) - P_{n,m+1}(\bar{x})| \leq |f(x_j) - P_{n,m+1}(x_j)| + |f(\bar{x}) - f(x_j)| + \\ &+ |P_{n,m+1}(x_j) - P_{n,m+1}(\bar{x})| \leq E_n(f) + \omega\left(\frac{b-a}{2m}\right) + [L + E_n(f)] \frac{n^2}{m - n^2}, \end{aligned} \quad (8)$$

де через $\omega(\delta)$ позначено модуль неперервності функції $f(x)$ на відрізку $[a, b]$.

Модулем неперервності функції $f(x)$ на відрізку $[a, b]$ називають величину

$$\omega(\delta) = \sup_{|x' - x''| \leq \delta} |f(x'') - f(x')| \quad (x', x'' \in [a, b]).$$

Позначаючи суму останніх двох членів в правій частині нерівності (8) через ε_m :

$$\varepsilon_m = \omega\left(\frac{b-a}{2m}\right) + [L + E_n(f)] \frac{n^2}{m - n^2}, \quad (9)$$

будемо мати:

$$\Delta(f, P_{n,m+1}) \leq E_n(f) + \varepsilon_m. \quad (10)$$

Для оцінки близькості $P_{n,m+1}(x)$ до багаточлена найкращого наближення, тобто величини

$$\Delta(f, P_{n,m+1}) - E_n(f),$$

можна скористатися таким прийомом. Знаходимо

$$\tilde{M}_{m+1} = \max_{x \in [a,b]} |f(x) - P_{n,m+1}(x)|$$

і $E_n(f, F)$, де F – множина точок x_0, x_1, \dots, x_m . Тоді

$$\Delta(f, P_{n,m+1}) - E_n(f) \leq \tilde{M}_{m+1} - E_n(f, F). \quad (11)$$

Подамо другий спосіб наближеної побудови багаточлена найкращого наближення. Цей спосіб полягає в наступному. За початкове наближення багаточлена найкращого наближення до неперервної функції $f(x)$ на відрізку $[a, b]$ в $H_n(P)$ береться деякий багаточлен $P_{n,0}(x) \in H_n(P)$, такий, що на відрізку $[a, b]$ повинна існувати система із $(n+2)$ точок $x_1 < x_2 < \dots < x_{n+2}$, в яких різниця $\Delta_0(x_i) = f(x_i) - P_{n,0}(x_i)$ має почергові знаки. Досліджуючи на екстремум функцію $\Delta_0(x)$, знаходимо таку комбінацію точок

$$x_1^{(0)} < x_2^{(0)} < \dots < x_{n+2}^{(0)}, \quad (12)$$

на якій $\Delta_0(x_i^{(0)})$ має почергові знаки при зростанні i від 1 до $n+2$, а найбільше і найменше значення $|\Delta_0(x_i^{(0)})|$ відповідно рівні L_0 і A_0 , де $L_0 = \max_{x \in [a,b]} |\Delta_0(x)|$, а A_0 – найкраща нижня межа для $E_n(f)$, яку можна отримати із дослідження $\Delta_0(x) = f(x) - P_{n,0}(x)$.

Багаточлен $P_{n,0}(x)$ доцільно будувати як багаточлен найкращого наближення до функції $f(x)$ на множині точок $y_1 < y_2 < \dots < y_{n+2}$, де

$$y_i = \frac{b-a}{2} \cos \frac{(n+i)\pi}{n+1} + \frac{a+b}{2} \quad (i=1, 2, \dots, n+2). \quad (13)$$

(Це – точки, відповідні точкам екстремуму багаточлена Чебишева $T_{n+1}(t)$ на відрізку $[-1, +1]$, якщо з допомогою перетворення $y = \frac{b-a}{2}t + \frac{b+a}{2}$ відрізок $[-1, +1]$ перетворити у відрізок $[a, b]$). Далі, шукається поправка $P_0(x)$ до цього багаточлена як багаточлен найкращого наближення в $H_n(P)$ до функції $\Delta_0(x) = f(x) - P_{n,0}(x)$ на множині точок F_0 (12). Значення багаточлена $P_0(x)$ в точках $x_i^{(0)}$ визначаються із системи

$$\begin{aligned} \Delta_0(x_1^{(0)}) - P_0(x_1^{(0)}) &= -\left[\Delta_0(x_2^{(0)}) - P_0(x_2^{(0)}) \right] = \left[\Delta_0(x_3^{(0)}) - P_0(x_3^{(0)}) \right] = \\ &= \dots = (-1)^{n+1} \left[\Delta_0(x_{n+2}^{(0)}) - P_0(x_{n+2}^{(0)}) \right] = \alpha \rho(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_{n+2}^{(0)}) = \alpha \rho_0, \end{aligned} \quad (14)$$

де

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \text{sign} \Delta_0(x_1^{(0)}); \\ \rho_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n+2} d_{n,i}^{(0)} \left| \Delta_0(x_i^{(0)}) \right|}{\sum_{i=1}^{n+2} d_{n,i}^{(0)}}; \\ d_{n,i}^{(0)} = \frac{1}{(x_i^{(0)} - x_1^{(0)})(x_i^{(0)} - x_2^{(0)}) \dots (x_i^{(0)} - x_{i-1}^{(0)})(x_{i+1}^{(0)} - x_i^{(0)}) \dots (x_{n+2}^{(0)} - x_i^{(0)})}. \end{array} \right. \quad (15)$$

Знайшовши $P_0(x)$, отримаємо перше наближення багаточлена найкращого наближення:

$$P_{n,1}(x) = P_{n,0}(x) + P_0(x).$$

Досліджуючи на екстремум функцію

$$\Delta_1(x) = f(x) - P_{n,1}(x) = \Delta_0(x) - P_0(x)$$

знаходимо множину точок F_1 :

$$x_1^{(1)} < x_2^{(1)} < x_3^{(1)} < \dots < x_{n+2}^{(1)},$$

В яких $\Delta_1(x_i^{(1)})$ має чергуючі знаки, а найбільше і найменше значення серед $\left| \Delta_1(x_i^{(1)}) \right|$ рівні відповідно L_1 і A_1 (L_1 і A_1 мають такий самий зміст для $\Delta_1(x)$, що і L_0 і A_0 для $\Delta_0(x)$). Потім будемо багаточлен найкращого наближення $P_1(x)$ до функції $\Delta_1(x)$ на множині F_1 , використовуючи (14) і (15) із заміною $x_i^{(0)}$ на $x_i^{(1)}$. Багаточлен

$$P_{n,2}(x) = P_{n,1}(x) + P_1(x) = P_{n,0}(x) + P_0(x) + P_1(x)$$

Буде наступним наближенням. Оцінку точності наближення можна проводити так само, як і в першому способі, тобто обчислюючи

$$\tilde{M}_m = \max_{x \in [a,b]} |f(x) - P_{n,m}(x)|.$$

1. Воеводин В.В. Численные методы алгебры. Теория и алгоритмы Москва: Наука, 1966. — 248 с.
2. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. Справочное руководство. Пер. с англ. М.: Кайнера; под ред. А. М. Лопшица. — М.: ГИФМЛ, 524 стр 1961.
3. Фадеев, Д.К.; Фадеева, В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. Издательство: Физматгиз 736 страниц; 1963 г.
4. Хаусхолдер А.С. Основы численного анализа. Пер. с англ. — М.: Изд-во ин. лит-ры, 1956. — 320 с.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) М.: «Наука», 1975. — 632 с.
6. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы М.: Наука, 1989. — 432 с.
7. В. А. Шаповаленко, Л. М. Буката, О. Г. Трофименко. «Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: навчальний посібник. Модуль 1. Чисельне обчислення функцій, характеристик матриць і розв'язування нелінійних рівнянь та систем рівнянь. Частина 1.» - 2010.
8. Задачин В. М. 3-15 Чисельні методи : навчальний посібник / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. — Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. — 180 с. (Укр. мов.)
9. Самарский А. А. Введение в численные методы. Учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2005. — 288 с

УДК.539.3

Грінченко Л. Г.

Луцький національний технічний університет

ПРО ЧИСЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЗГИННИХ МОМЕНТІВ В ПЕРЕРІЗАХ ПЛИТИ, ЖОРСТКО ЗАКРІПЛЕНОЇ НА КОНТУРІ.

Грінченко Л.Г. Про числовий розрахунок згинних моментів в перерізах плити, жорстко закріпленої на контурі. В роботі розглянутий згин тонкої ізотропної прямокутної плити, з певними граничними умовами. Через базові функції і функції форми визначені: функція прогину, кути поворотів нормалей. Проведено числові розрахунки розподілу, прогину та згинних моментів в головних перерізах плити.

Ключові слова: плита, напруження, згин.

Гринченко Л.Г. Про числовой расчет ггинальных моментов в разрезах плиты, жестко закрепленной на контуре. В работе рассмотрен изгиб тонкой изотропной прямоугольной плиты, с определенными граничными условиями. Через базовые функции и функции формы определены: функция прогиба, углы поворота нормалей. Проведены числовые расчеты для распределения прогиба и ггинальных моментов в главных разрезах плиты.

Ключевые слова: плита, напряжение, изгиб.

Grinchenko L.G. On the numerical calculation of bending moments in the sections of the plate rigidly fixed to the contour. In the work is studied the bend of thin isotop rectangular plate, with definite limiting conditions. Through the basic functions and the functions of the form are determined function of deflexion and angles of normal bending. Numerical calculations of distribution, bending and curving moments in main cutting of the plate.

Keywords: flag, tension, bend.

Розглянемо тонку прямокутну ізотропну плиту з розмірами в плані $2a_j$ ($j = 1,2$) і товщиною h жорстко закріплену на контурі і завантажену на верхній поверхні сталом навантаженням $q(x_1, x_2) = q_0$. Згин такої пластини описується диференціальним рівнянням четвертого порядку [1-4]:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} = \frac{q_0}{D}; \quad (1)$$

Тут $w(x_1, x_2)$ – прогин плити; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – її циліндрична жорсткість; де E і ν відповідно

модуль Юнга і коефіцієнт Пуасона матеріалу плити. Моменти M_{11} , M_{22} в плиті визначаються за

$$\text{формулами: } M_{11} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right), \quad M_{22} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right) \quad (2)$$

через функцію прогину $w(x_1, x_2)$. Для розрахунку напружено-деформованого стану плити необхідно знати функцію прогину $w(x_1, x_2)$. Знаходимо її з розв'язку диференціального рівняння (1), задовільнивши при цьому відповідні граничні умови. Загальний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (1) шукаємо у вигляді суми

$$w = w_0 + w_* \quad (3)$$

загального розв'язку w_0 однорідного диференціального рівняння: $\frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} = 0$

(4)

і часткового розв'язку w_* неоднорідного диференціального рівняння (1). Цей розв'язок вибираємо у вигляді:

$$w_* = \frac{q_0 (x_1^2 - a_1^2) \cdot (x_2^2 - a_2^2)}{8D}. \quad (5)$$

Загальний розв'язок однорідного рівняння (4) шукаємо у вигляді [5]:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} [f_k^{[1]}(x_1) \cos \delta_k^{[2]} x_2 + f_k^{[2]}(x_2) \cos \delta_k^{[1]} x_1] \quad (6)$$

Підставивши вираз (6) до рівняння (4) після розділення змінних приходимо до системи двох

незв'язних диференціальних рівнянь $f_k^{[j(n)]}(x_j) - 2\delta_k^{[3-j](2)} f_k^{[j]}(x_j) + \delta_k^{[3-j]4} f_k^{[j]}(x_j) = 0, j=1, 2$

(7)

на невідомі функції $f_k^{[j]}(x_j)$. Часткові розв'язки даної системи вибираємо у вигляді

$$f_k^{[j]}(x_j) = R_k^{[j]*} \exp(\lambda_k^{[j]} x_j), \quad (8)$$

де $R_k^{[j]*}, \lambda_k^{[j]}$ невідомі параметри. Підставляючи ці розв'язки до рівнянь (7) отримуємо характеристичні рівняння на параметри $\lambda_k^{[j]}: \lambda_k^{[j]4} - 2\delta_k^{[3-j]2} \cdot \lambda_k^{[j]2} + \delta_k^{[3-j]4} = 0$. (9)

$$\text{Корені } \lambda_{(1,2)k}^{[j]} = \delta_k^{[3-j]}; \quad \lambda_{(3,4)k}^{[j]} = -\delta_k^{[3-j]} \quad (10)$$

цих рівнянь є кратні, тому загальний розв'язок однорідного рівняння (4) набуває вигляду:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]*} \exp(\delta_k^{[2]} x_1) + R_{2(k)}^{[1]*} x_1 \exp(\delta_k^{[2]} x_1) \right] \cos(\delta_k^{[2]} x_2) + \left[R_{1(k)}^{[2]*} \exp(\delta_k^{[1]} x_2) + R_{2(k)}^{[2]*} x_2 \exp(\delta_k^{[1]} x_2) \right] \cos(\delta_k^{[1]} x_1) \right\} \quad (11)$$

Оскільки розглядувана задача є симетричною то прогин плити повинен бути парною функцією змінних x_1, x_2 . Представимо його у вигляді:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]*} \text{ch}(\delta_k^{[2]} x_1) + R_{2(k)}^{[1]*} x_1 \text{sh}(\delta_k^{[2]} x_1) \right] \cos(\delta_k^{[2]} x_2) + \left[R_{1(k)}^{[2]*} \text{ch}(\delta_k^{[1]} x_2) + R_{2(k)}^{[2]*} x_2 \text{sh}(\delta_k^{[1]} x_2) \right] \cos(\delta_k^{[1]} x_1) \right\} \quad (12)$$

При збільшенні кількості наближень k експоненціальні функції суттєво зростають. Тому для кращої можливості проведення числових розрахунків розв'язок (12), нормуємо представивши його у вигляді [6]:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(x_1) \right\} \quad (13)$$

де

$$\Phi_{1(k)}^{[j]}(x_j) = \frac{\text{ch}(\delta_k^{[3-j]} x_j)}{\exp(\delta_k^{[3-j]} a_j)}; \quad \Phi_{2(k)}^{[j]} = \frac{x_j}{a_j} \cdot \frac{\text{sh}(\delta_k^{[3-j]} x_j)}{\exp(\delta_k^{[3-j]} a_j)} \quad (14)$$

$$\tilde{R}_{1(k)}^{[j]} = R_{1(k)}^{[j]*} \exp(\delta_k^{[3-j]} a_j); \quad \tilde{R}_{2(k)}^{[j]} = R_{2(k)}^{[j]*} \cdot a_j \exp(\delta_k^{[3-j]} a_j); \quad C_k^{[j]}(x_j) = \cos(\delta_k^{[3-j]} x_j); \quad \delta_k^{[j]} = \frac{(2k-1)\pi}{2a_j}; \quad \delta_k = \frac{(2k-1)\pi}{2}. \quad (15)$$

Загальний розв'язок неоднорідного рівняння (1) отримуємо за формулою (3), враховуючи співвідношення (5), (13). Подамо його в безрозмірних величинах

$$w = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] C_k^{[1]}(x_1) + \frac{(x_1^2/a_1^2 - 1)(x_2^2/a_2^2 - 1)}{8} \right\} \quad (16)$$

Диференціюючи функцію прогину $w(x_1, x_2)$ по змінних x_1, x_2 отримуємо вирази на кути поворотів нормалей до серединної поверхні плити після деформації

$$\varphi_1 = \frac{\partial w}{\partial x_1} = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]'}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]'}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] C_k^{[1]'}(x_1) + \frac{x_1(x_2^2/a_2^2 - 1)}{4} \right\} \quad (17)$$

$$\varphi_2 = \frac{\partial w}{\partial x_2} = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]'}(x_2) + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]'}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]'}(x_2) \right] C_k^{[1]}(x_1) + \frac{x_2(x_1^2/a_1^2 - 1)a_2^2}{4a_1^2} \right\} \quad (18)$$

Невідомі сталі $x_j = \pm a_j$ маємо граничні умови: $w|_{x_i=a_i} = 0; \quad \varphi_i = \frac{\partial w}{\partial x_i}|_{x_i=a_i} = 0;$

(19)

де $\varphi_i(x_i)$ кут повороту грані $x_i = a_i$.

Для зручності обчислень запишемо отримані співвідношення в безрозмірних змінних

$$w = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + R_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \\ \left. + \left[R_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + R_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{q_0 \cdot a_2^2 (\xi_1^2 - 1) (\xi_2^2 - 1)}{8a_1^2}, \\ \xi_j = x_j / a_j \quad (-1 \leq \xi_j \leq 1) \\ \frac{\partial w}{\partial x_1} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_1} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]'}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]'}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]'}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_2^2 - 1) 2\xi_1 \cdot \frac{1}{a_1} \right]; \quad (20)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x_2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]'}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]'}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_1^2 - 1) 2\xi_2 \cdot \frac{1}{a_2} \right];$$

де: $R_{1(k)}^{[j]} = \frac{\tilde{R}_{1(k)}^{[j]}}{\left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right)}$; $R_{2(k)}^{[j]} = \frac{\tilde{R}_{2(k)}^{[j]}}{\left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right)}$;

$$\Phi_{1(k)}^{[j]}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j)\right] + \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} \cdot (1 + \xi_j)\right]; \quad (21)$$

$$\Phi_{2(k)}^{[j]}(\xi_j) = \frac{1}{2} \xi_j \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j)\right] - \frac{1}{2} \cdot \xi_j \cdot \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} \cdot (1 + \xi_j)\right]; \\ \Phi_{1(k)}^{[j]'}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_1)\right] \cdot \delta_k \frac{a_j}{a_{3-j}} - \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j)\right] \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}};$$

$$\Phi_{2(k)}^{[j]'}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j)\right] + \frac{1}{2} \xi_2 \cdot \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_{j2})\right] \delta_k \frac{a_j}{a_{3-j}} - \\ - \frac{1}{2} \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_2}{a_1} (1 + \xi_2)\right] + \frac{1}{2} \xi_2 \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_2}{a_1} (1 + \xi_2)\right] \cdot \delta_k \cdot \frac{a_2}{a_1}; \quad (22)$$

Підставляючи вирази (17), (18), (20) до граничних умов $w|_{\xi_1=1} = 0$; $\varphi_1 = \frac{\partial w}{\partial x_1} |_{\xi_1=1} = 0$;

$$w|_{\xi_2=1} = 0; \quad \varphi_2 = \frac{\partial w}{\partial x_2} |_{\xi_2=1} = 0; \quad (23)$$

і враховуючи, що $C_k^{[1]}(1) = C_k^{[2]}(1) = 0$ отримуємо систему $2k + 2$ алгебраїчних рівнянь на невідомі

коефіцієнти $\tilde{R}_{\nu(k)}^{[j]}$, $\nu = 1, 2$

$$\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(1) = 0;$$

$$\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(1) = 0;$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]'}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]'}(1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \\ \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]'}(1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_2^2 - 1) = 0; \quad (24)$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(1) + \right.$$

$$\left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]'}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]'}(1) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_1^2 - 1) = 0;$$

З перших $2k$ рівнянь системи (24) знаходимо:

$$R_{2(k)}^{[j]} = -\frac{\Phi_{1(k)}^{[j]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[j]}(1)} R_{1(k)}^{[j]}; \quad (25)$$

Підставляючи ці зв'язки до інших двох рівнянь даної системи отримуємо систему двох рівнянь зі змінними коефіцієнтами на визначення невідомих коефіцієнтів $R_{1(k)}^{[1]}, R_{2(k)}^{[2]}$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ R_{1(k)}^{[1]} \left[\Phi_{1(k)}^{[1]'}(1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[1]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[1]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[1]'}(1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \\ \left. + R_{1(k)}^{[2]} \left[\Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[2]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[2]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]'}(1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_2^2 - 1) = 0; \quad (26)$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ R_{1(k)}^{[1]} \left[\Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[1]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[1]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(1) + \right. \\ \left. + R_{1(k)}^{[2]} \left[\Phi_{1(k)}^{[2]'}(1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[2]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[2]}(1)} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]'}(1) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_1^2 - 1) = 0; \quad (27)$$

Систему рівнянь (26), (27) розв'язуємо методом колокацій. Для цього проміжок $\xi_1 \in [0;1]$ та $\xi_2 \in [0;1]$ розбиваємо на ряд інтервалів довжиною $\frac{1}{K}$ і записуємо цю систему рівнянь для кожної точки: $\xi_1 = 0; \xi_1 = \frac{1}{K}; \xi_1 = \frac{2}{K}; \dots; \xi_1 = \frac{K-1}{K}$ та $\xi_2 = 0; \xi_2 = \frac{1}{K}; \xi_2 = \frac{2}{K}; \dots; \xi_2 = \frac{K-1}{K}$.

Кількість точок колокацій (параметр K) вибираємо так, щоб досягти заданої точності задоволення системи рівнянь (26), (27). В рахунках покладено $\nu = 0,3$. Точність задоволення граничних умов перевіряли за максимальним відхиленням від нуля лівих частин рівнянь (26), (27) при відомих уже коефіцієнтах $R_{v(k)}^{[j]}$, табулюючи їх як функції від ξ_1, ξ_2 з кроком $H = 0.01$. В результаті табуляції встановлено, що для десяти точок колокацій ($K=10$) максимальне відхилення від нуля за абсолютною величиною на всьому інтервалі $\xi_j \in [-1;1]$ у випадку, коли відношення сторін плити задовільняє умові: $\frac{a_1}{a_2} = 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0$ для рівняння (26) не перевищує $9.551644 \cdot 10^{-5}$, для рівняння (27) не перевищує $4.864484 \cdot 10^{-5}$. У випадку відношення $\frac{a_1}{a_2} = 1.11; 1.25; 1.43; 1.67; 2.00$ максимальне відхилення від нуля

за абсолютною величиною для рівняння (26) не перевищує $4.856289 \cdot 10^{-5}$, для рівняння (27) не перевищує $9.549409 \cdot 10^{-5}$, тобто точність задоволення граничних умов є достатньо висока.

Знаючи параметри $R_{v(k)}^{[j]}$ визначаємо прогин $w(x_1, x_2)$ в кожній точці плити, а маючи функцію прогину за формулами (2) легко знаходимо моменти в плиті. Запишемо вирази для кривин волокон через які визначаються згинні моменти в

$$\text{плиті } \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_1^2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]''}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]''}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]''}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_2^2 - 1) 2 \cdot \frac{1}{a_1^2} \right]; \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_2^2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]''}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]''}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]''}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_1^2 - 1) 2 \cdot \frac{1}{a_2^2} \right]; \quad (28)$$

Де $\Phi_{i(k)}^{[j]''}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] \cdot (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2 + \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2$;

$$\Phi_{2(k)}^{(j)''}(\xi_j) = \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}}(1-\xi_j)\right] \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} + \frac{1}{2} \xi_j \cdot \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}}(1-\xi_j)\right] (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}}\right)^2 +$$

$$+ \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}}(1+\xi_j)\right] \cdot \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} - \frac{1}{2} \xi_j \exp\left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}}(1+\xi_j)\right] \cdot (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}}\right)^2;$$

проведені числові розрахунки розподілу прогину та згинних моментів в головних перерізах ($\xi_j = 0$) плити. Результат обчислень графічно представлені на рис. 1, 3, 5, 7, 9.

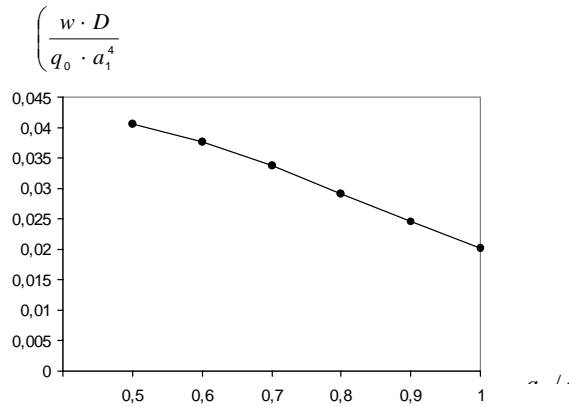


Рис. 1. Зміна максимального прогину плити в залежності від співвідношення її сторін.

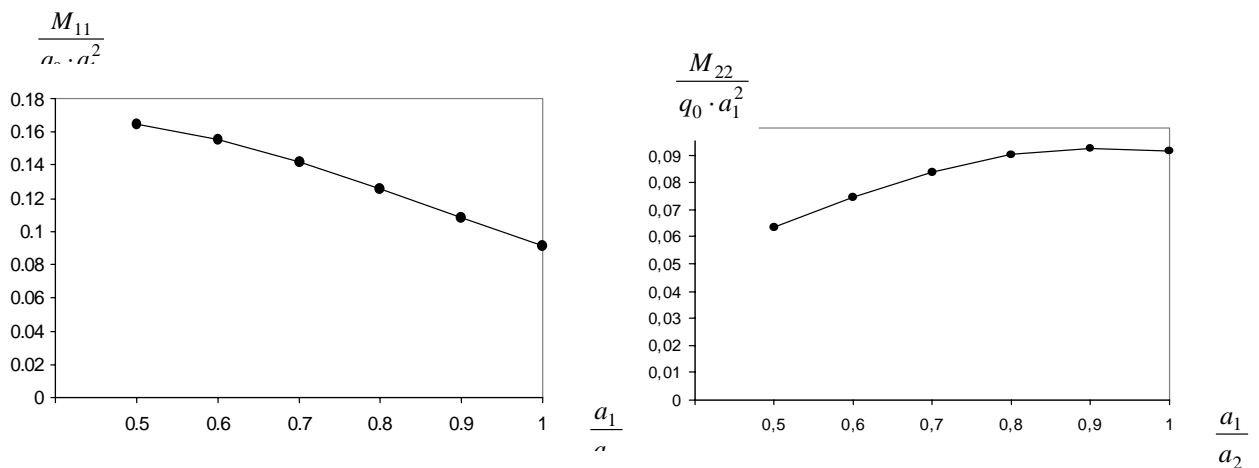


Рис. 2. Зміна максимального згинного моменту $M_{11}/q_0 a_1^2$ в центрі плити в залежності від співвідношення її сторін. Рис. 3. Зміна максимального згинного моменту $M_{22}/q_0 a_1^2$ в центрі плити в залежності від співвідношення її сторін.

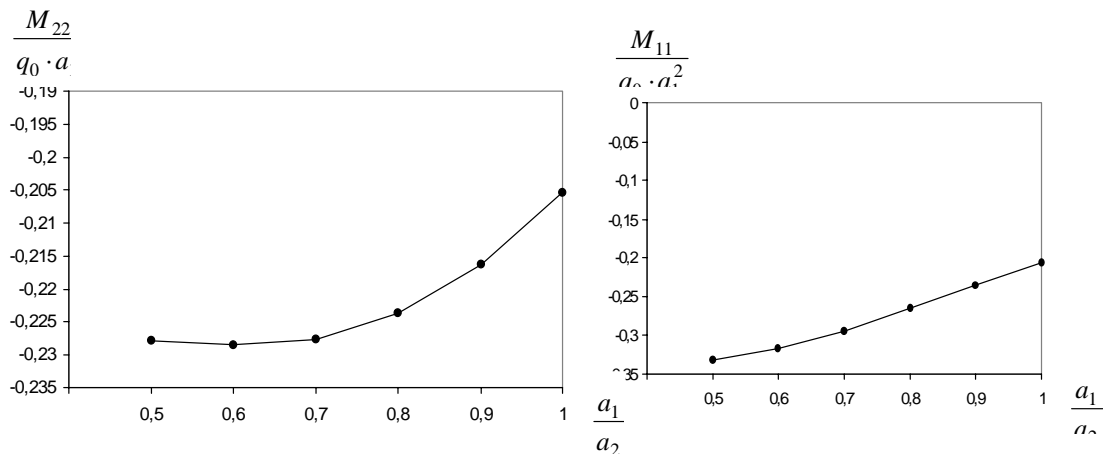


Рис. 4. Зміна максимального згинного моменту $M_{22}/q_0a_1^2$ на краю плити ($x_2 = a_2; x_1 = 0$) в залежності від співвідношення її сторін. Рис. 5. Зміна максимального згинного моменту $M_{11}/q_0a_1^2$ на краю плити ($x_1 = a_1; x_2 = 0$) в залежності від співвідношення її сторін. На рисунках 1-5 представлені графіки зміни відносних величин прогину w , та згинних моментів M_{11}, M_{22} в центрі плити та на її краях в залежності від співвідношення сторін a_1/a_2 . Залежність максимального прогину плити (в її центрі) від співвідношення a_1/a_2 ілюструє рисунок 1. Із збільшенням a_1/a_2 прогин падає і досягає найменшого значення для квадратної плити. Графіки зміни моментів M_{11} (рис.2) та M_{22} (рис.3) в центрі плити мають протилежний характер: збільшення a_1/a_2 приводить до зростання моменту M_{22} і падіння моменту M_{11} . Із збільшенням відношення a_1/a_2 згинний момент M_{11} на краю плити ($x_1 = a_1, x_2 = a_2$) суттєво зростає (рис.4) в той же час згинний момент M_{22} (рис.5) майже не залежить від співвідношення сторін.

1. Тимошенко С.П., Войновски-Кригер. Пластины и оболочки.-М.: Наука, 1966.- 635с.
2. Бережницкий Л.Т., Делявский М.В., Панасюк В.В. Изгиб тонких пластин с дефектами типа трещин.-Киев: Наукова думка, 1979.- 400с.
3. Прусов И.А. Метод сопряжения в теории плит.-Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1975.- 256 с.
4. Kączkowski Z. Płyty. Obliczenia statyczne.- Warszawa: Arkady, 1980.-
5. Делявский М.В. Расчет напряженного состояния в толстой ортотропной плите под действием изгибающей нагрузки // Пробл. прочности .- № 11-12.- С. 117-123.
6. Delyavskyy M., Gołaś J., Podhorecka A.: O pewnym podejściu do rozwiązywania płyt wielowarstwowych, XLV Konf. Nauk. Krynica 99, s.63-70.

UDC 517.938

H.M. Hubal

Lutsk National Technical University

CONSTRUCTION AND STUDY OF THE SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS THAT DESCRIBES SELF-OSCILLATIONS IN GLYCOLYSIS

Губаль Г. М. Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує автоколивання у гліколізі. У статті побудовано та досліджено систему диференціальних рівнянь, яка описує автоколивання в гліколізі.

Ключові слова: гліколіз, концентрація, система диференціальних рівнянь, автоколивання.

Літ. 3.

Губаль Г. Н. Построение и исследование системы дифференциальных уравнений, описывающей автоколебания в гликолизе. В статье построено и исследовано систему дифференциальных уравнений, описывающей автоколебания в гликолизе.

Ключевые слова: гликолиз, концентрация, система дифференциальных уравнений, автоколебания.

Лит. 3.

Hubal H. M. Construction and study of the system of differential equations that describes self-oscillations in glycolysis. In the article, the system of differential equations describing self-oscillations in glycolysis is constructed and investigated.

Keywords: glycolysis, concentration, system of differential equations, self-oscillations.

Bibl. 3.

Introduction. Consider self-oscillating system which means periodic changes of glycolysis intensity, that is the process by which a cell can replenish energy by oxidation of sugar.

Glycolysis is a complex enzymatic process of anaerobic unhydrolyte decomposition of carbohydrates in the human and animals organism [1-3]. Glycolysis is one of the oldest processes of energy supply of a cell. It arose in the early stages of evolution when the World Ocean was inhabited by simple organisms incapable of either photosynthesis or respiration. There was almost no oxygen in the atmosphere (it appeared later as a result of the activities of photosynthetic organisms), and the main source of food where organic products (carbohydrates) which randomly appeared from inorganic compounds. These carbohydrates (or sugars) containing 6 carbon molecules, during the process of glycolysis, become three-carbonic acids containing three carbon molecules (for example, pyruvic acid that is pyruvate or lactic acid that is lactate). Thus, due to the excess of free energy which is contained in sugars compared to three-carbonic acids, adenosine three-phosphate (ATF) that is a universal energy currency (UEC) is formed in the cell during the process of glycolysis.

From the point of view of efficiency of forming of UEC, glycolysis is inferior respiration: in glycolysis, in the processing one six-carbon sugar molecule, two UEC molecules are formed while breathing the same amount of organic substances gives thirty-eight UEC molecules. It is natural since when breathing, the oxidation of organic substances goes to the limit, i.e. to the formation of carbon dioxide and water, which is only possible with the participation of oxygen. Glycolysis goes without oxygen (in anaerobic conditions) and its products are not very oxidized. Pyruvate which is the end product for glycolysis represents the initial product of the respiratory cycle of reactions where it goes to the end, that is to carbon dioxide and water.

Main part. Glycolysis has survived in the evolution and has used by nature for several reasons by now.

Many organisms that are able to breath getting in anaerobic conditions switch to glycolysis because there is no other way in the absence of oxygen. Getting back into the oxygen atmosphere, the organism switches back: intensive respiration begins and glycolysis is inhibited.

The mankind specifically cultivates many of these microorganisms under anaerobic conditions. There is the goal to get not energy and those oxidized products which are of greater value than the original carbohydrates, for example getting alcohol from sugar or starch.

Glycolysis apparatus is stored not only in the cells of microorganisms but also in the cells of higher ones including mammals. However, in the cells of an adult organism under normal conditions, energy supply takes place by means of breathing and there are specific respiratory mechanisms that inhibit glycolysis. If there is a need for rapid growth and reproduction of cells, for example injuries, wounds and so on, then when it is required rapid regeneration of cells, glycolysis is more beneficial than breathing. In terms of regeneration, there is a need not only for energy, but also for "construction materials" which are medicine products of glycolysis. The cell that is incapable of photosynthesis can not use the product of the respiratory cycle, i.e. carbon dioxide as a building material.

Thus, in higher organisms, glycolysis remained as reserve: it is inhibited under normal conditions but it is activated in the case of an accident. However, this stock is dangerous to hold. If the regulatory mechanisms that maintain glycolysis at a reasonable low level deteriorate for any reason, then glycolysis becomes intense and the cells begin to grow out of control quickly. The nutrients, i.e. sugars are rapidly absorbed and neighbouring normal cells begin to starve. This process is the formation of malignant tumors.

Let us investigate the role of oscillations in the regulatory mechanism of glycolysis.

Biochemical processes in glycolysis are schematically depicted in Fig.1.

We denote six-carbon compounds by the symbol C_6 and three-carbon compounds by the symbol C_3 .

The original substance (substrate) is glucose, which can be replaced by more complex sugar; the 1st stage of glycolysis runs noticeably slower. The final product that is pyruvate acid (pyruvate) which is later used as a substrate in other processes. The main function of glycolysis is to form a universal energy currency adenosine three-phosphate (ATF) from adenosine diphosphate (ADF) and inorganic phosphorus F_{in} .

Note, that in the 1st stages of glycolysis, this "currency" is not synthesized, but rather spent. The currency is "borrowed" to make it easier to implement the process and in the end it returns with profit.

In general, the transformation of one glucose molecule yields two ATF molecules.

Three-carbon compounds (C_3) being at the bottom of the scheme and six-carbon compounds (C_6) being at the top of the scheme, there are twice as many ATF molecules than it was spent.

We can select some narrow links in the scheme which will determine the process kinetics. The 1st narrow link is denoted in the scheme (item 1). This reaction is catalyzed by the hexons enzyme (HX) and is insensitive to the following substances. Therefore, its speed can be considered constant (we denote it by v_0). There is a fast and reversible reaction between six-carbon sugars C_6^* and C_6 . We can replace the fast kinetic equations with algebraic relationships which are reduced to the fact that concentrations C_6^* and C_6 are proportional to each other. As the independent variable, we can choose the concentration of any of them and denote it by x .

Thus, the profit x by the 1st reaction has the form:

$$\frac{dx}{dt} = v_0. \quad (1)$$

The next narrow link is a reaction in item 2 which is catalyzed by phosphofructokinase enzyme (FFK). This enzyme has a remarkable property: it is activated with its products, i.e. substances placed between item 2 and item 3.

Further, there are fast and reverse reactions between item 2 and item 3. We associate concentrations of these substances to each other. As a dynamic variable, we choose any variable and denote it by y . The profit y by the reaction of item 2 will depend on both concentrations of the substrate x and on the concentrations of the product y , since y is associated with the concentration of the activator:

$$\frac{dy}{dt} = c \frac{x}{K_x + x} \times \frac{y}{K_y + y}.$$

Then we can write (the speed of profit y being equal to the speed of loss x):

$$\frac{dy}{dt} = - \frac{dx}{dt} = c \frac{x}{K_x + x} \times \frac{y}{K_y + y}. \quad (2)$$

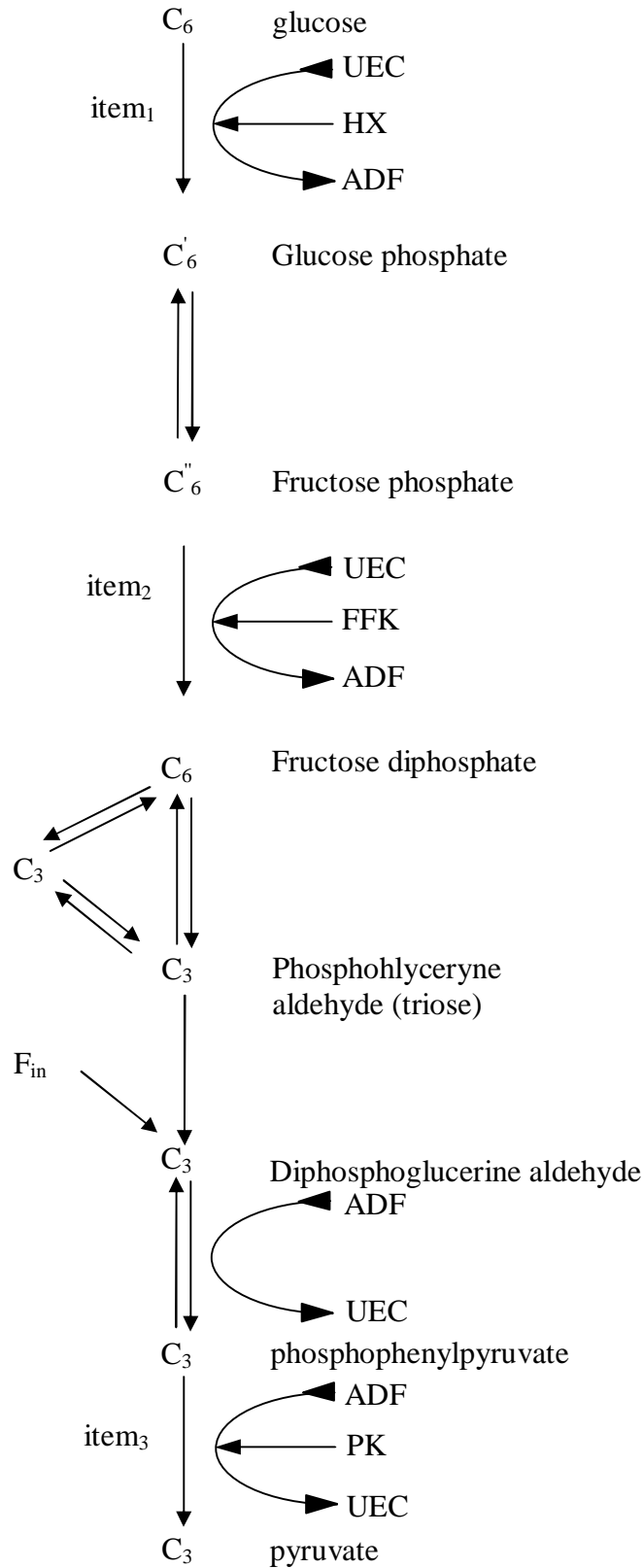


Fig. 1

In item 3 of the scheme, there is the last slow and irreversible reaction which provides flow of products from its scope. It is catalyzed by pyruvate kinase (PK). The speed of the loss y by the reaction has the form:

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{qy}{K + y} \quad (3)$$

Taking into account formulas (1)–(3) and the system of differential equations

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt}_+ + \frac{dx}{dt}_- \\ \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dt}_+ + \frac{dy}{dt}_- \end{cases} \quad (4)$$

we obtain the closed system of differential equations:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_0 - c \frac{x}{K_x + x} \times \frac{y}{K_y + y} \\ \frac{dy}{dt} = c \frac{x}{K_x + x} \times \frac{y}{K_y + y} - q \times \frac{y}{K + y} \end{cases} \quad (5)$$

We assume that under real conditions $K_x \gg x$ and $K_y \gg y$. Then system of differential equations (5) takes on the form

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_0 - c_1xy \\ \frac{dy}{dt} = c_1xy - q_1 \frac{y}{1 + \frac{y}{K}} \end{cases} \quad (6)$$

where $c_1 = \frac{c}{K_x K_y}$, $q_1 = \frac{q}{K}$.

Note that constants of equations are proportional to concentrations of corresponding enzymes: v_0 is proportional to the content of HK, c_1 is proportional to the content of FFK and q_1 is proportional to the content of PK.

To investigate the model, we introduce dimensionless variables putting

$$x_1 = \frac{x}{\bar{x}}, \quad y_1 = \frac{y}{\bar{y}}$$

where \bar{x} i \bar{y} are steady-state concentrations which we obtain from system of differential equations (6), substituting \bar{x} , \bar{y} for x , y :

$$\begin{cases} \frac{d\bar{x}}{dt} = v_0 - c_1\bar{x}\bar{y} \\ \frac{d\bar{y}}{dt} = c_1\bar{x}\bar{y} - q_1 \frac{\bar{y}}{1 + \frac{\bar{y}}{K}} \end{cases} \quad \text{or} \quad \begin{cases} 0 = v_0 - c_1\bar{x}\bar{y} \\ 0 = c_1\bar{x}\bar{y} - q_1 \frac{\bar{y}}{1 + \frac{\bar{y}}{K}} \end{cases}$$

whence

$$\bar{y} = \frac{v_0}{q_1 - \frac{v_0}{K}}, \quad \bar{x} = \frac{v_0}{c_1\bar{y}} = \frac{q_1 - \frac{v_0}{K}}{c_1} \quad (7)$$

The dimensionless time t_1 is introduced by the formula:

$$t_1 = \frac{t}{\bar{t}} \quad (8)$$

where \bar{t} is time which we obtain from the 1st equation of system (6) using the 1st equation of system (4) and formula (1) taking into account that $\frac{dx}{dt} = -\frac{\bar{x}}{\bar{t}}$ (for $x(t) = kt$) and substituting \bar{x}, \bar{y} for x, y

respectively: $\bar{t} = \frac{1}{c_1 \bar{y}} = \frac{q_1 - \frac{v_0}{K}}{c_1 v_0}$. Then system of differential equations (6) can be written in the form

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt_1} = 1 - x_1 y_1, \\ \frac{dy_1}{dt_1} = a y_1 x_1 - \frac{1+r}{1+r y_1} \end{cases} \quad (9)$$

where $a = \frac{q_1 - \frac{v_0}{K}}{v_0 c_1}$, $r = \frac{\bar{y}}{K} = \frac{v_0}{q_1 - \frac{v_0}{K}}$.

Let us show how to obtain the 1st equation of system (9) from the 1st equation of system (6):

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} = v_0 - c_1 xy &\Rightarrow \frac{d(\bar{x}x_1)}{d(\bar{t}t_1)} = v_0 - c_1 \bar{x}x_1 \bar{y}y_1 \Rightarrow \\ \frac{\bar{x}dx_1}{\bar{t}dt_1} = v_0 - c_1 \bar{x}x_1 \bar{y}y_1 &\Rightarrow \frac{\bar{x}dx_1}{\frac{1}{c_1 \bar{y}} dt_1} = v_0 - c_1 \bar{x}x_1 \bar{y}y_1 \Rightarrow \\ c_1 \bar{x} \bar{y} \frac{dx_1}{dt_1} = v_0 - c_1 \bar{x} \bar{y} x_1 y_1 &\Rightarrow \frac{dx_1}{dt_1} = \frac{v_0}{c_1 \bar{x} \bar{y}} - x_1 y_1 \Rightarrow \\ \frac{dx_1}{dt_1} = \frac{v_0}{c_1 \frac{v_0}{c_1}} - x_1 y_1 &\Rightarrow \frac{dx_1}{dt_1} = 1 - x_1 y_1. \end{aligned}$$

We can obtain the 2nd equation of system (9) from the 2nd equation of system (6).

Performing the linearization of system differential equations (9), we investigate the nature of the stability of a singular point. The roots of a characteristic equation are

$$l_{1,2} = -\frac{ar}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{ar^2}{1+r} - \frac{4a}{1+r}}. \quad (10)$$

Hence, one can see that for $\frac{4a}{1+r} > \frac{ar^2}{1+r}$, the singular point is of type focus. If

$\frac{ar}{1+r} < 1$, then the focus is steady; if $\frac{ar}{1+r} > 1$, then the focus is unsteady. Then there may be a limit cycle near the focus.

Thus, the value of the parameter $\frac{ar}{1+r} = 1$ is bifurcation, i.e. it separates the range of values in which there may be only damped oscillations in the system of differential equations from the most important range in which self-oscillations are with constant amplitude.

Near the point of bifurcation when $\left| \frac{ar}{1+r} - 1 \right| \ll 1$, the frequency of oscillations is equal to the imaginary part of the characteristic root, respectively, is equal to

$$w_1 \gg \sqrt{\frac{a}{1+r}}. \quad (11)$$

Dimensionless period of oscillations is

$$T_1 = \frac{2\rho}{\omega_1} = 2\rho\sqrt{\frac{1+r}{a}}.$$

Having conducted the study, we obtain the following conclusions.

Conclusions. The 1st and the most important conclusion is that system of differential equations (5) describes appearance of the self-oscillation mode under some conditions. Increasing parameter a continues appearance of self-oscillations, decreasing parameter a continues damping. Using the expression for a and formulas (10), we can see that decreasing of c_1 and of influx speed v_0 must cause the self-excitation of oscillations. Increasing q_1 must lead to the same effect (supplement PK). Replacement of glucose with other sugar in experiments and decreasing feed rate of glucose led to the appearance of self-oscillations.

The 2nd conclusion is that the values x_1 and y_1 oscillate almost in antiphase: small values y_1 correspond to greater values x_1 , and vice versa.

1. Bessolitsina E. Biochemistry of metabolism / E. Bessolitsina. – M.: Science, 1985.

2. Zamaï T.N. Biochemistry / T.N. Zamaï, N.M. Titova, E.I. Elsunova, A.V. Eremeev. – Krasnoyarsk: IPK SFU, 2008.

3. Kobliakov V.A. Hypoxia and glycolysis as possible objects of antitumour effect / V.A. Kobliakov // The success of molecular oncology. – 2014. – No. 2.

Рецензенти:

Коваль Юрій Васильович кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри фундаментальних наук Луцького національного технічного університету.

Полетило Сергій Андрійович кандидат педагогічних наук, доцент, заступник декана факультету інформаційних систем, фізики та математики Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки.

УДК 519.718

Дяк М.С., бакалавр, Круліковський Б.Б., канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри
 НУ водного господарства та природокористування

МІНІМІЗАЦІЯ 5-РОЗРЯДНИХ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ МЕТОДОМ РІЗНИКА-СОЛОМКА

Дяк М.С., Круліковський Б.Б. Мінімізація 5-розрядних булевих функцій методом Різника-Соломка.

Розглянуто поширення принципу мінімізації за допомогою алгебричних перетворень на метод мінімізації з використанням комбінаторної блок – схеми з повторенням Математичний апарат блок – схеми з повторенням дає більше інформації стосовно ортогональності, суміжності, однозначності блоків комбінаторної системи, якою є власне таблиця істинності заданої функції, тому застосування такої системи мінімізації функцій є більш ефективним.

Ключові слова: булева функція, метод мінімізації, мінімізація логічної функції, блок-схема з повторенням, мінтерм.

Дяк М.С., Круликовский Б.Б. Минимизация 5-разрядных булевых функций методом Ризника-Соломка.

Рассмотрено распространение принципа минимизации с помощью алгебраических преобразований на метод минимизации с использованием комбинаторной блок – схемы с повторением. Математический аппарат блок – схемы с повторением даёт больше информации относительно ортогональности, смежности, однозначности блоков комбинаторной системы, которой является собственно таблица истинности заданной функции, поэтому применение такой системы минимизации функций есть более эффективным.

Ключевые слова: булева функция, метод минимизации, минимизация логической функции, блок-схема с повторением, мінтерм.

Dyak M.S., Krulikovskiy B. Krulikovskiy B. Krulikovskiy B. Krulikovskiy V.V. Minimization of 5-bit Boolean functions by method Riznyk-Solomko. The distribution of the principle of minimization by means of algebraic transformations to the minimization method using combinatorial block diagrams with repetition. The mathematical apparatus of the block diagram with repetition gives more information regarding the orthogonally, adjacency, uniqueness of the combinatorial system blocks, which is the actual table of the truth of the given function, therefore the use of such the function minimization system is more effective.

Keywords: Boolean function, minimization method, logic function minimization, block-design with repetition, minterm

Вступ.

Мінімізація булевих функцій популярна у різних областях цифрових технологій, таких як дизайн PLA, вбудований самотест (BIST), проектування систем управління тощо. Проблема мінімізації ДНФ є однією з багатоекстремальних логіко-комбінаторних задач і зводиться до оптимального зменшення кількості логічних елементів вентильної схеми без втрати її функціональності. Слід зазначити, що у загальній постановці дана задача до тепер не вирішена, однак добре досліджена у класі диз'юнктивно-кон'юнктивних нормальних форм.

Відомі такі методи мінімізації булевих функцій у класі ДДНФ [1–5]:

- метод Блейка - Порецького;
- метод Нельсона;
- метод Карта Карно;
- матричний метод;
- метод Квайна;
- метод Квайна – Мак-Класкі;
- метод Діаграма Вейча;
- метод алгебричних перетворень;
- метод Петрика;
- метод Рота;
- метод мінімізації функцій у базисах ТА-НІ і АБО-НІ (базиси Шеффера та Пірса);
- метод невизначених коефіцієнтів;
- метод гіперкубів;
- метод функціональної декомпозиції;
- евристичний алгоритм мінімізації Espresso.

Недоліки відомих методів мінімізації булевих функцій пов'язані зі стрімким зростанням

обсягу обчислень, наслідком чого є збільшення розрядності обчислювальних операцій, і, отже, збільшенням числа змінних логічної функції. Наприклад, карта Карно зазвичай важко піддається розпізнаванню при зростанні кількості змінних більше чотирьох-п'яти, тому цей метод недоцільно використовувати з більше ніж шістьма змінними. Незважаючи на більшу досконалість методу Квайна – Мак-Класкі порівняно з картами Карно, він також має обмежене практичне застосування з-за експоненціального зростання часу обчислення зі збільшенням кількості змінних.

Від результату мінімізації булевої функції залежить швидкодія обчислювального пристрою, його надійність та енергозбереження. Особливості мінімізації методом Різника - Соломка [6.7] полягають у більшій інформативності процесу вирішення задачі порівняно з алгебричним способом мінімізації функції за рахунок табличної організації та впровадження апарату образного перетворення. Об'єктом вирішення задачі мінімізації булевої функції методом Різника – Соломка є блок – схема з повторенням, властивості якої, у свою чергу, дозволяють доповнити правила алгебри логіки новими правилами спрощення логічної функції. Алгоритм мінімізації булевої функції є однією з центральних та практично важливих проблем, яка постає під час проектування обчислювальних пристроїв. У зв'язку з цим вивчення нових правил алгебри логіки, встановлення їх властивостей є актуальним для спрощення алгоритму мінімізації булевої функції без втрати її функціональності при збільшенні кількості змінних.

Дослідження існуючих рішень проблеми.

Умови логічного зведення до мінімуму булевої функції, поданої у ДНФ, розглядаються у [8]. Якщо функція задовольняє таким умовам, то для її спрощення застосовують класичний алгоритм мінімізації Квайна–Мак-Класкі, що допускає автоматизацію. Зазначається, що число змінних функції для коду програми обмежується пам'яттю комп'ютера. Автор публікації [9] описують метод оптимізації, коли процес включає в себе не тільки пошук еквівалентного логічного виразу, але й залучає визначення конкретних умов, за яких логічні вирази можна ще більше скоротити. Ці типи елементів у логічному дизайні розглядаються як "ступінь свободи". У таких випадках користувач може оптимізувати заданий дизайн на підставі ступеня свободи. Тому пошук альтернативних рішень є бажаним, оскільки він може забезпечити оптимальний булевий вираз у підсумку. У публікації [10] розглянуто узагальнені правила спрощення кон'юнктернів у поліноміальному теоретико-множинному форматі, які ґрунтуються на запропонованих теоремах для різних початкових умов перетворення пари кон'юнктернів, геммінгова відстань між якими може бути довільна. Зазначені правила можуть бути корисними для мінімізації у поліноміальному теоретико-множинному форматі довільних логічних функцій від n змінних. Ефективність запропонованих правил демонструється прикладами мінімізації функції, запозичених з робіт відомих авторів з метою порівняння результатів. З огляду на порівняльні приклади запропоновані правила дають підставу для підтвердження доцільності застосування їх у процедурах мінімізації будь-якої логічної функції від n змінних у поліноміальній формі. У роботі [11] представлена мінімізація булевої функції з використанням таблиці істинності, в якій послідовно зменшуються одна змінна поки всі змінні не вичерпаються. У стандартному методі таблиця істинності (ТІ) готується за заданою логічною функцією. Тоді функція виражається як сума мінімальних умов, що відповідають наборам змінних, на яких функція отримує значення одиниці. Нарешті, ця функція зменшується за допомогою булевих ідентичностей. Таким чином, всі спрощення концентруються в одному місці після ТІ. Ця процедура не завжди приводить до мінімальної реалізації. У роботі [11] розглянуто спрощення, що наприкінці кожного етапу здійснює скорочення ТІ. Показано, що метод є системним і безумовно веде до мінімальної функції. Він простіший в експлуатації, ніж на основі тільки булевих топонімів, карт Карно, Quine-McClusky та може обробляти будь-яку кількість змінних. Це пояснюється декількома прикладами. Алгоритм і програма для мінімізації комбінаційних логічних функцій до 20 змінних представлені у [12], де число змінних обмежується пам'яттю комп'ютерної системи. Алгоритм заснований на послідовній кластеризації термів, починаючи з групування термів з однією змінною. Алгоритм кластеризації закінчується тоді, коли змінні не можуть більше бути згруповані. Цей алгоритм аналогічний алгоритму Квайна – Мак-Класкі, але він є простішим, оскільки усуває ряд дій алгоритму Квайна – Мак-Класкі. У роботі [13] демонструється метод логіко-мінімізаційного стиснення зображень, який залежить від логічної функції. Процес мінімізації розглядає сусідні пікселі зображення як роз'єднані мінтерми, що представляють логічну функцію та стискає 24-розрядні кольорові зображення за допомогою процедури мінімізації функції. Коефіцієнт стиснення такого методу у середньому на 25

% більший порівняно з існуючими методами стиснення зображень. Робота [14] демонструє використання генетичного алгоритму для вибору побічних об'єктів процедури мінімізації логічної функції за допомогою карти Карно. У [15] запропоновано новий евристичний алгоритм для максимальної мінімізації булевих функцій. Для реалізації запропонованого алгоритму використовуються графічні дані і представлені умови для досягнення максимального рівня мінімізації булевої функції.

На відміну від публікацій [8–15], у даній роботі об'єктом вирішення задачі мінімізації булевої функції є комбінаторна блок – схема з повторенням, а об'єктом спрощення процесу мінімізації – процедура алгебри логіки – суперсклеювання змінних, яка здійснюється за наявності у структурі таблиці істинності повної або неповної бінарних комбінаторних систем з повторенням. Процедура скорочення повної досконалої диз'юнктивної нормальної форми (ДДНФ) логічної функції дає одиницю. А оскільки повна ДДНФ однозначно визначає повну бінарну комбінаторну систему з повторенням і навпаки, це дає підставу видаляти всі блоки повної бінарної комбінаторної системи з повторенням з таблиці істинності, структура якої дозволяє проводити правила супер-склеювання змінних. Математичний апарат блок – схеми з повторенням дає можливість отримати більше інформації стосовно ортогональності, суміжності, однозначності блоків таблиці істинності (комбінаторної системи). Рівносильні перетворення графічними образами, що за своїми властивостями мають більшу інформаційну ємність, спроможні з ефектом замінити вербальні процедури алгебричних перетворень.

Мінімізація булевих функцій метод Різника – Соломка.

Поняття булевих функцій і ДНФ тісно пов'язані з багатьма поняттями комбінаторного аналізу, зокрема з поняттям покриття. Нехай $S = (X_1, \dots, X_n)$ – деяке сімейство підмножин множини X , і нехай $Y \subseteq X$. Тоді Y є покриттям для S , якщо для будь-якого X_i з S виконується умова $X_i \cap Y \neq \emptyset$. Покриття Y називається приведеним для S , якщо будь-яка його власна підмножина не є покриттям для S . Множина всіх приведених покриттів для S позначається через $P(S)$.

При використанні блок – схеми з повторенням (3) процес мінімізації у частині склеювання змінних зводиться до пошуку блоків з однаковими змінними у відповідних розрядах, за виключенням однієї змінної. Враховуючи табличну організацію методу Різника - Соломка, це дає змогу підвищити ефективність пошуку мінімальної функції.

Мінімізація логічної функції методом Різника - Соломка здійснюється наступним чином. На першому кроці виявляють блоки (конституанти) зі змінними, для яких можлива операція супер-склеювання змінних. У випадку відсутності операції супер-склеювання, проводиться операція простого склеювання змінних. Наступним кроком здійснюють пошук наборів пар блоків (імплікант) з можливістю їх мінімізації заміщенням (склеюванням, поглинанням) змінних у цих парах. Отримані набори блоків знову мінімізують подібним способом, і т. д. – до отримання тупикової ДНФ (ТДНФ). У загальному випадку на прикінцевих кроках мінімізації можливим є застосування методу Блейка-Порецького, а також збільшення числа змінних зі значенням логічної одиниці. Серед множини ТДНФ містяться і мінімальні функції (МДНФ). Після мінімізації логічної функції проводиться верифікація мінімізованої функції, застосовуючи задану таблицю істинності.

Початок процедури мінімізації за методом Різника – Соломка зводиться до пошуку локального екстремуму мінімальної функції. Однак апарат алгебричних перетворень методу дозволяє здійснювати переходи з одного локального екстремуму мінімальної функції до іншого, і, таким чином, знаходити глобальний екстремум мінімальної функції.

У загальному випадку, під час мінімізації функції методом Різника - Соломка, використовуються такі правила алгебри логіки:

- склеювання змінних - $ab + \overline{ab} = a$,
- узагальнене склеювання змінних - $xy + \overline{xz} = xy + \overline{xz} + yz$,
- заміщення змінної - $a + \overline{ab} = a + b$,
- поглинання змінної - $ab + a = a(b + 1) = a$,
- ідемпотентність змінних - $a + a = a$, $aa = a$.

- доповнення змінної - $a + \bar{a} = 1, a\bar{a} = 0,$
- повторення константи - $a + 0 = a, a \cdot 1 = a,$
- та інші.

Алгебричні перетворення доцільно замінити рівносильними перетвореннями за допомогою підматриць (графічних образів). Процедуру склеювання за допомогою підматриць можна продемонструвати так:

$$\overline{x_1 x_2} + \overline{x_1} x_2 = \overline{x_1} (\overline{x_2} + x_2) = \overline{x_1},$$

$$\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \rightarrow 0 \end{array} \rightarrow 0$$

$$x_1 x_2 + \overline{x_1} x_2 + x_2 (\overline{x_1} + x_1) = x_2,$$

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & \rightarrow 1 \end{array} \rightarrow 1$$

Застосовуючи підматриці (графічні образи) можна продемонструвати й інші алгебричні перетворення [6, 7].

Приклад 1. Мінімізувати логічну функцію $f(a,b,c,d) = (3,7,11,12,13,14,15)$ алгебричним методом.

3	0011	$a\bar{b}\bar{c}d$
7	0111	$a\bar{b}cd$
11	1011	$ab\bar{c}d$
12	1100	$abc\bar{d}$
13	1101	$abc\bar{d}$
14	1110	$abcd$
15	1111	$abcd$

$$\begin{aligned} f(a,b,c,d) &= (3,7,11,12,13,14,15) = \\ &= a\bar{b}\bar{c}d + a\bar{b}cd + ab\bar{c}d + abc\bar{d} + abc\bar{d} + abcd + abcd = \\ &= cd(a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + ab\bar{c}) + ab(c\bar{d} + c\bar{d} + cd + cd) = \\ &= cd(a\bar{b}[\bar{c} + c] + ab\bar{c}) + ab(c\bar{d}[1] + c[1]) = ab + ab\bar{c}d + a\bar{c}d = \\ &= ab + cd(ab\bar{c} + a\bar{c}) = ab + cd(a + a\bar{c})(a\bar{c} + b\bar{c}) = ab + a\bar{c}d + b\bar{c}d = \\ &= ab + cd(a\bar{c} + b\bar{c}) = ab + cd \end{aligned}$$

Приклад 2. Мінімізувати логічну функцію $f(a,b,c,d) = (3,7,11,12,13,14,15)$ методом Різника - Соломка.

$$f(a,b,c,d) = \begin{array}{c|cccc} 3 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 7 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 11 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 12 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 13 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 14 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 15 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} = \begin{array}{c|cccc} & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & & & \end{array} = \begin{array}{c|ccc} & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & & \end{array} = \begin{array}{c|cc} & 1 & 1 \\ 1 & 1 & \end{array}$$

Мінімізована функція – $F = ab + cd$. Операція супер-склеювання змінних у першій матриці проведена для блоків 12 – 15, які виділені червоним кольором. Результат мінімізації методом Різника – Соломка (приклад 2) збігається з результатом мінімізації, отриманим за допомогою алгебричного методу (приклад 1), однак процес мінімізації булевої функції методом Різника – Соломка є простішим, порівняно з мінімізацією логічної функції алгебричним методом.

Приклад 3. Мінімізувати логічну функцію $F(x_1, x_2, x_3, x_4)$ методом Різника - Соломка, яка задана наступною таблицею істинності (0,1,2,3,5,7,8,10,11,12,13) [16].

У [16] мінімізація функції зводиться до синтезу інфімумної диз'юнктивної нормальної форми (ІДНФ) логічної функції, за допомогою досконалого матричного розміщення (ДМР) 4-вимірного куба E^4 (рис. 1). Вершини куба E^4 заданої функції, на яких $F(x_1, x_2, x_3, x_4) = 1$ виділені затемненням. Затемнені вершини відповідають блокам таблиці істинності (0,1,2,3,5,7,8,10,11,12,13) логічної функції.

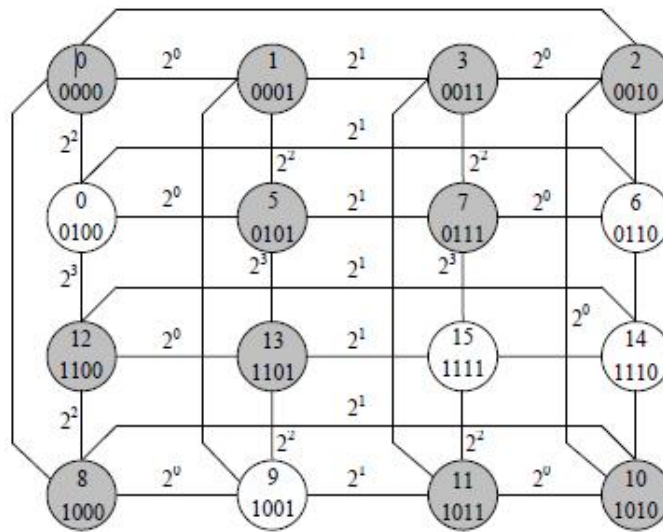


Рис. 1. Досконале матричне розміщення 4-вимірного куба E^4

Мінімізація функції $F(x_1, x_2, x_3, x_4)$ методом Різника – Соломка зводиться до наступної процедури.

$$F = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 7 \\ 8 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Блоки 2,3,10,11 (виділені червоним кольором) мінімізовані за протоколом супер-склеювання змінних. Інші блоки мінімізовані за протоколами простого склеювання та напівсклеювання.

Мінімізована функція

$$F = \overline{x_2 x_4} + \overline{x_1 x_4} + \overline{x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3}. \tag{1}$$

Результат мінімізації (1) збігається з результатом синтезу інфімумної диз'юнктивної нормальної форми логічної функції [16], однак метод Різника – Соломка є більш простою процедурою.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є спрощення процесу мінімізації 5-розрядних булевих функцій, використовуючи логічну операцію – супер-склеювання змінних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- 1) встановити адекватність застосування логічної операції супер-склеювання змінних для процесу мінімізації булевих функцій;
- 2) визначити властивості операції супер-склеювання змінних при використанні структур повної та неповної бінарних комбінаторних систем з повторенням;
- 3) провести порівняльний аналіз продуктивності та якості алгоритму мінімізації булевих функцій, отриманих методом Різника – Соломка, з прикладами мінімізації функції іншими методами.

Виклад основного матеріалу та обговорення отриманих результатів дослідження

Бінарна комбінаторна система з повторенням

Якщо задана деяка множина A , то множина всіх її підмножин, що мають k елементів $M_k(A)$ і число N всіх k -елементних підмножин множини із n елементів, дорівнює

$$N(M_k(A)) = C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Крім цього має місце $\sum_{k=0}^n C_n^k = 2^n$. (2)

Оскільки C_n^k – число k -елементних підмножин множини з n елементів, то сума у лівій частині виразу (2) дорівнює числу всіх підмножин. За формулою (2) легко можна обчислити кількість всіх підмножин множини $A = \{a, b, c, d\}$:

$$N(M(A)) = C_4^0 + C_4^1 + C_4^2 + C_4^3 + C_4^4 = 1 + 4 + 6 + 4 + 1 = 16 = 2^4.$$

Зазначимо, що множина $A = \{a, b, c, d\}$, крім перерахунку своїх елементів, може визначати номери позицій, на яких знаходиться елемент a . Так, наприклад, a може означати першу, b - другу позицію множини $A = \{a, b, c, d\}$ і т. д. Підмножинами множини $A = \{a, b, c, d\}$ у такому випадку будуть підмножини, що містять елемент a на k позиціях, $k = 0, \dots, n$, де n – кількість позицій множини A . У загальному випадку елемент a може займати декілька позицій на множині A , і таким чином елемент a повторюється на множині A .

Нехай $a = 1$, тоді позиції, на яких відсутній елемент a слід позначати нулями.

Приклад 4. Для множини $A = \{a, b, c, d\}$, що визначає номери позицій, приймемо $a = 1$. Тоді підмножини множини A будуть мати такий вигляд:

(0,0,0,0);	(1,0,0,0);	(3)
(0,0,0,1);	(1,0,0,1);	
(0,0,1,0);	(1,0,1,0);	
(0,0,1,1);	(1,0,1,1);	
(0,1,0,0);	(1,1,0,0);	
(0,1,0,1);	(1,1,0,1);	
(0,1,1,0);	(1,1,1,0);	
(0,1,1,1);	(1,1,1,1);	

Конфігурація (3) складає повну комбінаторну систему з повторенням елемента a , яку назовемо 2 -(n,b)- design, де n – розрядність блоку системи, b – кількість блоків повної системи, що визначається за формулою $b = 2^n$, число 2 перед дужками означає бінарну структуру конфігурації (3). Наприклад, 2 -(4,16)- design є повною бінарною комбінаторною системою з повторенням, що складається з 4-

розрядних блоків, загальна кількість блоків – 16.

Алгебрична операція супер-склеювання змінних

Комбінаторні властивості блок – схеми з повторенням дозволяють доповнити правило алгебри логіки склеювання змінних правилом супер-склеювання змінних [7].

Для 5-розрядної логічної функції правила супер-склеювання змінних будуть такі:

– перше правило:

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & x \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x \\ 0 & 0 & 1 & 0 & x \\ 0 & 0 & 1 & 1 & x \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & 1 & x \\ 0 & 1 & 1 & 0 & x \\ 0 & 1 & 1 & 1 & x \\ 1 & 0 & 0 & 0 & x \\ 1 & 0 & 0 & 1 & x \\ 1 & 0 & 1 & 0 & x \\ 1 & 0 & 1 & 1 & x \\ 1 & 1 & 0 & 0 & x \\ 1 & 1 & 0 & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 & 0 & x \\ 1 & 1 & 1 & 1 & x \end{array} \right| = x; \end{array} \quad (4)$$

– друге правило:

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 0 & x & y \\ 0 & 0 & 1 & x & y \\ 0 & 1 & 0 & x & y \\ 0 & 1 & 1 & x & y \\ 1 & 0 & 0 & x & y \\ 1 & 0 & 1 & x & y \\ 1 & 1 & 0 & x & y \\ 1 & 1 & 1 & x & y \end{array} \right| = xy; \end{array} \quad (5)$$

– третє правило:

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & x & y & z \\ 0 & 1 & x & y & z \\ 1 & 0 & x & y & z \\ 1 & 1 & x & y & z \end{array} \right| = xyz; \end{array} \quad (6)$$

– четверте правило:

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{ccccc} 0 & x & y & z & t \\ 1 & x & y & z & t \end{array} \right| = xyzt. \end{array} \quad (7)$$

Перше правило (4) використовує 2-(4, 16)-design. Друге правило (5) використовує 2-(3, 8)-design. Третє правило (6) використовує 2-(2, 4)-design. Четверте правило (7) використовує 2-(1, 2)-design.

Змінні x, y, z, t , що утворюють повну бінарну комбінаторну систему з повторенням 2-(n, b)-design, можуть займати будь-який розряд мінтерма 5-розрядної логічної функції.

Процедура скорочення повної досконалої диз'юнктивної нормальної форми (ДДНФ) логічної функції дає одиницю. Наприклад, для 3-ох змінних:

$$\begin{aligned} & \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} + \overline{x_1 x_2 x_3} = \\ & = \overline{x_1 x_2}(\overline{x_3} + x_3) + \overline{x_1 x_2}(\overline{x_3} + x_3) + \overline{x_1 x_2}(\overline{x_3} + x_3) + \overline{x_1 x_2}(\overline{x_3} + x_3) = \\ & = \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_2} = \overline{x_1}(\overline{x_2} + x_2) + \overline{x_1}(\overline{x_2} + x_2) = \overline{x_1} + \overline{x_1} = 1. \end{aligned}$$

Оскільки повна ДДНФ однозначно визначає повну комбінаторну систему з повторенням 2-(n, b)-design, і навпаки, це дає підставу видаляти всі блоки повної комбінаторної системи з матриць, які демонструють правила супер-склеювання (4) – (7). Правило (7) проявляє просте склеювання та є частковим випадком правил супер-склеювання (4) – (6).

Правила супер-склеювання змінних можна представити для функцій щість змінних і більше.

У загальному випадку конфігурація таблиці істинності крім підматриці 2-(n, b)-design, вміщує й підматриці 2-($n, x/b$)-design, де x – число блоків неповної комбінаторної системи з повторенням. Властивості 2-($n, x/b$)-design також встановлюють правила, що забезпечують ефективну мінімізацію булевих функцій [15].

Мінімізація 5-розрядних булевих функцій

Приклад 5. Мінімізувати логічну функцію $F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ методом Різника -

Соломка, яка задана наступною таблицею істинності

(2,3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,15,18,19,20,21,22,23,16,17, 28, 29,30,31).

$$F = \begin{matrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 6 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 10 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 11 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 12 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 13 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 14 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 15 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 18 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 19 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 20 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 21 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 22 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 23 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 26 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 27 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 28 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 29 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 30 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 31 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} \begin{matrix} \bullet \\ * \\ \bullet \\ \circ \\ \bullet \\ * \\ \bullet \\ \circ \end{matrix} \left| \begin{matrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix} \right| \begin{matrix} \bullet \\ * \\ \circ \end{matrix} \left| \begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} 1 & 1 \end{matrix} \right|$$

Мінімізована функція – $F = x_3 + x_4$. Операція супер-склеювання змінних у першій матриці проведена для блоків:

- 4 – 7 (виділені синім кольором);

- 12 – 15 (виділені зеленим кольором);

- 20 – 23 (виділені бузинковим кольором);
- 28 – 31 (виділені фіолетовим кольором).

Операція супер-склеювання змінних у другій матриці проведена для блоків, які позначені значком (\bullet).

Приклад 6. Мінімізувати логічну функцію $F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ методом Різника - Соломка, яка задана наступною таблицею істинності (0,1,3,4,7,13,15,19,20,22,23,29,31) [11].

$$F = \begin{array}{c|cccccc}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\
 7 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 13 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\
 15 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 19 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 20 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\
 22 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
 23 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 29 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\
 31 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1
 \end{array} = \begin{array}{c|cccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 1 \\
 1 & 0 & 1 & 1 \\
 1 & 0 & 1 & 1 & 0
 \end{array} = \begin{array}{c|cccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & & 1 \\
 1 & & 1 & 1 \\
 1 & 0 & 1 & 1
 \end{array} = \begin{array}{c|ccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & & 1 \\
 1 & & 1 & 1 \\
 1 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

Мінімізована функція – $F = \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} + \overline{x_2 x_3 x_4 x_5} + \overline{x_2 x_3 x_5} + \overline{x_2 x_4 x_5} + \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}$. Операція супер-склеювання змінних у першій матриці проведена для блоків 7, 15, 23, 31, які виділені червоним кольором. Результат мінімізації методом Різника – Соломка збігається з результатом мінімізації методом скорочення таблиці істинності [11], однак процес мінімізації методом Різника – Соломка є простішим.

Приклад 7. Мінімізувати логічну функцію $F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ методом Різника - Соломка, яка задана наступною таблицею істинності (0,4,5,13,16,21,22,23,24,25,28,29,30,31) [11].

$$F = \begin{array}{c|cccccc}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\
 13 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
 16 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 21 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\
 22 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
 23 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 24 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 25 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 28 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 29 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
 30 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\
 31 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1
 \end{array} = \begin{array}{c|cccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 1 & 0 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0
 \end{array} = \begin{array}{c|cccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 1 & & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 0
 \end{array} = \begin{array}{c|ccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 \\
 1 & & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 0
 \end{array}$$

Мінімізована функція – $F = \overline{x_2 x_3 x_4 x_5} + \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} + \overline{x_3 x_4 x_5} + \overline{x_1 x_3 x_4} + \overline{x_1 x_2 x_4}$. Операція супер-склеювання змінних у першій матриці проведена для блоків 5, 13, 21, 29, які виділені синім кольором. У табл. 1 подані результати мінімізації функції $F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ методом скорочення таблиці істинності [11] та методом Різника - Соломка.

Таблиця 1

Результат мінімізації функції $F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$	
Мінімізація методом скорочення таблиці істинності	
$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = x_1x_3x_4 + \overline{x_1x_2x_4} + \overline{x_1x_2x_4x_5} + \overline{x_2x_3x_4x_5} + \overline{x_1x_3x_4x_5}$	
Мінімізація методом Різника - Соломка	
$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = x_1x_3x_4 + \overline{x_1x_2x_4} + \overline{x_2x_3x_4x_5} + \overline{x_1x_2x_3x_4} + \overline{x_3x_4x_5}$	

З огляду табл. 1 бачимо, що метод Різника-Соломка а останньому мінтермі мінімізованої функції дає на одну вхідну змінну менше.

Висновки

1. Алгебрична операція супер-склеювання змінних здійснюється при наявності у структурі таблиці істинності повної бінарної комбінаторної системи з повторенням або неповної бінарної комбінаторної системи з повторенням. Операція супер-склеювання змінних є найбільш ефективною за наявності повної бінарної комбінаторної системи з повторенням. Ефективність операції супер-склеювання змінних за наявності неповної бінарної комбінаторної системи з повторенням зменшується не суттєво.

2. Встановлено, що результати верифікації мінімізованої функції, отриманої з використанням правила супер-склеювання змінних, задовольняють вихідний протокол обчислення заданої функції і, отже, засвідчують оптимальне зменшення кількості змінних функції без втрати її функціональності. Впровадження алгебричної операції супер-склеювання змінних дає змогу спростити процедуру мінімізації булевої функції без втрати її функціональності

3. Ефективність методу Різника - Соломка демонструється прикладами мінімізації функції, запозичених з робіт інших авторів з метою порівняння:

– *приклад 6* [11] – мінімізація 5-розрядних булевих функцій;

– *приклад 7* [11] – мінімізація 5-розрядних булевих функцій;

З огляду на зазначені приклади та приклади 2, 3 і 5 метод мінімізації функції Різника - Соломка дає підставу для доцільності застосування його у процесах мінімізації логічних функцій.

1. Матвієнко, М. П. Комп'ютерна логіка [Текст] / М. П. Матвієнко – Київ: ТОВ "Центр навчальної літератури", 2012. – 288 с.
2. Игошин, В. И. Математическая логика и теория алгоритмов [Учебное пособие] / В. И. Игошин – М.: Изд.центр "Академия", 2007. – 304 с.
3. Кутюра, Л. Алгебра логики [Текст] / Л. Кутюра – М.: Либроком, 2011 – 128 с.
4. Колмогоров, А. Н. Математическая логика. [Текст] / А. Н. Колмогоров, А. Г. Драгалін – М.: КомКнига, Изд. 3-е, стереотипное, 2006. – 240 с.
5. Venn, J. (July 1880). On the Diagrammatic and Mechanical Representation of Propositions and Reasonings. *Philosophical Magazine and Journal of Science*. 5 10 (59).
6. Riznyk V. Minimization of boolean functions by combinatorial method [Text] / V. Riznyk, M. Solomko // *Technology audit and production reserves.*- Vol 4/2 (36), 2017. – P. 49–64. <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/108532> .
7. Riznyk V. Application of super-sticking algebraic operation of variables for boolean functions minimization by combinatorial method [Text] / V. Riznyk, M. Solomko // *Technology audit and production reserves.*- Vol 6/2 (38), 2017. P. 60 – 76. <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/118336/112951>
8. Manojlović, Vladislav (2013) Minimization of Switching Functions using Quine-McCluskey Method. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 82 – No 4, November 2013*, 12-16. (2010) <http://research.ijcaonline.org/volume82/number4/pxc3892127.pdf>
9. Eungi Kim (2013) Derivations of Single Hypothetical Don't-Care Minterms Using the Quasi Quine-McCluskey Method. *J Korea Industr Inf Syst Res Volume 18 Number 1 February 2013* 25-35 https://www.researchgate.net/publication/267819138_An_Innovative_procedure_to_minimize_Boolean_function
10. Rytsar, Bohdan (2015) The Minimization Method of Boolean Functions in Polynomial Set-theoretical Format. Conference: Proc. 24th Inter. Workshop, CS@P'2015, Sept. 28-30, 2015, 130-146 pp. (17), At Rzeszow, Poland, Volume: vol.2 <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/87194>
11. Rathore, T. S. (2014) Minimal Realizations of Logic Functions Using Truth Table Method with Distributed Simplification. *IETE JOURNAL OF EDUCATION*, VOL 55, NO 1, JAN_JUN 2014, 26-32 <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09747338.2014.921412>

12. Dan, Rotar (2010) Software for The Minimization of The Combinational Logic Functions. The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics, 2010 (20), No. 37, 95-99
https://www.researchgate.net/publication/268270733_Software_for_The_Minimization_of_The_Combinational_Logic_Functions_SOFTWARE_FOR_THE_MINIMIZATION_OF_THE_COMBINATIONAL_LOGIC_FUNCTIONS
13. Zolfaghari, Behrouz, Sheidaei, Hamed (2011) A NEW CASE FOR IMAGE COMPRESSION USING LOGIC FUNCTION MINIMIZATION. The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA) Vol.3, No.2, May 2011, 45-62.
<http://airconline.com/ijma/V3N2/3211ijma04.pdf>
14. Nosrati M., Karimi R., Nariri M. (2012) MINIMIZATION OF BOOLEAN FUNCTIONS USING GENETIC ALGORITHM. Anale. Seria Informatica. Vol. X fasc. 1 – 2012, 73–77.
<https://pdfs.semanticscholar.org/c53d/2240a2aa5531832a7707ad186dee23129ed8.pdf>
15. Nosrati M., Karimi R. (2011) An Algorithm for Minimizing of Boolean Functions Based on Graph DS. World Applied Programming, Vol (1), No (3), August 2011. 209–214.
<http://waprogramming.com/papers/50ae59d04ee143.95681909.pdf>
16. Иванов Ю.Д. Алгоритм синтеза инфимумных дизъюнктивных нормальных форм логических функций [Текст] / Ю.Д. Иванов, О.С. Захарова // Труды Одесского политехнического университета, 2004, вып. 2(22). ст. 1-7.
<http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1313074117.pdf>

UDC 681.3.093:044.3

¹Denis Olegovich, ²Kropachev Artemii Vasilyevich, ³Usov Aleksey Yevgenyevich, ⁴Roman Gorshunov.

¹International IT Expert Independent Consultant USA, Colorado

²Automation Solution Department Manager Bell Integrator, USA, Colorado

³Technical Architect Russian Govt Insurance, Russia, Moscow

⁴AT&T, Bratislava, Slovakia Solution Architect

APPLICATION OF THE HOT-SPOT EVALUATION METHOD FOR MONITORING OF DATA CENTER NETWORK

Denis Olegovich Zuev, Kropachev Artemii Vasilyevich, Usov Aleksey Yevgenyevich, Roman Gorshunov. Application of the hot-spot evaluation method for monitoring of data center network. Abstract. Network monitoring methodology development was considered as important stage of data center infrastructure organizing due to requirements of services efficiency and stability. It was mentioned that construction of adaptive and scaled algorithm of data processing in real time regime is a nontrivial task for developers. Process of hot-spot evaluation of the network data indexes was shown as a part of monitoring technique includes obtaining of subjective weight and objective weight of each index which could be used to get the comprehensive evaluating index. It was demonstrated that optimal relative value represents degree of relativeness to optimal one up to the attributes of fixed type, range type, cost type and efficiency type. Triangular fuzzy numbers were used to form the fuzzy judgment matrix which includes uncertainty of subjective judgment experts. Comparative judgment matrix forming method which implies obtained of weighted values by using of the fuzzy number comparison size theory was analyzed. It was noticed that based on the hot-spot comprehensive evaluation value, hot-spot degrees of all monitoring point can be ordered and hierarchy will be obtained during the sorting process. First stage of this algorithm includes getting hot-spot degree evaluation index system's original index grade by experts' judgment method. Second stage refers to determination of value for each level as monitoring original data. At the next stage hot-spot degree should be evaluated as the same ordinary monitoring points. Final stage includes achieving corresponding comprehensive evaluation value based on every level value. Hot-spot degree range of each monitoring point was obtained as result of forming hot-spot comprehensive evaluation values' uniformly ranking of all levels. Finally, hot-spot level of each monitoring point was correspondingly obtained and hot judgment of the monitoring was received with the level of data center rules in advance.

Keywords: data center, virtual machine, hot-spot, fuzzy analytic hierarchy process, triangular fuzzy number, relative value, type attribute.

Зуев Д. О., Кропачев А. В., Усов Д.М., Горшунов Р. Применение метода оценки «горячей точки» для мониторинга сетей центров обработки данных. Разработка методологии сетевого мониторинга рассмотрена как важный этап организации инфраструктуры центров обработки данных, в соответствии с возросшими требованиями по эффективности и стабильности услуг данных сервисов. Процесс оценки «горячих точек» индексов сетевых данных был показан как часть метода мониторинга, включающий получение субъективного веса и объективного веса каждого индекса, который можно использовать для получения всестороннего оценочного индекса. Было продемонстрировано, что оптимальное относительное значение представляет степень соответствия атрибутов к оптимальному значению. Метод нечеткой треугольных чисел рассмотрен для формирования матрицы нечетких суждений, которая включает экспертную оценку. Проанализирован метод формирования матрицы сравнительных оценок, который подразумевает получение взвешенных значений с использованием теории размера сравнения нечетких чисел. Было отмечено, что на основе методологии оценки «горячих точек» можно упорядочить степени «горячей точки» мониторинга и получить иерархию во время процесса сортировки. Первый этап этого алгоритма включает в себя получение исходного индекса оценки степени готовности, который базируется на экспертной оценке. Второй этап относится к определению значения для каждого уровня мониторинга исходных данных. Заключительный этап включает достижение соответствующей комплексной оценки на основе каждого значения уровня. Классификация контрольных горячих точек должна быть получена в результате формирования однородных ранговых оценок всех уровней.

Ключевые слова: центр обработки данных, виртуальная машина, горячая точка, процесс нечеткой аналитической иерархии, нечеткие треугольные числа, относительное значение, атрибут типа.

Зуев Д. О., Карпачова А. В., Усов Д.М., Горшунов Р. Застосування методу оцінки «горячої точки» для моніторингу мереж центрів обробки даних. Розробка методології моніторингу мережі розглянута як важливий етап організації інфраструктури центрів обробки даних, відповідно до зрослими вимогами по ефективності і стабільності послуг даних сервісів. Процес оцінки «горячих точок» індексів мережевих даних був показаний як частина методу моніторингу, що включає отримання суб'єктивного ваги і об'єктивного ваги кожного індексу, який можна використовувати для отримання всебічного оціночного індексу. Було продемонстровано, що оптимальне відносне значення представляє ступінь відповідності атрибутів до оптимального значення. Метод нечіткої трикутних чисел розглянуто для формування матриці нечітких сужень, яка включає експертну оцінку. Проаналізовано метод формування матриці порівняльних оцінок, який має на увазі отримання зважених значень з використанням теорії розміру порівняння нечітких чисел. Було відзначено, що на основі методології оцінки «горячих точок» можна впорядкувати ступеня «горячої точки» моніторингу та отримати ієрархію під час процесу сортування. Перший етап цього алгоритму включає в себе отримання вихідного індексу оцінки ступеня готовності, який базується на експертній оцінці. Другий етап відноситься до визначення значення для кожного рівня моніторингу вихідних даних. Заключний етап включає досягнення відповідної комплексної оцінки на основі кожного значення рівня. Класифікація контрольних горячих точок повинна бути отримана в результаті формування однорідних рангових оцінок всіх рівнів.

Ключові слова: центр обробки даних, віртуальна машина, гаряча точка, процес нечіткої аналітичної ієрархії, нечіткі трикутні числа, відносне значення, атрибут типу.

1. Introduction

Nowadays requirements to data center services efficiency and stability have significantly grown. Hereby reliability of the network has become one of the most attention performances and server performance monitoring system becomes main tool of providing reliable network services. Organizing of data processing in real time regime is a serious task for developers while efficient monitoring system ought to be adaptive and scaled.

It should be noticed that due to virtualization of modern data center servers monitoring system functional nodes also should not be considered as physical elements. Up to the virtual machine (VM) life cycle phase the system should be divided into further main modules [1-4].

- VM monitor;
- monitoring data integration;
- cluster data integration;
- node information gathering.
- VM monitor provides transfer of significant data (e.g., CPU or RAM usage) to the monitoring system by VM-scripts. Monitoring data integrator collects significant network data and stores it in the database, while cluster data integrator gathers other data blocks for the next VM layer. gathers different local information on a cloud node according to specific demands. The node information gathering module gathers local VMs information on the network nodes. There are also should be mentioned monitoring tool server, configuration generator, user interface and database module which used to retrieves information from database (e.g., configuration data), receive monitoring data and perform actions and stores information.

Due to virtualization paradigm it possible to develop universal data center monitoring technique based on mathematical model which could be implemented to different server platforms. Among the different methods hot-spot evaluation technique is proved to be most efficient one and should be properly considered.

2. Classification of index target type

According to the hot-spot evaluation of the network data indexes it has to be calculated the subjective weight and objective weight of each index to get the comprehensive evaluating index of hot-spot degree.

Subjective weight which represents each index influencing hot degree, could be determined by its triangular fuzzy number [5] up to FAHP technique (FAHP: Fuzzy Analytic Hierarchy Process) is deployed to determine the of each index influencing hot degree. Triangular Fuzzy Number is a triplet which includes smallest likely value, the most probable value and largest possible value of fuzzy event. Objective weight could be defined by the multi-objective decision-making method which includes determination of the index target type. Thereby basic algorithm includes further stages (Fig. 1):

- subjective weight determination (FAHP technique);
- multi-objective decision-making method;
- dimensionless processing (to gain optimal size of index and its matrix);
- maximizing deviation method; (determination the objective weight of index);
- combining and comparison of subjective weights and objective weights;
- receiving of the hierarchy of VM monitored spots.

Hot-spot evaluation is handled through optimal relative and classification of index target type, the comprehensive weight calculation, the hot-spot degree comprehensive evaluation value determination and hot-spot sorting. Optimal relative value represents degree of relativeness to optimal, which is similar to the concept of membership degree. It should be determined up to the target type. Main types of attributes are:

- fixed type attribute;
- range type attribute;
- cost type attribute;
- efficiency type attribute.

Fixed type attribute F_{ij} represents stabilizing at a fixed value as a target of indexes analysis:

$$F_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{|a_{ij} - a_i^o|}{\max_n \{a_{ij} - a_i^o\}} & \text{for } a_{ij} \neq a_i^o \\ 1 & \text{for } a_{ij} = a_i^o \end{cases}, \quad (1)$$

where a_{ij} is the measured value of l index of j VM and a_i^o is the optimal value of a_{ij} . To simplify equation (1) it should be used absolute differences maximum among n observed spot:

$$\sigma_i = \max_n \{a_{ij} - a_i^o\}. \quad (2)$$

Thereby equation (1) can be simplified as:

$$F_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{|a_{ij} - a_i^o|}{\sigma_i} & \text{for } a_{ij} \neq a_i^o \\ 1 & \text{for } a_{ij} = a_i^o \end{cases}. \quad (3)$$

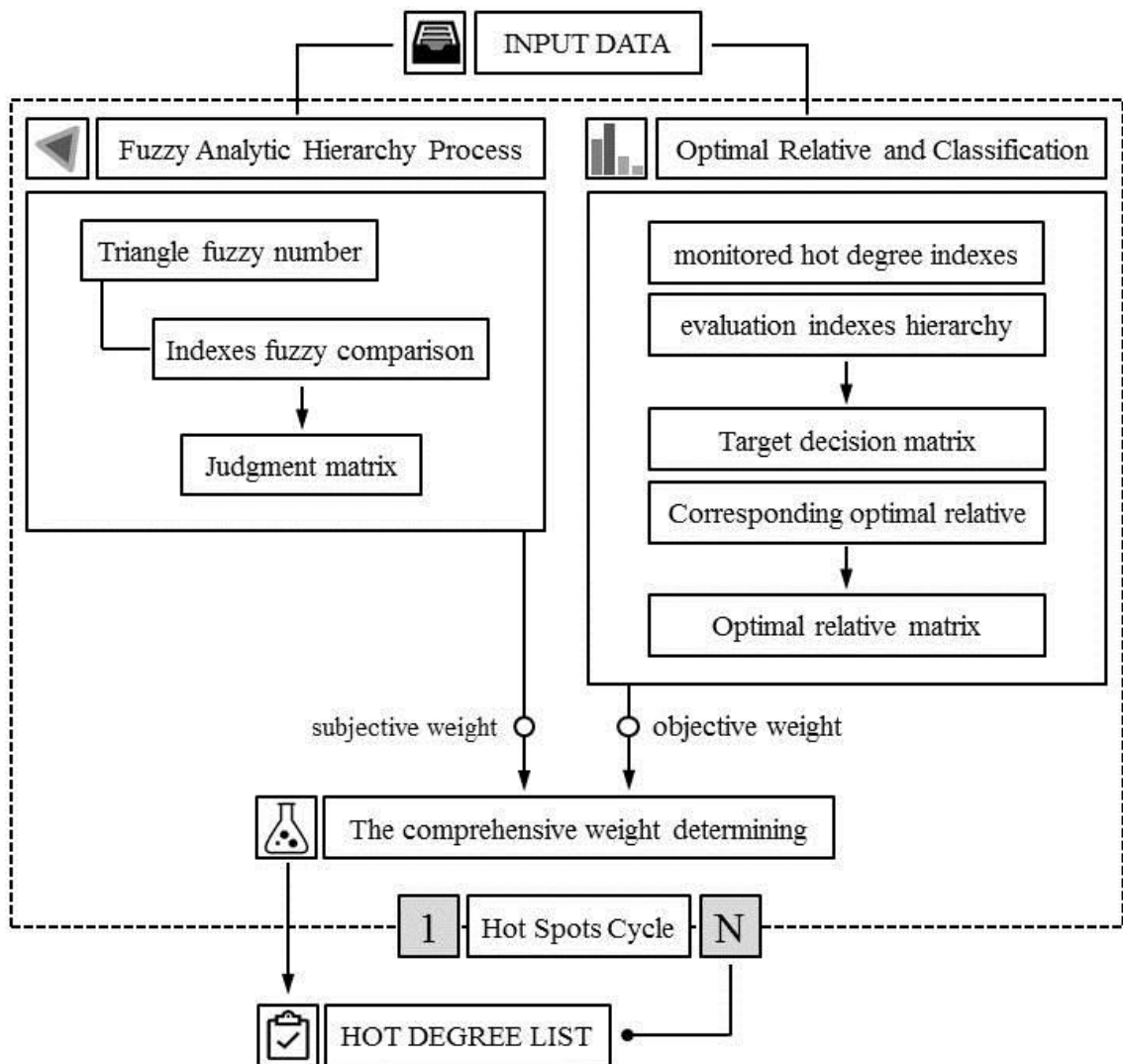


Fig. 2. Hot-spot comprehensive evaluation algorithm.

Range type attribute in other hand represents property values falling in a fixed interval as a target type of indexes.

$$R_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{a_i^L - a_{ij}}{\max\{a_i^L - a_i^{\min}, a_i^{\max} - a_i^U\}} & \text{for } a_{ij} < a_i^L \\ 1 - \frac{a_{ij} - a_i^U}{\max\{a_i^L - a_i^{\min}, a_i^{\max} - a_i^U\}} & \text{for } a_{ij} > a_i^U \\ 1 & \text{for } a_{ij} \in [a_i^L, a_i^U] \end{cases} \quad (4)$$

where a_i^L is best lower bound, a_i^U is best upper bound, a_i^{\min} is minimum of measured values of a_i index and a_i^{\max} is maximum one. To simplify equation (4) it should be used absolute maximum of a_{ij} deviating the optimal range:

$$\eta = \max\{a_i^L - a_i^{\min}, a_i^{\max} - a_i^U\}. \quad (5)$$

Thereby equation (4) can be simplified as:

$$R_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{a_i^L - a_{ij}}{\eta} & \text{for } a_{ij} < a_i^L \\ 1 - \frac{a_{ij} - a_i^U}{\eta} & \text{for } a_{ij} > a_i^U \\ 1 & \text{for } a_{ij} \in [a_i^L, a_i^U] \end{cases} \quad (6)$$

In other hand cost type attribute C_{ij} represents smallest attribute value as the best index and efficiency type attribute E_{ij} represents biggest attribute value as the best index, contrary to the cost type attribute:

$$\begin{cases} C_{ij} = \frac{1 - a_{ij}}{a_i^{\min} + a_i^{\max}} \\ E_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_i^{\min} + a_i^{\max}} \end{cases} \quad (7)$$

Thereby to evaluate m hot degree spots of n monitored spots, it should be formed target decision matrix A of the measured values a_{ij} and target decision matrix that converts to optimal relative matrix:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

At the same way range type attribute matrix, cost type attribute matrix, efficiency type attribute matrix could be determined:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}; E = \begin{bmatrix} e_{11} & \dots & e_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ e_{m1} & \dots & e_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

The judgment matrix thereby represents the relative importance of an upper layer element and other layer element. Importance scale is proved to be good digital measurement method in compassion to index importance.

2. The comprehensive weight determining algorithm

Triangular fuzzy numbers FAHP technique based on the index hierarchy (Fig. 2) is developed to build the fuzzy judgment matrix. Judgment matrix includes uncertainty of subjective judgment experts and can be used to form comparative judgment matrix [6] where weighted values are obtained by using the theory of fuzzy number comparison size. For n hot-spots massive comprehensive evaluation index of the layer which is related to upper layer consists from set $X(x_1, x_2 \dots x_n)$. Thus triangular fuzzy number could be obtained as importance fuzzy judgment of index i relative to index j (determined by experts): $y_{ij} = [l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$. Up to the triangular fuzzy numbers definition l_{ij} and u_{ij} represent the fuzzy extent of judgment, so $(u_{ij} - l_{ij})$ value shows comparative fuzzy degree.

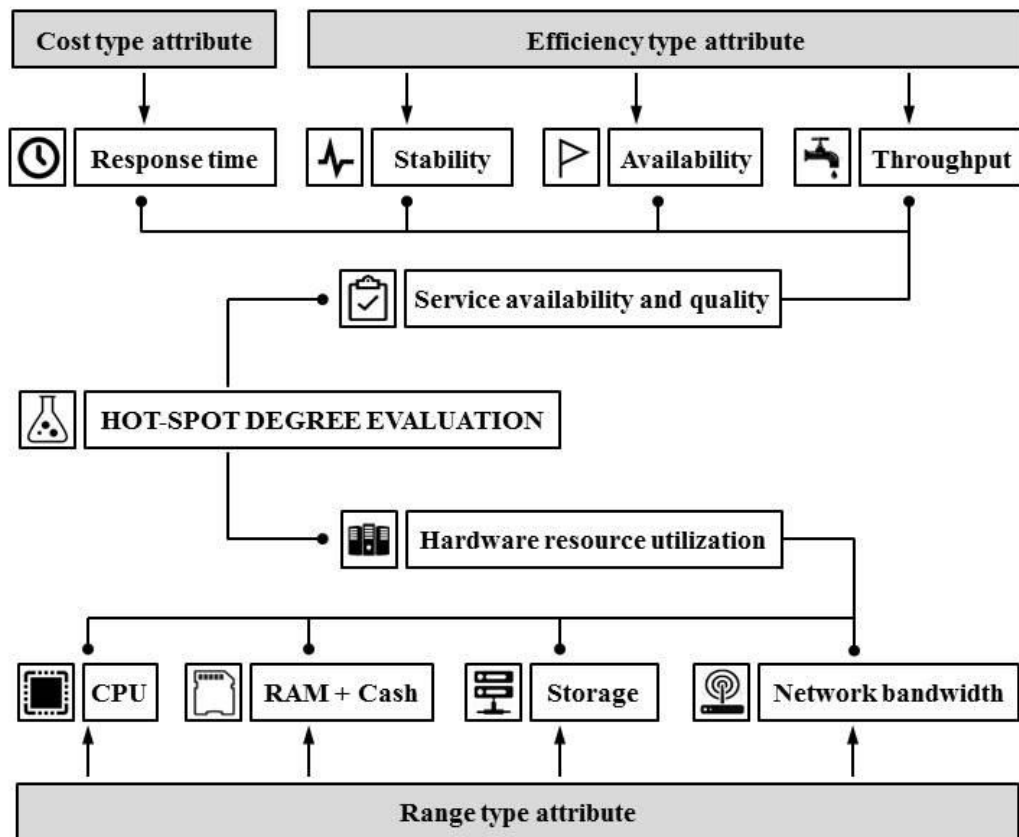


Fig. 2. The hot-spot evaluation indexes hierarchy structure.

It demonstrates the technique of the fuzzy comparison judgment matrix determination method:

$$Y = \begin{bmatrix} [l_{11}, m_{11}, u_{11}] & \dots & [l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}] \\ \dots & \dots & \dots \\ [l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}] & \dots & [l_{nn}, m_{nn}, u_{nn}] \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Fuzzy comparison judgment matrix of layers as relative ones to this one could be formed at the same way. Thus, the fuzzy relative weight of index i compared with other index in this layer should be determined as:

$$Q_i(l_i, m_i, u_i) = \left[\frac{\sum_{j=1}^n l_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n m_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij}} \right]. \quad (11)$$

It should be noticed that each triangle fuzzy number in the fuzzy relative weight vector is required to be clarified before stage of sorting the current layer index.

The corresponding subjective weight w_i and objective weight v_i [7–10] of Q_i can be determined as:

$$\begin{cases} w_i = (l_i + 2m_i + u_i)/4 \\ v_i = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n |F_{ij} - F_{ik}|}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n |F_{ij} - F_{ik}|} \end{cases}, \quad (12)$$

where j and k indicate different monitoring spots, and thus $|F_{ij} - F_{ik}|$ corresponds to the absolute value of the membership degree. Finally the comprehensive weight is obtained by values the subjective weight and objective weight.

$$S_i = \frac{w_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i}. \quad (13)$$

The combination of the index evaluation value reflects the quality of comprehensive index and thus comprehensive evaluation value is not qualified when any of the indicators of evaluation value stays unqualified. Standard of being qualified is usually refers to actual situation.

3. Conclusions

Network monitoring strategy is a one of the key task of data center development due to requirements of services efficiency and stability. It should be noticed that organizing of adaptive and scaled algorithm of data processing in real time regime is a serious task for developers. Hot-spot evaluation of the network data indexes as a part of monitoring technique includes obtaining of subjective weight and objective weight of each index which could be used to get the comprehensive evaluating index. Optimal relative value represents degree of relativeness to optimal one up to the attributes of fixed type, range type, cost type and efficiency type.

Triangular fuzzy numbers based on the index hierarchy is used to form the fuzzy judgment matrix which includes uncertainty of subjective judgment experts. It has to be used to form comparative judgment matrix where weighted values are obtained by using the theory of fuzzy number comparison size. Based on the hot-spot comprehensive evaluation value, hot-spot degrees of all monitoring point can be ordered and hierarchy will be obtained during the sorting process. First stage includes getting hot-spot degree evaluation index system's original index grade by experts' judgment method. Next stage refers to determination of value for each level as monitoring original data. Hot-spot degree should be evaluated as the same ordinary monitoring points. Final step is achieving corresponding comprehensive evaluation value based on every level value. Hot-spot degree range of each monitoring point can be obtained as result of forming hot-spot comprehensive evaluation values' uniformly ranking of all levels. Hot-spot level of each monitoring point has to be correspondingly obtained and hot judgment of the monitoring will be received with the level of data center rules in advance.

1. Elshoush, H.T., Osman, I.M.: Alert Correlation in Collaborative Intelligent Intrusion Detection Systems—A Survey. *Applied Soft Computing* 11/7 (2011) 4349–4365.
2. Nehinbe, J.: Log Analyzer for Network Forensics and Incident Reporting. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*. (2010) 356–361.
3. Standard, I.: *Information technology - Security Techniques - Selection, Deployment and Operations of Intrusion Detection Systems*. Technical Report ISO/IEC, ISO/IEC (June 2006).
4. De Chaves S A Uriarte R B Westphall C B. *Toward an Architecture for Monitoring Private Clouds*. *IEEE on Communication Magazine*, 2011, 49(12): 130–137.
5. *Understanding Analytic Hierarchy Process*. (2018). Chapman & Hall.
6. Sun Z, Xu Z, Da Q. A Model Based on Alternative Similarity Scale for Uncertain Multi-Attribute Decision-Making. *Journal of Management Science*, 2001, 9(6): 58–62.
7. Wu D, Cheng H, Xi X, et al. Annual Peak Power Load Forecasting Based on Fuzzy AHP // *Proceedings of the Chinese Society of Universities for Electric Power System and Automation*, 2007, 1: 009.
8. Mesiar, R. (1997). *Special issue fuzzy arithmetic*. Amsterdam: Elsevier.
9. Liu H, Kong F. A new MADM algorithm based on fuzzy subjective and objective integrated weights. *International Journal of Information System and Sciences*, 2005, 1(3–4): 420–427.
10. Kukavica I, Robinson J C. Distinguishing smooth functions by a finite number of point values, and a version of the Takens Embedding Theorem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2004, 196(1): 45–66.

УДК 622. 3.078.4

Каганюк А.К., Полищук Н.Н. Самарчук В.Ф., Гринюк С.В.
Луцкий национальный технический университет.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ КАК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ПРОФИЛЕ ПЛАСТА.

Каганюк А.К., Полищук Н.Н., Самарчук В.Ф., Гринюк С.В. Конструктивные особенности угледобывающих машин и комплексов и их классификация как объектов автоматического управления в профиле пласта. Одним из основных путей повышения производительности труда и интенсификация процесса добычи угля, а также повышение безопасности труда на самых опасных объектах, которым является добычной забой, есть автоматизация производственных и технологических процессов в условиях безлюдной выемки угля. Данная задача выдвигает новые требования как формированию так и по созданию абсолютно новых систем автоматического управления такими сложными процессами, как управление угледобывающими комбайнами так и добычными комплексами.

Ключевые слова: Система автоматического управления, безлюдная выемка угля.

Каганюк О.К., Полищук М.М., Самарчук В.Ф., Гринюк С.В. Конструктивні особливості вугільно видобувних машин та комплексів і їх класифікація як об'єктів автоматичного управління в площині вугільного пласта. Одним із основних шляхів підвищення продуктивності праці на самих безпечних об'єктах, яким є вугільно видобувний забой, є автоматизація як виробничих так і технологічних процесів в умовах безлюдної добичі вугілля. Дана задача висуває нові вимоги що до формуванню так і по створенню абсолютно нових систем автоматичного управління вугільно видобувними комбайном так і вугільно видобувними комплексами.

Ключові слова: Система автоматичного управління, безлюдна виїмка вугілля.

Kaganjuk A.K., Polischuk N.N, Samarchuk V.F., Grynjuk S.V. Design features of coal mining machines and complexes and their classification as objects of automatic control in the formation profile. One of the main ways to increase labor productivity and intensify the process of coal mining, as well as increase labor safety at the most dangerous objects, which is a mining slaughter, is the automation of production and technological processes in a deserted coal mining. This task puts forward new requirements for the formation and creation of completely new systems of automatic control of such complex processes as management of coal mining combines and production complexes.

Keywords: Automatic control system, unmanned coal mining.

Одним из основных путей повышения производительности труда и интенсификация добычи угля есть автоматизация угледобывающих комбайнов и добычных комплексов, которые интегрируются в единую систему. Новые технологии добычи, выдвигают внедрение промышленных роботов. и манипуляторов для условий безлюдной выемки угля. Поэтому, повышение производительности и безопасности труда рабочего очистного забоя весьма **актуально** для данной отрасли науки.

В настоящее время на мировом и отечественном рынках горно-шахтного оборудования имеется устойчивый спрос на технику и технологию для добычи угля. Более того данный спрос имеет тенденцию роста ввиду того, что горные предприятия месторождений с более или менее благоприятными условиями залегания угольных пластов значительно увеличили глубину добычи, которая, в настоящее время, поставила определенный предел достигнутому уровню горной технологии добычи полезных ископаемых. В условия глубин более 1 км, повышенной газообильной, опасности внезапных выбросов угля и породы, значительного тепловыделения все труднее обеспечивать приемлемую цену горного сырья и достаточный уровень безопасности ведения горных работ.

Явно обозначился предел возможностей современных технологий угледобычи на глубинах более 1 км. Кроме того, практически все горные предприятия Украины с указанными выше условиями залегания угольных пластов находятся в государственном секторе и не получают эффективной поддержки в решении своих технологических задач. Фактически ее нет, так как НИОКР (научно-исследовательские и опытно – конструкторские работы) данного направления были прекращены с середины 90 – х годов прошлого века. Однако, в настоящее время ситуация на рынке горношахтного оборудования изменилась в сторону повышения интереса горного оборудования для добычи угля на наклонных и круто наклонных угольных пластах. Особенно это стало **актуальным** для некоторых перспективных зарубежных рынков.

Все это в целом, определило возвращение к утраченному ранее интересу к горным работам. Это касается практически всех диапазонов мощностей пластовых месторождений, в том числе угольных

В настоящее время, разработано и применяется в промышленности, более тридцати различных комплексов и около шестидесяти различных типов угледобывающих комбайнов. Поэтому, для решения поставленной задачи, по созданию систем автоматического управления, когда выдвигаются требования по повышению безопасного ведения добычных работ в сложных горно – геологических условиях, является весьма **актуальной** на данный момент [1]. При таком разнообразии угледобывающих комбайнов и добычных комплексов, необходимо провести классификацию по наиболее типичным признакам, которые характеризуют их как объекты автоматического управления [2,3].

Основные параметры современных угледобывающих комбайнов и комплексов представлены как в литературных [4, 5, 6], так и электронных источниках [7].

Угледобывающие комплексы формируются из отдельных механизмов, объединённых в одну технологическую цепочку.

Рассмотрим конструктивные особенности этих механизмов, а также связи между ними.

Угледобывающие машины (комбайны добычные и нарезные, шнеко-буровые установки) можно подразделить по способам и схеме работы, по типу опор, по способам управления положением рабочих органов, по количеству и типам рабочих органов, по расположению их на машине, по типу погрузочных элементов, по расположению механизмов подачи и т.д.

Основными классификационными признаками для угледобывающих комбайнов является способ и схема их работы, так как она характеризует функциональную связь «рабочий орган – опорная поверхность почвы пласта – опоры комбайна – корпус – рабочий орган», определяющую положение добычного комбайна в профиле пласта (рис. 1).

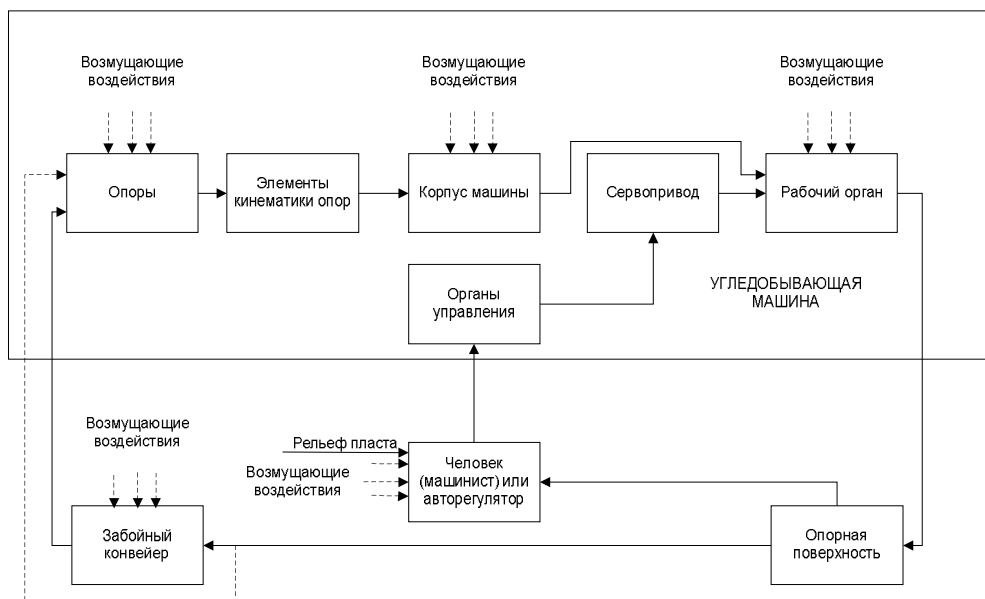


Рис 1.- Схема функциональных связей угледобывающих машин в профиле пласта

Рабочий орган добычного комбайна, в процессе его работы, подготавливает поверхность почвы пласта, по которой затем перемещаются опоры самого комбайна, положение которых определяет, в свою очередь, положение рабочего органа. Указанная функциональная связь для угледобывающего комбайна, как объекта автоматического управления, является обратной связью по положению рабочего органа. Вид этой связи определяет устойчивость объекта при его движении по пласту. При этом поверхность кровли пласта не оказывает влияние на положение угледобывающего комбайна. Поэтому основное внимание будет уделено управлению движением угледобывающего комбайна относительно почвы пласта.

По способам работы угледобывающие комбайны можно разделить на работающие в лоб уступа и в лоб забоя. По первому способу работают все добычные комбайны, а по второму – нарезные комбайны и шнеко – буровые установки.

Угледобывающие комбайны по схеме работы можно подразделить на четыре группы:

- угледобывающие комбайны, перемещающиеся по ставу забойного конвейера;
- по почве пласта;

- по забойному конвейеру с опорой на почву пласта;
- по почве пласта с опорой на забойный конвейер.

Одной из самых представительных групп являются угледобывающие комбайны, перемещающиеся по ставу забойного конвейера. Особенность угледобывающих комбайнов этой группы такова, что их рабочие органы и опоры располагаются на разных машинных дорогах. При этом положение рабочего органа и образованная поверхность машинной дороги в данном добычном цикле не оказывают влияния на положение опор угледобывающего комбайна. Это влияние скажется лишь только через цикл. Причём, форма предыдущей машинной дороги оказывает опосредствованное влияние (через раштачный став забойного конвейера) на положение опор угледобывающего комбайна благодаря аппроксимирующему действию рештаков забойного конвейера. Секции забойного конвейера, имея определённую длину, сглаживают неровности машинной дороги. Угледобывающие комбайны, которые перемещаются по почве пласта, в основном используются на крутонаклонных пластах. Опоры таких угледобывающих комбайнов могут располагаться как на предыдущих машинных дорогах, так и по вновь подготавливаемой. Если опоры угледобывающего комбайна расположены на предыдущей машинной дороге, то связь «рабочий орган – почва – опоры» в данном цикле является разомкнутой. Эта подгруппа угледобывающих комбайнов близка к первой группе и, рельеф почвы пласта, в данном случае, непосредственно влияет на положение опор угледобывающего комбайна.

При расположении опор угледобывающего комбайна как на подготавливаемой, так и на предыдущей машинных дорогах, связь «рабочий орган – почва – забойные опоры» в данном цикле является замкнутой. В этом случае положение рабочего органа определяется формой формируемых машинных дорог, как подготавливаемой, так и предыдущей.

При расположении же опор угледобывающего комбайна на подготавливаемой машинной дороге связь «рабочий орган – почва – опоры» является замкнутой в данном цикле. Угледобывающие комбайны рассматриваемой группы могут опираться на почву пласта как специально оборудованными опорами, так и своим корпусом. Угледобывающие комбайны, работающие с рамы забойного конвейера и опорой на почву пласта, отличаются от угледобывающих комбайнов первой группы наличием стабилизирующих гидродомкратов, опирающихся на почву пласта. Стабилизирующие гидродомкраты не влияют на замыкание связи «рабочий орган – почва – опоры», но способствуют увеличению устойчивости комбайна.

У угледобывающих комбайнов, перемещающихся по почве пласта с опорой на забойный конвейер, забойные опоры комбайна, как правило, расположены на вновь подготавливаемой машинной дороге, а завальные – на предыдущей. При этом связь «рабочий орган – почва – забойные опоры» замкнута в данном цикле, а связь «рабочий орган – почва – завальные опоры» – замыкаются лишь через цикл и только через раштачный став забойного конвейера.

Угледобывающие комбайны, работающие в лоб забоя, перемещаются по почве пласта по вновь подготавливаемой дороге вслед за рабочим органом. Связь «рабочий орган – почва – опоры» постоянно замкнута. Здесь можно выделить две подгруппы угледобывающих комбайнов: с опорами, расположенными по оси симметрии комбайна, и с опорами, расположенными по бокам комбайна. К первой подгруппе относятся шнеко - буровые установки, а ко второй – нарезные комбайны. Все они подобны угледобывающим комбайнам, работающим в лоб уступа забоя и перемещающиеся по почве пласта. Таким образом, по способам и схеме работы угледобывающие комбайны, как объекты автоматического управления могут быть разделены на три специфические группы:

- угледобывающие комбайны, перемещающиеся по ставу забойного конвейера;
- угледобывающие комбайны, перемещающиеся по почве пласта и с опорой на забойный конвейер;
- угледобывающие комбайны, перемещающиеся по почве пласта.

Классификационная схема угледобывающих комбайнов приведены на рис. 2.

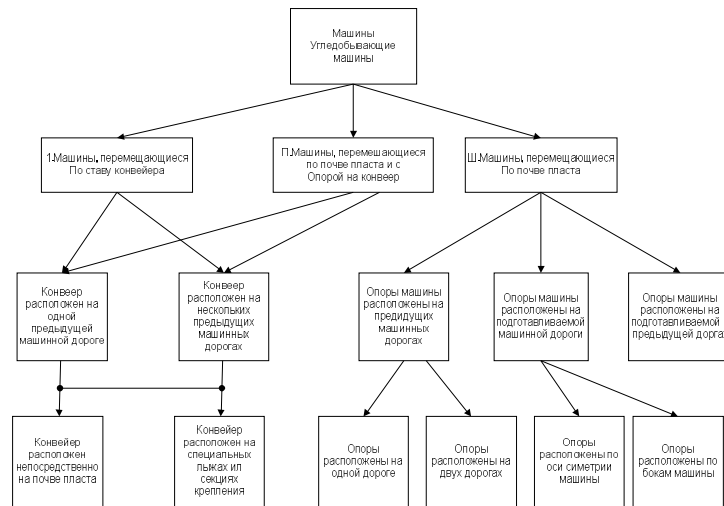


Рис. 2 – Класифікаційна схема угледобуваючих комбайнів як об'єкти управління

В кожній із цих груп ступінь впливу почви пласта а також опору угледобуваючого комбайна на положення його робочого органу визначається типом опор, їх кінематическою зв'язкою як з корпусом угледобуваючого комбайна, забойним конвеєром, так і опору між собою. На рис.3. представлена класифікаційна схема угледобуваючих комбайнів по указанному вище признаку.

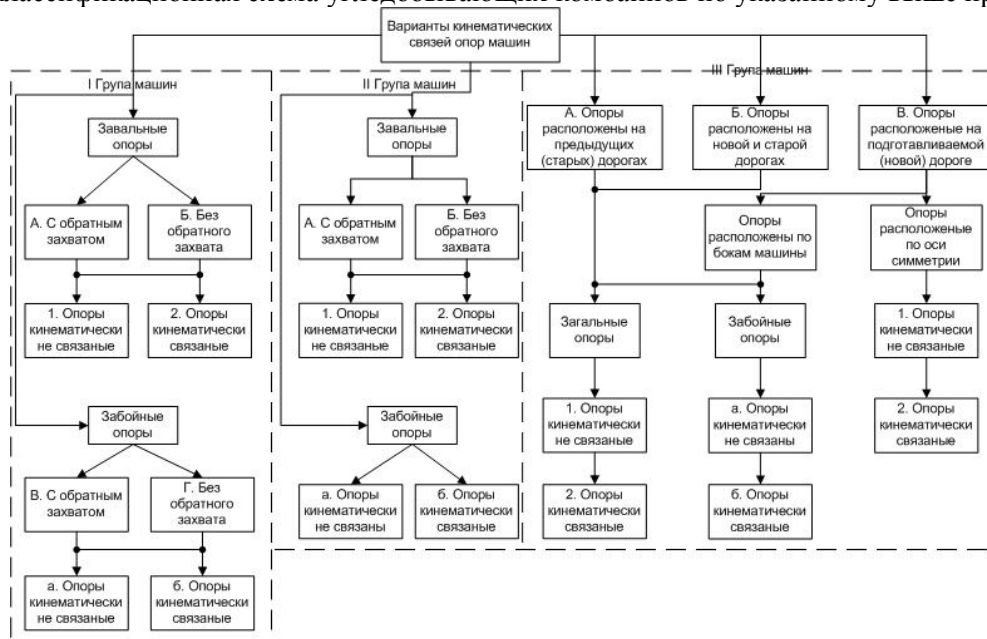


Рис. 3 – Класифікаційна схема угледобуваючих комбайнів по типу кінематических опор.

По типу опор можна виділити угледобуваючі комбайни з опорними поверхностями значительних розмірів по сравнению з розмірами їх корпусу (комбайни для розробки круто – наклонних пластів, комбайни на гусеничному ході) і з опорами незначительних розмірів (більшість комбайнів).

В першому випадку ступінь впливу нерівностей почви на положення опору невелика і носить неопределений характер из-за того, що такі опоры можуть соприкастися з почвою во многих точках. Во другому ж випадку ступінь впливу нерівностей почви на положення опору значительно і більш определено. Эта ступінь впливу зростає при уменьшенні розмірів опору. В дальнішому, при характеристике взаємодії опору з почвою, будемо користуватися терміном «ефект опор».

Опоры угледобуваючого комбайна, переміщується по ставу забойного конвеєра, можуть бути обладнані спеціальними захоптами (обратними захоптами), збільшувачими механіческою їх устійновою на забойному конвеєрі, так і без захоптів, опоры котрого можуть

отрываться от забойного конвейера. В зависимости от наличия или отсутствия гидравлических или механических связей между опорами угледобывающего комбайна, можно выделить опоры кинематические несвязанные или кинематические связанные.

В первом случае опоры или их гидродомкраты при отсутствии управляющих воздействий «заперты» в определённом положении и неподвижны относительно корпуса машины. Во втором случае, благодаря кинематической связи, корпус комбайна даже при отсутствии управляющих воздействий может перемещаться относительно опор под действием возмущений.

На рис.3 не упомянута кинематическая связь передних и задних опор угледобывающего комбайна. Как будет следовать из следующего рассмотрения, кинематическую связь рационально иметь в направлении, совпадающем с движением угледобывающего комбайна, так как такая связь ослабляет влияние формы опорной поверхности на линейные координаты точек рабочего органа в вертикальной плоскости. Связь между собой только передних или только задних опор, способны ослаблять упомянутое влияние, в основном, на угловые координаты точек рабочего органа, а, следовательно, не оказывает решающего влияния на характер движения угледобывающего комбайна.

Следующим важным звеном функциональной связи является связь корпус «угледобывающий комбайн – рабочий орган», т.е. способ управления положением рабочего органа в профиле пласта (рис.4).

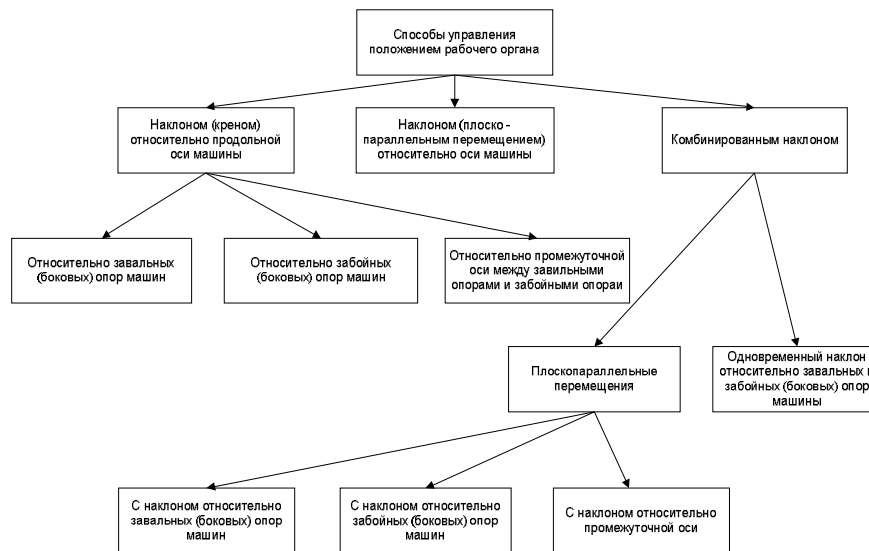


Рис. 4 – классификационная схема способа управления положением рабочих органов угледобывающего комбайна

Наибольшее распространение получил способ управления наклоном относительно поперечной оси машины. При этом рабочие органы, жестко связанные с корпусом угледобывающего комбайна, регулируются при помощи двух или четырёх гидродомкратов, управляемых одновременно (например, комбайны 2К-52, БК-4, 1К-101, УКН и др.), рабочие же органы, расположенные на консолях, могут регулироваться относительно корпуса угледобывающей машины вместе с консолью (например, комбайны 1К-101, 2К-52, КШ-68, ПУ-5 и др.).

Такое управление позволяют изменять лишь вертикальное положение рабочего органа. При этом на почве и кровле пласта могут образоваться значительные по высоте уступы, являющиеся существенным препятствием при передвижке машины и всего комплекса на подготавливаемую машинную дорогу [8]. В связи с повышением требований к качеству подготавливаемой машинной дороги, для последующего по ней следования машины, конвейера и крепи начало широко применяться управление наклоном, относительно продольной оси машины и комбинированное управление. Управление наклоном относительно продольной оси осуществляется гидродомкратами, воздействующими на рабочий орган через корпус угледобывающего комбайна (например, МК-67, КА-70, ПУ-5, РКУ –13, РКУ – 16 Универсал-70 1ГШ .- 68 и т.д.). Такое управление позволяет одновременно изменять как угловое, так и вертикальное положение рабочего органа, но в жёсткой их взаимосвязи. При этом на почве пласта образуется незначительные по высоте уступы, не препятствующие перемещению машины и всего комплекса.

В отличие от первых двух способов, комбинированное управление позволяет одновременно и независимо изменять как угловое, так и вертикальное положение рабочего органа угледобывающего комбайна. Благодаря этому создаётся возможность полной компенсации возмущающих воздействий, вызывающих угловое и вертикальное отклонения рабочего органа на данном добычном цикле

Комбинированное управление, обеспечивается сочетанием двух первых способов в любой комбинации:

- плоско-параллельное перемещение рабочего органа смещение с наклоном относительно завальных опор (комбайн, КП-1КГ, КШ-3М и др.),
- с наклоном относительно забойных опор (комбайны ПУ-5, ВДW-L, КДW-170L, ВДW-170LN 1ГШ – 68 и др.),
- с наклоном относительно промежуточной оси и одновременный наклон относительно завальных и забойных опор машины (комбайны К-2, 2УК, ВНК-1А, К-102, БК-101, 1К-58М и др.).

Способ управления положением рабочего органа значительно влияет на структуру систем автоматического управления в профиле пласта, так как он определяет возможность комбайна по компенсации влияния возмущающих воздействий, изменяющих положение угледобывающего комбайна.

Существенное влияние на построение системы автоматического управления угледобывающего комбайна в профиле пласта существенное влияние оказывают место расположения как чувствительных элементов системы, так и тип рабочих органов, и их количество на комбайне.

На рис. 5 приведена классификационная схема угледобывающих комбайнов по указанному признаку.



Рис. 5 – Классификационная схема угледобывающих комбайнов по типам рабочих органов

Наибольшее распространение, как в нашей стране, так и за рубежом получили шнековые машины, имеющие от одного до четырёх шнеков.

Одношнековые угледобывающие комбайны (Урал-2м, В.Л.Д., Маскам, А.В.10-12, ВW-L, КWH, KSV – 33 и др.) отличаются тем, что забой у почвы и кровли пласта оформляется одновременно (В. Л.Д., Маскам, А.В. 10-12) или качанием шнека по всей мощности пласта (Урал -2М, ВW-L, КWH, RSV – 33). При этом в первом случае положение рабочего органа может регулироваться либо относительно почвы, либо кровли пласта. Двух шнековые – (1К-101, 2К-52, КА-1КГ, КА-3М, К-102, 1ГШ – 68, РКУ – 13, РКУ – 16 и т.д., ВД W-L, ВД W-170, ВД W-170LN, КWB-3RD), трёх шнековые – (1К-58М) и четырёх шнековые – (ПУ-5, Карбон и др.) машины позволяют осуществлять раздельное и одновременное управление шнеками как относительно почвы, так и кровли пласта.

Шнековые органы с горизонтальной осью вращения, благодаря линейному контакту с почвой (кровлей) пласта, позволяют быстро изменить их положение и более точно воспроизвести рельеф пласта. Угледобывающие комбайны, которые оборудованы рабочими органами барабанного типа с горизонтальной осью вращения, в настоящее время применяются на круто наклонных пластах и широкого распространения не получили из-за их специфических недостатков: большой выход мелких

сортов угля, низкая погрузочная способность. Угледобывающие комбайны с вертикальными барабанами получили в настоящее время преимущественное распространение на пластах тонких и средних мощности: это однобарабанные угледобывающие комбайны МК-67, А-69 и двух барабанные – КА-70, КА – 80, 2УК, Универсал-90. Исключение составляют комбайны Караганда-2 и Карбон, которые предназначены для разработки мощных пластов. Все эти комбайны также позволяют осуществлять раздельное и одновременное управление барабанами как у почвы, так и кровли пласта. Однако, из-за плоскостного контакта их положение возможно только при движении комбайна, т.е. при прохождении определённого отрезка пути, что ограничивает быстродействие системы управления и точности воспроизведения рельефа.

К буровым угледобывающим машинам отнесены те, у которых основную массу угля скалывает рабочий орган, состоящий из буровых коронок (комбайн БК-101, БК-52, 2КЦТГ, БК-4, БКТ, Топанер А.В.). В таких машинах оформление забоя у почвы (кровли) пласта осуществляется вспомогательными рабочими органами: подрезными, отбойными дисками и штангами, кольцевой режущей цепью, вертикальными барабанами. Основной особенностью буровых машин является ограниченная их подвижность в профиле пласта, связанная с тем, что буровые коронки, образуя кольцевой вруб, могут перемещаться только в пределах зазоров между врубом и коронкой. Это значительно затрудняет управление такими машинами и ограничивает область их применения на пластах со спокойной гипсометрией залегания угольного пласта. К буровым угледобывающим комбайнам можно отнести нарезные комбайны типа КН-2Б, а также, которые сняты с производства, широкозахватные комбайны типа «Донбасс» и «Кировец». На современных угледобывающих комбайнах буровые рабочие органы применяются в сочетании с другими типами. Корончатые рабочие органы применяются в основном на проходческих комбайнах, а на добычных – лишь в сложных горно – геологических условиях, где требуется раздельная выемка угля и породы (комбайн К-56М). Среди угледобывающих комбайнов с комбинированными рабочими органами можно выделить бурошнековые комбайны (БШ-1) и установки (БУГ-2), получившие распространение при разработке тонких пластов заходами со стороны штрека. Бурошнековые угледобывающие комбайны обладают таким же недостатком, что и буровые. Однако, этот недостаток компенсируется наличием раздельного управления рабочими органами относительно кровли и почвы пласта. Бурошнековые установки также характеризуются ограниченной подвижностью, связанной с влиянием связей между наращиваемыми секциями конвейера. К угледобывающим комбайнам с комбинированным управлением рабочими органами, относятся также комбайны типа БНК-1А и нарезного типа – КН-3. Первый из них имеет два режущих органа: горизонтальный плоский изогнутый бар и отбойную штангу, второй – два качающихся вертикальных бара с двумя буровыми коронками. Горизонтальные плоские бары, как и буровые коронки, имеют ограниченную подвижность относительно образующей ими врубовой цепи, что является их основным недостатком. Таким образом, тип рабочего органа определяет способность машины подчиняться управлению, что следует учитывать при разработке систем автоматического управления. Так как наибольшее распространение получили шнековые и барабанные рабочие органы, то основное внимание будет уделено машинам именно с такими конструктивными особенностями. При рассмотрении угледобывающих комбайнов как объектов автоматического управления, следует учитывать также расположение рабочего органа, который в технологической цепочке определяет степень влияния опор на его положение, а также построение самой структуры системы автоматического управления. По рис. 6, приведена классификационная схема угледобывающих комбайнов по расположению на них рабочих органов.

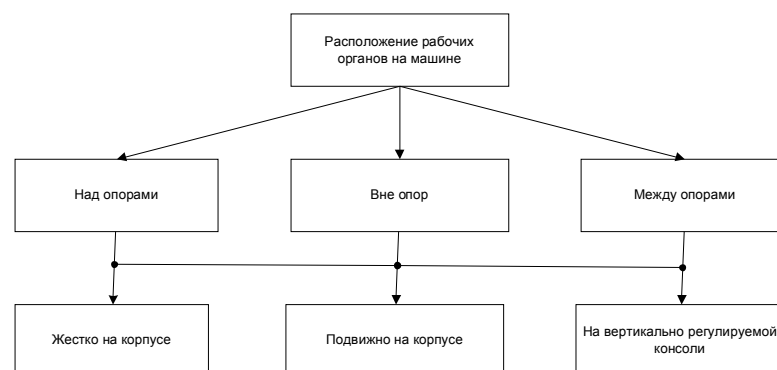


Рис. 6 – Классификационная схема угледобывающих комбайнов по расположению рабочих органов

Рабочие органы, работающие у почвы пласта, могут крепиться жёстко к корпусу угледобывающего комбайна и регулироваться непосредственно вместе с угледобывающим комбайном или подвижно относительно её корпуса на вертикально регулируемом консольном редукторе. В последнем случае рабочий орган имеет большую свободу и диапазон перемещений.

Однако степень влияния опор на положение рабочего органа определяется его расположением относительно опор добычного комбайна.

Здесь можно выделить три возможных схемы расположения рабочего органа:

- 1) непосредственно над опорами на корпусе машины (БК-101, 2К-52, ПУ-5 и др.),
- 2) вне опор жёстко на корпусе (2КЦТГ, БК-4, 2УК, КН-2Б, Кн-3, ІУ-70, КА-70 и др.) и на консоли (ККШ-ЗШ, ПУ-5 1К – 101, КШ – 1КГ, ІГШ –68 и др.),
- 3) между опорами жёстко на корпусе (МК-67, К-2, ВНК-1А и др.) и на консоли (КШ-1КГ, Кш-ЗШ, 1К – 101, К-56М и др.).

При расположении рабочего органа над опорами, обеспечиваются точное воспроизведение профиля почвы пласта, по которой перемещаются указанные опоры. В остальных случаях копирования профиля почвы пласта, находящегося под опорами, не обеспечивается [9]. Это следует учитывать при выборе минимального необходимого диапазона регулирования положения рабочего органа. Рабочие органы, работающие у кровли пласта, могут крепиться на корпусе, как неподвижно относительно него, а также и на вертикально регулируемой консоли редуктора. Здесь при выборе диапазона регулирования положения рабочего органа влияние опор можно не учитывать, так как это влияние мало по сравнению с изменениями мощности пласта, которые и определяют этот диапазон.

Следует также отметить такие конструктивные особенности, которые оказывают косвенное влияние на положение угледобывающих машин в профиле пласта.

На положение опор добычного комбайна, относительно почвы пласта, существенное влияние оказывает качество зачистки машинной дороги. Для зачистки машинной дороги, в добычных комбайнах используются погрузочные органы, а в некоторых случаях эту функцию выполняет рабочий орган (рис. 7).



Рис. 7 – Классификационная схема угледобывающих комбайнов по типам погрузочных органов

Наиболее качественную зачистку осуществляют погрузочные органы активного типа с индивидуальными приводами (комбайны К-2, КЦТГ, К-56М).

В угледобывающих комбайнах со шнековыми, барабанными и буровыми рабочими органами зачистка угля осуществляется самими режущими органами и пассивными погрузочными элементами: лемехами, щитками и течками, направляющими уголь из забоя на конвейер. Причём, пассивные погрузочные элементы могут быть управляемыми и неуправляемыми. Наличие управляемых погрузочных элементов позволяет автоматизировать концевые операции при челноковой работе угледобывающего комбайна и тем самым повысить эффект, получаемый при дальнейшей автоматизации.

По типу механизма подачи можно выделить машины с встроенными и вынесенными механизмами подачи. Применение вынесенных механизмов подачи способствует уменьшению

габаритов добычных комбайнов и как следствие, уменьшению степени влияния опор на положение рабочего органа.

Рассмотрим теперь основные конструктивные особенности забойных конвейеров.

Забойные конвейеры являются неотъемлемым звеном угледобывающих комбайнов I и II групп, как объектов автоматического управления, так как определяют степень влияния поверхности почвы на опоры добычного комбайна. В соответствии с этим забойные конвейеры можно подразделить (рис. 8) на конвейеры, решетки которых располагается непосредственно на почве пласта, на специальных лыжах, имеющих значительные размеры, так и на основаниях секции крепи.

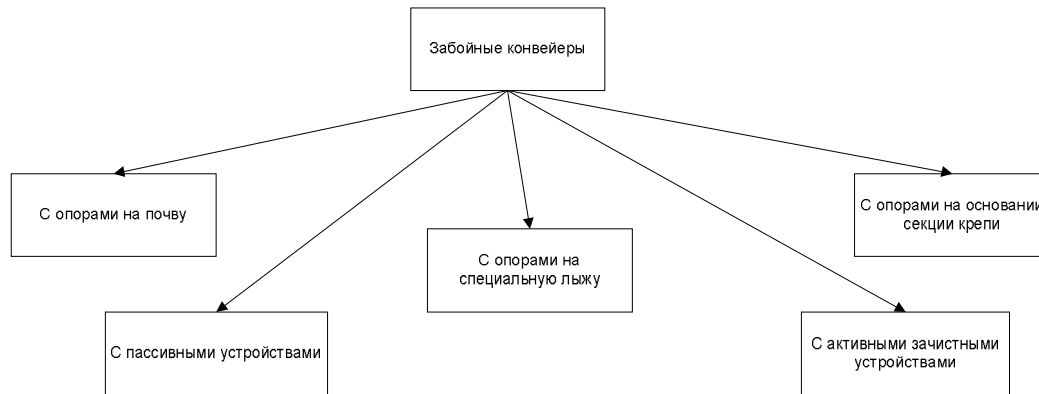


Рис. 8 – Классификационная схема забойных конвейеров

В первом случае степень влияния формы почвы на положение конвейера более значительна и определена, чем во втором. При расположении же на основных секциях крепи положение забойного конвейера определяется положением секции крепи.

Степень влияния формы почвы пласта на положение забойного конвейера определяется размерами его решеток, гибкостью его става в вертикальной и горизонтальной плоскостях, качеством зачистки машинной дороги.

Для зачистки машинной дороги от штыба и угля забойные конвейеры оборудуются зачистными элементами пассивного и активного типов (рис. 8). В отечественной практике получили распространение лишь пассивные зачистные элементы, погрузочные лемеха, это забойные конвейеры – (СП – 64, СП – 68, СПН – 87, СКТ – 64 и др.) которые позволяют добиться удовлетворительной зачистки машинной дороги.

Для более эффективной зачистки забойным конвейером штыба и погрузки угля, за рубежом начали применяться активные зачистные элементы (например, ER – 3 фирмы «Эйкофф»), состоящие из профилированных башмаков, закрепленных с забойной стороны на бесконечной цепи, совершающей возвратно-поступательное движение.

Составным элементом угледобывающего комплекса является гидрофицированная крепь, которая не связана непосредственно с угледобывающим комбайном, но косвенно оказывает влияние на её положение. В зависимости от связи с забойным конвейером, призабойные крепи можно разделить на две группы, определяемые характером и расположением связей между основными элементами конструкции в процессе передвижения всего комплекса (рис. 9). Это агрегатные и комплексные крепи.

Агрегатные крепи характеризуются наличием взаимных связей секций крепи непосредственно друг с другом, через став забойного конвейера или специальную базовую конструкцию.

Комплектные крепи не имеют каких-либо связей между компонентами крепи и конвейером. Такие крепи совершенно не оказывают влияния на положение угледобывающего комбайна (крепь типа МК – 97, «Шварц» и т.д.). Тип связи агрегатной крепи с забойным конвейером определяет степень влияния положения крепи на положение конвейера. Можно выделить три типа такой кинематической связи: шарнирную, балансирную и гибкую. Причём, степень влияния тем больше, чем меньшую свободу забойному конвейеру может обеспечить его кинематическая связь с крепью.

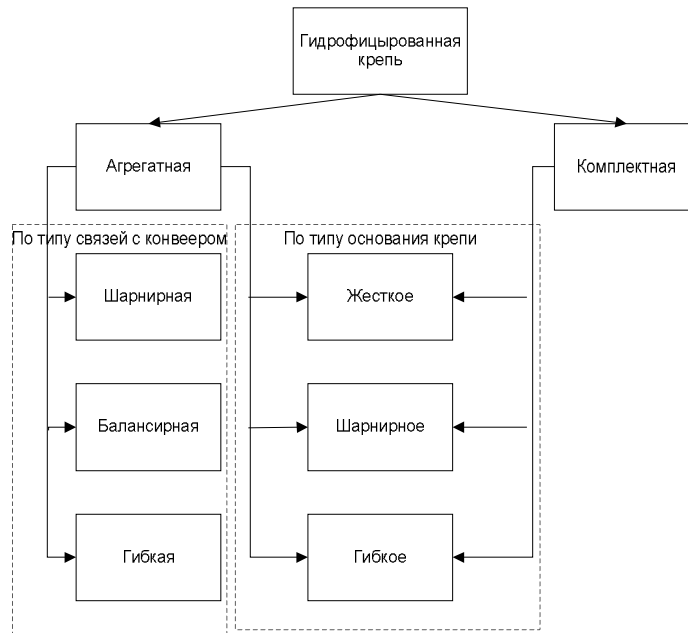


Рис. 9 – Класифікаційна схема гідрофіцированих крєпєй

Шарнирна зв'язь крєпи с забойним конвейером отличається своєю простотою (крєпи типа М – 87ДЭ, М – 10, «Вестфания» и др.). Такая зв'язь обеспечивает лишь две степени свободы конвейеру: небольшие вертикальные перемещения и поворот относительно его продольной оси. Балансирная зв'язь крєпи с забойним конвейером характеризуется наличием от 2-х до 4-х шарниров. Благодаря чему конвейеру обеспечиваются три степени свободы: значительное вертикальные и горизонтальные перемещения и поворот относительно продольной оси. Такая зв'язь получила преимущественное распространение (крєпи типа М – 101, Донбасс, КТУ – 3М, МК – 2, крєпи Англии, Вангайм, и др.).

Гибкая зв'язь крєпи с забойним конвейером обеспечивает, как минимум, четыре степени свободы: значительное вертикальное и горизонтальное перемещения, поворот относительно продольной и поперечной осей конвейера (крєпи типа «Руфшастер – 1С», Даути – 6-ти стоечная, Ферромат различной комплектации и др.). На указанных выше связях следовало бы отдать предпочтение балансирной, позволяющей пренебрегать влиянием крєпи на положение забойного конвейера и обеспечивать прямолинейность передвижения всего комплекса. Степень влияния крєпи на положение забойного конвейера определяется также конструкцией основания её секций, положение которых в свою очередь определяется поверхностью почвы.

По конструкции оснований, можно выделить крєпи, секции которых имеют жёсткое, шарнирное или гибкое основание. Жёсткое основание (крєпи типа М – 100., М – 101, М – 87ДВ, КТУ – 88, Даути, Добсон, «Руфшастер – 1С» и др.) представляют собой сварные рамные конструкции больших габаритов. Такая секция не может следовать за неровностями почвы, из-за чего её влияние на положение забойного конвейера, при наличии шарнирно связи, может быть достаточно сильным. Шарнирное основание (из отечественных крєпєй имеет только «Донбасс», зарубежные крєпи типа Галлик Симан, Хаски, Даути – шестистоечная и др.) состоит из отдельных жёстких частей, связанных между собой шарнирно. Такая секция может лучше следовать за неровностями почвы, благодаря чему её влияние на положение забойного конвейера даже при наличии шарнирной связи будет менее сказываться, чем в предыдущем случае. Гибкое основание (только в зарубежных крєпєях типа Гоуп – Пост, Вестфелий – четырёх стоечная) состоит из отдельных жёстких частей, связанных между собой рессорами. Такая секция наилучшим образом следует за неровностями почвы, а, следовательно, оказывает минимальное влияние на положение забойного конвейера.

В табл. 1 сведены все упомянутые выше классификационные признаки, характеризующие угледобывающие комбайны и комплексы как объекты автоматического управления.

Таблица 1 – Классификационные признаки

п/п	Классификационные признаки	Характер влияния признака на угледобывающую машину			
			Iгр.	IIгр.	IIIгр.
1	Схема работы комбайна	Определяет группу объекта	+	+	+
2	Расположение опор на машинных дорогах	Определяет влияние подготавливаемой и предыдущих машинных дорог на опоры	+	+	+
3	Расположение рабочих органов на комбайне	Определяет степень влияния опор на положение рабочего органа и структуру системы управления	+	+	+
4	Тип опор комбайна на конвейер и почву	Определяет степень влияния формы опорной поверхности на положение опор/эффект опор/	+	+	+
5	Кинематические связи опор и корпуса комбайна	Определяет степень влияния опор на положение корпуса комбайна и его рабочих органов	+	+	+
6	Тип опор забойного конвейера	Определяет степень влияния опорной поверхности /почвы/ на положение опор комбайна	+	+	-
7	Тип рабочего органа	Определяет быстродействие машины при отработке рассогласований в системе управления	+	+	+
8	Способ управления положением рабочего органа	Определяет возможность машины компенсировать влияние возмущающих воздействий на положение рабочего органа и на входы системы управления/ регулятора	+	+	+
9	Количество рабочих органов	Определяет структуру системы управления	+	+	+
10	Тип погрузочного органа комбайна	Определяет качество зачистки машинной дороги и влияет на положение опор комбайна	+	+	+
11	Тип механизма подачи	Определяет габариты комбайна и степень влияния формы опорной поверхности на его положение	+	+	+
12	Тип зачистного устройства конвейера	Определяет качество зачистки машинной дороги и влияет на положение забойного конвейера и опор комбайна	+	+	-
13	Тип крепи	Определяет влияние секций крепи на положение забойного конвейера и опор добычного комбайна	+	+	-
14	Тип связи крепи с забойным конвейером	Определяет степень влияния крепи на положение забойного конвейера	+	+	-
15	Тип основания секции крепи	Определяет степень влияния формы почвы на положение крепи.	+	+	-

На рис. 10 приведена общая классификационная схема возможных конструктивных исполнений угледобывающих машин, анализируемых в последующих разделах.

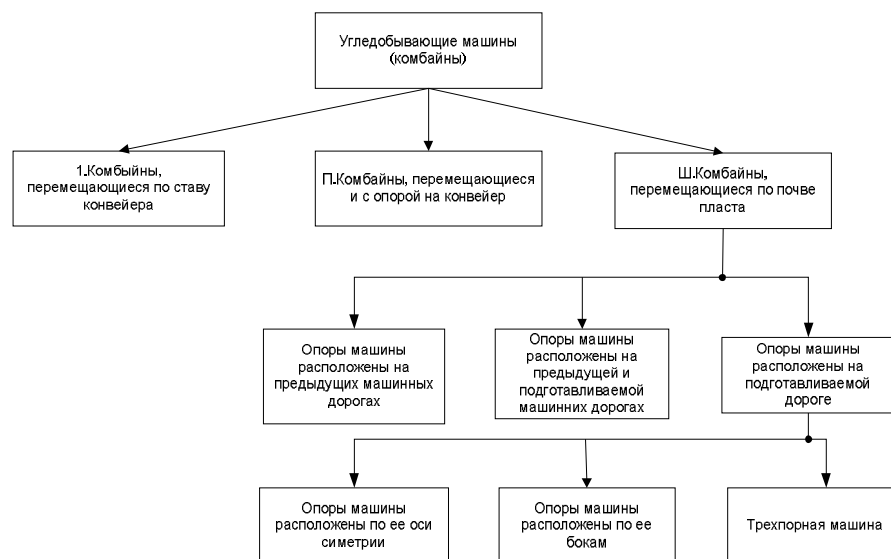


Рис. 10–Общая классификационная схема угледобывающих комбайнов.

Висновки. В даній статті проведено глибокий аналіз всіх аспектів добувної техніки, працюючої в широкому діапазоні як в горно-геологічному аспекті залягання вугільних пластів, так і в різному діапазоні по потужності залягання вугільного пласта.

На основі проведеного аналізу і виходячи з вимог замовника, можна екстраполювати створення найбільш раціональної системи автоматичного управління, добувної технікою в конкретних умовах роботи.

Матеріали даної статті дозволять сформулювати найбільш раціональні вимоги по побудові систем автоматичного управління для широко використовуваної групи вугледобувальних комбайнів.

1. Каганюк О.К. (2015) «Рівняння некерваного руху вугледобувальних машин» Каганюк О.К. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2015, випуск №18, с. 121 – 126
2. Каганюк О.К. (2017) «Аналіз систем автоматичного керування вугільно – добувними комбайнами в складних гірничо – геологічних умовах» Каганюк О.К. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2017, випуск №26, с. 188 – 193
3. Каганюк О.К. (2013) «Використання алгоритмів для дослідження рухомих об'єктів». Каганюк О.К., Шолом П.С. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2013, випуск №12, с. 107 – 110.
4. Сборник основных технических данных запланированного к выпуску в 1972 г серийного оборудования для угольных шахт и обогащительных фабрик. Выпуск 1, МУП СССР, Центрогипрошахт, М., 1971г
5. Горное оборудование, рекомендуемое для применения в угольной промышленности на 1971 – 1975 гг. МУП СССР, ЦНИИЭИНТИ угольной промышленности, М., 1971г
6. Основные эксплуатационно – технические параметры забойного оборудования. МУП СССР, ИПК руководящих работников и специалистов. М., 1971г
7. Каганюк А.К. Исследование и разработка двухконтурной системы автоматического управления в профиле пласта угледобывающими комбайнами, работающими со става конвейера: Дис. На соиск. учен. Степ. канд. техн. наук/ МГИ., М., 1984. – 219с.
8. Електронний ресурс <http://rozrobkinauchni.vsocorp.org/>
9. Картавий і др. Розположення робочих органів угледобувальних комбайнів відносно опор. Горні машини і автоматика, №10 «Недра», М., 1966г

УДК 681.121.89.082.4

Ф.Д. Матіко, доктор технічних наук, доцент

В.І. Роман, кандидат технічних наук

А.І. Дмитришин

Національний університет «Львівська політехніка»

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА В КОМПЛЕКТІ З ПРИСТРОЄМ ПІДГОТОВКИ ПОТОКУ

Матіко Ф.Д., Роман В.І., Дмитришин А.І. Удосконалення математичної моделі ультразвукового витратоміра в комплекті з пристроєм підготовки потоку. В статті на базі комп'ютерних засобів тривимірного моделювання в поєднанні із методами обчислювальної гідродинаміки (CFD-моделювання) удосконалено математичну модель двоканального ультразвукового витратоміра з пристроєм підготовки потоку типу «Zanker» (для двох випадків їх взаємного розташування). Отримані таким чином математичні моделі дозволять в подальшому дослідити вплив спотворення структури потоку на похибку вимірювання витрати двоканальними ультразвуковими витратомірами в комплекті з пристроєм підготовки потоку типу «Zanker».

Ключові слова: ультразвуковий витратомір; пристрій підготовки потоку; математична модель; обчислювальна гідродинаміка.

Матико Ф.Д., Роман В.И., Дмитришин А.И. Усовершенствование математической модели ультразвукового расходомера в комплекте с устройством подготовки потока. В статье, на базе трехмерного компьютерного моделирования в сочетании с методами вычислительной гидродинамики (CFD-моделирование), усовершенствована математическая модель двухканального ультразвукового расходомера с устройством подготовки потока типа «Zanker» (для двух случаев их взаимного расположения). Полученные таким образом математические модели позволят в дальнейшем исследовать влияние искажения структуры потока на погрешность измерения расхода двухканальными ультразвуковыми расходомерами в комплекте с устройством подготовки потока типа «Zanker».

Ключевые слова: ультразвуковой расходомер; устройство подготовки потока; математическая модель; вычислительная гидродинамика.

Matiko FD, Roman V.I., Dmitrishin A.I. Improvement of mathematical model of ultrasonic flowmeter complete with flow conditioner. In the article on the basis of computer means of three-dimensional modeling in combination with methods of computational fluid dynamics (CFD simulations), the mathematical model of a two-channel ultrasonic flowmeter with a Zanker flow conditioner (for two cases of their mutual arrangement) has been improved. The mathematical models thus obtained will allow further investigation of the effect of distortion of the flow structure on the error of measurement of flow through two-channel ultrasonic flowmeters, complete with a Zanker flow conditioner.

Key words: ultrasonic flow meter; flow conditioner; mathematical model; computational fluid dynamics.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Як відомо, серед недоліків ультразвукових витратомірів (УЗВ) основним виділяють високу чутливість до відхилень умов потоку під час експлуатації від умов їх калібрування. За результатами досліджень цих відхилень, що викладені в багатьох наукових працях [1-6], виявлено суттєвий вплив саме спотворень структури потоку (профіль швидкості) на похибку вимірювання витрати УЗВ.

В багатьох наукових працях та основних нормативних документах по ультразвуковій витратометрії [1], запропоновано два способи вирішення цієї проблеми:

1) встановлення перед УЗВ прямолінійної ділянки трубопроводу достатньої довжини;

2) застосування спеціальних струминовипрямлячів, які усувають закручення потоку або пристроїв підготовки потоку (ППП), які дають змогу усувати як закручення потоку, так і зменшити деформацію профілю швидкості перед витратоміром [2, 7, 8].

Перший спосіб може бути застосований за умови, що відомі вимоги до довжин прямолінійних ділянок для конфігурацій ВТ із різними типами місцевих опорів.

Другий спосіб – застосування ППП призводить до значного збільшення втрат тиску. Слід відмітити, що встановлення ППП не знімає повністю питання вибору довжини прямолінійної ділянки вимірювального (ВТ), оскільки для УЗВ із встановленим ППП також необхідно витримати певну мінімальну її довжину [1]. Також в окремих випадках встановлення ППП та зміна їх характеристик під час експлуатації (зокрема із-за засмічення і неточності виготовлення) призводить до збільшення похибки вимірювання [9].

Зважаючи на вище сказане **метою** даної роботи є удосконалення математичної моделі УЗВ в комплекті із ППП конкретного типу (в подальшому буде застосовано абревіатуру УЗВк, де к – комплект із ППП). Наявність математичної моделі в подальшому дозволить визначити мінімально-допустиму відстань між ППП та УЗВ числове значення якої не є чітко прописаним у основному нормативному документу по ультразвуковій витратометрії [1].

Виклад основного матеріалу. Для удосконалення математичної моделі УЗВк в цій роботі застосовано розроблену авторами відповідну методику [10]. Розглянемо її детальніше на прикладі удосконалення математичної моделі конкретного УЗВк:

1. Побудова тривимірного макету та CFD-моделювання

Побудова тривимірного макету відбувається в САПР SolidWorks. CFD-моделювання виконується в CFD-модулі САПР SolidWorks під назвою Flow Simulations.

Використовуючи інструменти SolidWorks відтворюється тривимірний макет (ТВМ) вимірювальної установки: прямолінійна ділянка ВТ на якій встановлено УЗВк та засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) – для вимірювання тиску та температури.

1.1. Відтворення конструктивних характеристик

До основних конструктивних характеристик ТВМ відносять [1]:

- 1) довжина та діаметр ВТ;
- 2) кількість, схема розташування та кут нахилу акустичних каналів (АК) УЗВ (див.рис.1,а); роботу АК імітують лініями згідно [11];
- 3) тип та конструкція ППП (див.рис.2);
- 4) відстані на якій встановлено ЗВТ по відношенню до АК УЗВ (див.рис.1,б);
- 5) відстань між ППП та УЗВ.

Удосконалення математичної моделі УЗВк згідно [10], вимагає знаходження калібрувального коефіцієнта. Даний процес, як і при експериментальному методі, проводиться на потоках із повністю встановленою (ідеалізованою) структурою. Для цієї задачі довжина ТВМ повинна бути достатньою щоб установилась ділянка із стабільною швидкістю потоку по його довжині. В даній роботі довжина ВТ з діаметром $D = 100$ мм вибирається такою, щоб до і після основних компонентів ТВМ знаходилась прямолінійна ділянка ВТ довжиною як мінімум $1... 2D$.

Геометричні характеристики ТВМ наведено на рис.1-2

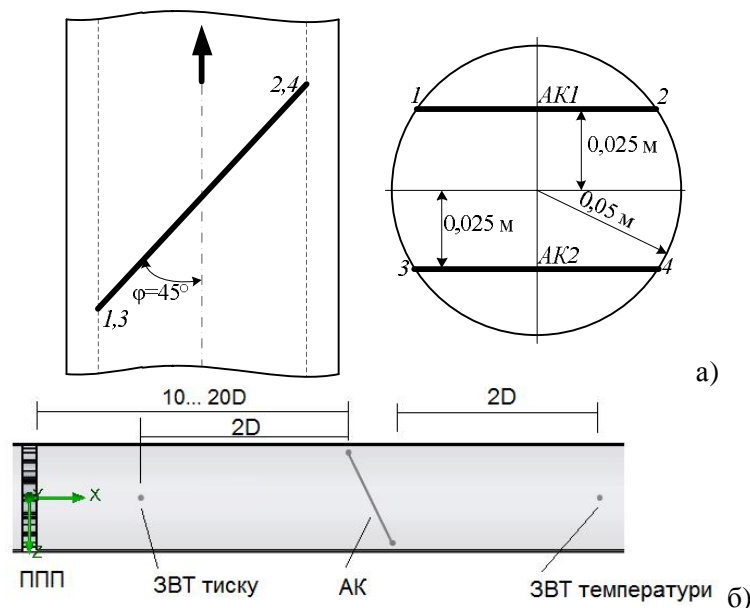


Рис.1. Геометричні характеристики ТВМ: а) схема розташування двоканального хордового УЗВ; б) взаємне розташування ЗВТ, АК УЗВ та ППП

В даній роботі для дослідження вибрано ППП типу «Zanker» [24]. Конструктивні особливості ППП «Zanker» наведено на рис.2, де (а) – 4 отвори діаметром $(0,141 \pm 0,001) * D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,25 \pm 0,002) * D$, (б) 8 отворів діаметром $(0,139 \pm 0,001) * D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,56 \pm 0,005) * D$, (с) 4 отвори діаметром $(0,1365 \pm 0,001) * D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,75 \pm 0,0075) * D$, (д) 8 отворів діаметром $(0,11 \pm 0,001) * D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,85 \pm 0,0085) * D$, (е) 8 отворів діаметром $(0,077 \pm 0,001) * D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,9 \pm 0,009) * D$. Оскільки УЗВк це УЗВ в комплекті із ППП, необхідно визначити мінімальну відстань між ними. В ISO 17089-1 як такої конкретної рекомендації не дано, а тільки вказано відстань між ППП і УЗВ при двонаправленому режимі потоку – і це значення рівне $10D$. Оскільки існують наукові праці [12] де це число вважають недостатнім, в цій роботі досліджено два варіанти ТВМ:

- 1) УЗВк1 – мінімальною відстанню між ППП та УЗВ складає 10D;
- 2) УЗВк2 – мінімальною відстанню між ППП та УЗВ складає 20D.

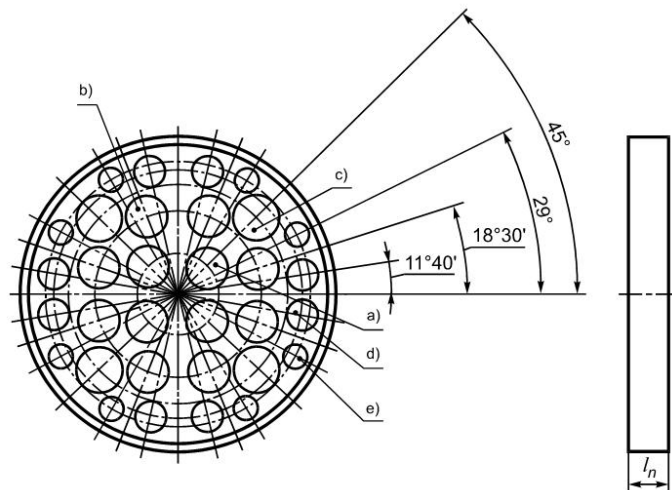


Рис.2. Конструкція дискового ППП типу «Zanker»

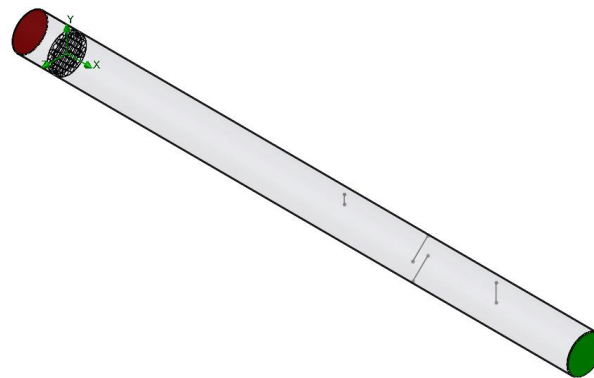


Рис.3. Вигляд ТВМ УЗВк1 в середовищі САПР SolidWorks

Завершальним етапом побудови ТВМ УЗВк є перевірка його герметичності за допомогою інструменту Check Geometry CFD-модуля Flow Simulations. Якщо побудова виконана правильно і ТВМ є герметичним, то можна розпочинати наступний етап.

1.2. Визначення параметрів вимірюваного середовища

Для того щоб виконати CFD-моделювання, розв'язати систему рівнянь Нав'є-Стокса (знайти швидкість потоку в кожній точці ТВМ) числовим методом кінцевих об'ємів, необхідно задати початкові умови. Граничні умови задає сам ТВМ. В даній роботі використано наступні початкові умови – параметри вимірювального середовища (див.табл.1).

Таблиця 1

Параметри вимірювального середовища

№	$q_{m,et}$, кг/с	T_{et} , К	p_{et} , Па	середовище
1	0,3267	293,2	101325	gases, air (повітря)
2	0,1306	293,2	101325	
3	0,0653	293,2	101325	
4	0,0326	293,2	101325	

Параметри вимірювального середовища з індексом *et*, це ті параметри які задаються на вхідних отворах ТВМ (на кришках-заглушках).

1.3. Налаштування CFD-модуля

CFD-модуль Flow Simulations автоматично інтерпретує ТВМ як простір, заповнений вимірювальним середовищем. В залежності від взаємного розміщення ТВМ і середовища (всередині або зовні) в Flow Simulations всі задачі поділяють на два типи: внутрішні (internal) та зовнішні (external). В даній роботі розглянуто внутрішню задачу.

Оскільки вирішується пріоритетна завдання моделювання УЗВк газів, то у якості плинного середовища (fluid type) необхідно задати «газ», а режим руху потоку – ламінарний і турбулентний. Flow Simulations дозволяє задавати умови, які будуть існувати на стінках ТВМ (шорсткість; теплові умови на внутрішній і зовнішній частині стінок).

Також необхідно задати параметри, які впливають на розрахункову сітку (розмір елементарного об'єму) і критерії завершення розрахунку, а отже, і на точність розв'язку задачі. Очевидно, що чим дрібніша розрахункова сітка, тим ближчим є дискретний розв'язок системи рівнянь Нав'є-Стокса до неперервної функції зміни параметрів і тим точніше процес CFD-моделювання відтворить реальний процес. При цьому, дрібніша розрахункова сітка, очевидно, вимагає більших обчислювальних ресурсів комп'ютера. Тому, під час встановлення параметрів, що впливають на розрахункову сітку, необхідно досягти компромісу між бажаною точністю і наявними ресурсами комп'ютера.

В даній роботі обрано наступні параметри налаштування CFD-модуля Flow Simulations:

1) стандартні теплові умови на стінці макету (default wall thermal condition) – адіабатична стінка (adiabatic wall);

2) шорсткість внутрішніх стінок ТВМ (roughness) – 0 мікрон;

3) модель турбулентності – сімейства k-ε;

4) рівень дроблення базової розрахункової сітки (level of initial mesh) – 6;

5) додаткове подрібнення базової сітки в місцях згинів – так.

1.4. Обробка отриманих результатів

Необхідні результати CFD-моделювання завантажуються користувачу з допомогою інструменту XY Plot і зберігаються в файлах формату *xls із наступним (приблизним) наповненням (див.табл.2).

Таблиця 2

Приклад результатів CFD-моделювання

Pressure (Pa)		Temperature (K)		Velocity (m/s)	
Length (m)	p@Line1_1	Length (m)	p@Line1_1	Length (m)	p@Line1_1
0	101372,64	0	293,25	0	0
2,5025E-05	101372,64	2,5025E-05	293,251	2,5025E-05	0,2927
5,00501E-05	101372,64	5,00501E-05	293,25	5,00501E-05	0,5865
7,50751E-05	101372,64	7,50751E-05	293,250	7,50751E-05	0,8803
...

Вміст подібних таблиць можна регулювати і наповнювати 16-ма параметрами потоку в конкретній точці потоку. В табл.2 наведений приклад збору параметрів потоку вздовж ліній імітації АК УЗВк певної довжини (Length (m)) в кожній точці цієї лінії. Кожна лінія яка імітує або АК або ЗВТ незалежно від довжини розбивається на 1000 точок в яких і фіксуються параметри потоку. Отримані масиви переносяться в середовище MATLAB ля подальшої обробки.

2. Знаходження калібрувального коефіцієнта

Оскільки як граничні умови на вході в ТВМ за напрямком потоку задається вхідна масова витрата, то її й будемо приймати за еталон при визначенні калібрувального коефіцієнта.

Розрахунок калібрувального коефіцієнта виконується за формулою виду [1]:

$$k_{cal} = \frac{q_{m.et}}{q_{m.UZB}} \quad (1)$$

де: $q_{m.UZB}$ – масова витрата УЗВк розрахована за формулою виду [1]:

$$q_{m.UZB} = q_{v.UZB} \left(\frac{\rho_c p T_c}{p_c T K} \right) \quad (2)$$

де: $q_{v.UZB}$ – об'ємна витрата УЗВк яка розраховується за рівнянням витрати відповідного УЗВ; p, T – тиск та температура потоку вздовж ЗВТ тиску і температури; p_c, T_c, ρ_c – тиск, температура та густина середовища за стандартних умов.

Оскільки в даній роботі для дослідження обрано двоканальний хордовий УЗВ, розрахунок об'ємної витрати $q_{v.UZB}$ виконується за формулою виду [1]:

$$q_{v.UZB} = \pi R^2 \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \quad (3)$$

де: v_1, v_2 – швидкість потоку усереднена вздовж лінії i -го хордового АК УЗВ, м/с.

3. Знаходження числа Рейнольдса

Для зручного застосування калібрувального коефіцієнта його зв'язують із числом Рейнольдса залежністю $k_{cal} = f(Re)$.

Розрахунок числа Рейнольдса виконується за формулою виду [5]:

$$Re = \frac{4q_{m.et}}{\pi\mu D}, \quad (4)$$

де: μ – динамічна в'язкість середовища, Па*с.

4. Удосконалення математичної моделі

Використовуючи вище наведені формули (1-4) та принципи наведені авторами в [10] отримуємо удосконалену математичну модель УЗВк виду:

$$\begin{cases} Re = \frac{4q_{m.et}}{\pi\mu D}; \\ k_{cal} = f(Re); \\ q_{m.УЗВ} = k_{cal}\pi R^2 \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \left(\frac{\rho_c p T_c}{p_c T K} \right). \end{cases} \quad (5)$$

Зважаючи на вище загадані типи УЗВк (УЗВк1 та УЗВк2) за результатами CFD-моделювання для них отримано масив значень апроксимований відповідними залежностями $k_{cal} = f(Re)$ виду:

$$k_{cal} = 0,5767 \cdot Re^{-0,2599} + 0,9898, \quad (6)$$

$$k_{cal} = 9,834 \cdot 10^{-14} \cdot Re^{2,055} + 1,001. \quad (7)$$

Висновки. Отримані таким чином удосконалені математичні моделі (5), (6) УЗВк1 та (5), (7) УЗВк2 в подальшому будуть застосовані для дослідження впливу спотворень структури потоку на похибку вимірювання витрати двоканальними ультразвуковими витратомірами в комплекті із пристроєм підготовки потоку типу «Zanker». Такі дослідження дозволять оцінити як доцільність застосування пристроїв підготовки потоку для зменшення похибки вимірювання витрати УЗВ в умовах спотворень структури потоку, так і дозволять розробити конкретні рекомендації щодо взаємного розташування компонентів УЗВк зазначеного типу.

1. Measurement of fluid flow in closed conduits – Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement : ISO 17089-1 : 2010. – [First edition 2010-11-15]. – Geneva (Switzerland) : International Organization for Standardization (ISO), 2010. – 100 pages. (International standard).
2. GERG Project on ultrasonic gas flow meters, Phase II : technical monograph TM 11 / edit by P. Lunde, K.-E. Froysa, M. Vestrheim. – Brussels : Groupe Europeen de Recherches Gazieres (GERG), 2000. – 110 pages.
3. Расходомеры и счетчики количества вещества: справочник / П.П. Кремлевский ; [гл. ред. Е. А. Шорников]. – Изд. 5-е. – СПб. : Политехника, 2004. – 412 с.
4. Handbook of fluid flowmetering / edit by C.J. Benard. – Morden : The Trade & Technical Press Limited, 1988. – 422 pages.
5. Industrial flow measurement: Basics and practice / F. Frenzel, H. Grothey, C. Habersetzer (at al.). – Zurich (Switzerland) : ABB Automation Products GmbH, 2011. – 290 pages.
6. Instrument engineers' handbook (4th ed.). Process measurement and analysis (vol. 1) / edit by B.G. Liptak. – Durham (USA) : ISA Press, 2003. – 1828 pages.
7. Fluid flow measurement. A practical guide to accurate flow measurement (3rd ed.) / P.J. Lanasa, E.L. Upp. – Waltham (USA) : Butterworth-Heinemann, 2014. – 296 pages.
8. Installation effects on ultrasonic and electromagnetic flowmeters: a model-based approach / J. Halttunen // Flow Meas. Instrum. – 1990. – Volume 1. – Pages 287–292.
9. Performance testing of ultrasonic flow meters / T. A. Grimley // 15th North Sea Flow Measurement Workshop, 27–31 October 1997 : theses of the report. – Kristiansand (Norway), 1997. – 21 pages.
10. Дослідження похибки ультразвукових витратомірів за умов спотвореної структури потоку на основі CFD-моделювання / С.П. Пістун, Ф.Д. Матіко, В. І. Роман, А. А. Стеценко // Метрологія та прилади. – 2014. – № 4. – С. 13–23.
11. New criteria for the experimental validation of CFD simulations / M. Turkowski, P. Szufliński // Flow Measurement and Instrumentation. – 2013. – Volume 34. – Pages 1–10.
12. B. Delenne, M. Pritchard, F.J. Lezaun, D. Vieth, M. Huppertz, K. Ciok, A. van den Heuvel, G. Mouton, T. Folkestad, G. Marini (2004) Evaluation Of Flow Conditioners – Ultrasonic Meters Combinations, 22nd North Sea Flow Metering Workshop 2004, Paper 3.2.

УДК 621.865.8

Палій Б. М. бакалавр, студент магістратури
НТУУ "КПІ"

УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ПРОМИСЛОВИМ ЗАХВАТОМ

Палій Б. М. Управління пневматичним промисловим захватом. Було розглянуто такі основні питання, як методи розрахунку кінематики маніпуляторів промислових роботів; розв'язання прямої задачі кінематики; розв'язання оберненої задачі кінематики на прикладі розрахунку кінематики маніпулятора промислових роботів.

Ключові слова: маніпулятор, промисловий робот, кінематика, кінематична схема.

Палий Б. Н. Управление пневматическим промышленным захватом. Были рассмотрены следующие основные вопросы, как методы расчета кинематики манипуляторов промышленных роботов; решения прямой задачи кинематики; решения обратной задачи кинематики на примере расчета кинематики манипулятора промышленных роботов.

Ключевые слова: манипулятор, промышленный робот, кинематика, кинематическая схема.

Paliy Bohdan. Industrial suction gripper control. The following main issues were considered: methods for calculating kinematics of industrial robot manipulators; solving the direct problem of kinematics; solving the inverse problem of kinematics on the example of calculating the kinematics of the manipulator of industrial robots.

Key words: manipulator, industrial robot, kinematics, kinematic scheme.

Постановка наукової проблеми. Промислові роботи з пневмоприводом зазвичай мають невелику (до 20–30кг) вантажопідйомність, високу швидкість руху виконавчих ланок (до 10 м/с), і можуть експлуатуватися в тяжких умовах навколишнього середовища. При автоматизації нескладних технологічних процесів застосовують роботи з 1-3 ступенями рухомості, при перепрограмованих технологічних процесах – з 5-6 ступенями рухомості. Областю застосування позиційних пневмороботів є холодне листове штампування, механообробка, лиття під тиском і низка інших виробництв, пов'язаних із завантаженням/розвантаженням різного технологічного устаткування та виконанням елементарних складальних операцій. До недоліків промислових роботів з позиційним пневмоприводом можна віднести необхідність застосування при організації робототехнічних комплексів конструктивно складних і трудомістких у виготовленні пристроїв подачі, які повинні забезпечувати орієнтовану подачу заготовок або напівфабрикатів для їх захоплення роботом.

Маніпулятор – це складний просторовий керований механізм з декількома ступенями рухомості (з погляду теоретичної механіки і теорії механізмів), який утримує тверді і пружні ланки, передачу і привід. Він являє собою єдину динамічну систему. Маніпулятором промислового робота називається технічний пристрій, який призначений для відтворення деяких робочих функцій рук людини. Здатність відтворювати рухи, подібні до рухів рук людини, досягається доданням маніпулятору декількох ступенів рухомості, за рахунок яких здійснюється керований рух з метою одержання заданого руху робочого органу – захоплювача. Системи захвату такого штучного інтелекту – це складні мехатронні системи, використовувані роботами, особливо промисловими, в цілях фіксації різних частин об'єктів, подальшого їх просторового закріплення і перенесення їх від початкової координатної точки до кінцевої, шляхом роботизованої дії або технологічного процесу. Згідно типу стискального зусилля, системи захвату можна класифікувати як системи механічні, вакуумні та магнітні [1].

Аналіз досліджень. Специфіка промислового роботу полягає в тому, що до них ставляться високі вимоги відносно точності і швидкодії при реалізації програмних рухів. Це вимагає використання засобів та методів теоретичної механіки, теорії механізмів, теорії автоматичного керування, теорії пружності і коливаль, теорії приводу.

Для опису кінематики і динаміки промислових роботів використовуються різні методи [2; 3; 5]. Найбільш поширені графічний, векторний і метод матриць. Метод матриць переважає, тому що він більшою мірою орієнтований на застосування ЕОМ. Метод матриць можна використовувати для розрахунку будь-якого маніпулятора з поступальними й обертальними кінематичними парами. Універсальність методу обумовлюється ціною деякої надмірності обчислень. Цей метод

удосконалювався паралельно з розвитком обчислювальної техніки і більше пристосований до розрахунків на ЕОМ, ніж до розрахунків вручну [6].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Розглянемо приклад розрахунку кінематики промислового робота. Отже, за заданою кінематичною схемою маніпулятора і заданим положенням вихідної ланки розрахуємо змінні параметри маніпулятора, тобто вирішимо обернену задачу кінематики з використанням метода матриць. Перевірку виконаємо графічним методом.

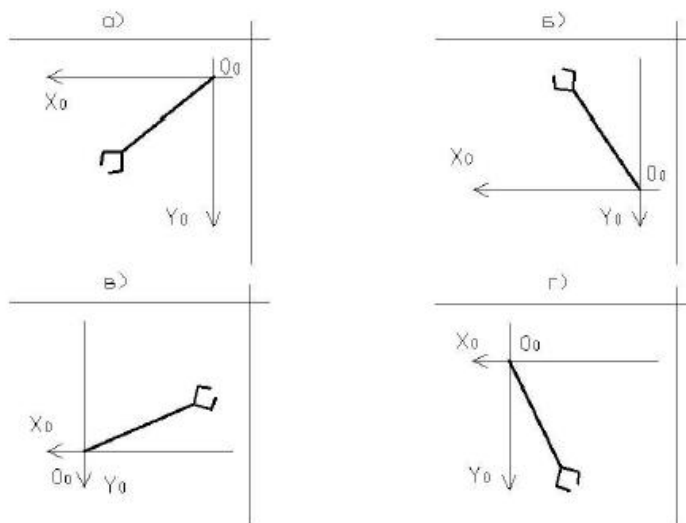


Рис. 1. Вигляд маніпулятора зверху у першій (а), другій (б), третій (в) і четвертій (г) чвертях системи координат

Положення вихідної ланки (захоплювача):

$$X = 250; Y = -140; Z = 180 \quad (1)$$

Кінематична схема маніпулятора має чотири кінематичні пари: три поступального типу та одну обертальну. Кут між осями першої і другої кінематичних пар і третьої та четвертої дорівнює 0 град, між другою і третьою – 90 град. Умовно це можна записати, як $\uparrow O P \uparrow \uparrow$, де: \uparrow – кінематична пара поступального типу; O – кінематична пара обертального типу; P – кут 90 град.

Відповідно до завдання умовна кінематична схема маніпулятора буде мати вигляд, як показано на рис. 2.

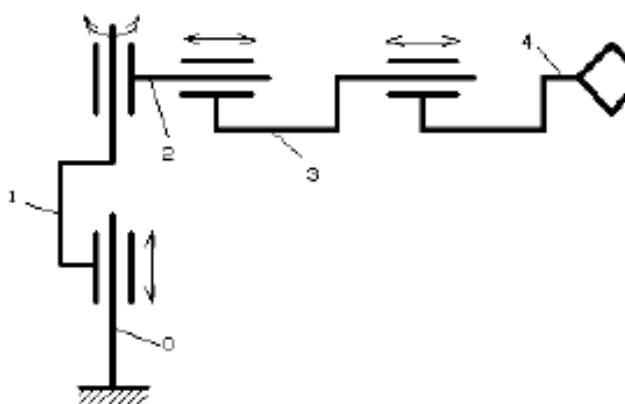


Рис. 2. Умовна кінематична схема маніпулятора

Намалюємо конструктивну кінематичну схему маніпулятора в аксонометрії (рис. 3).

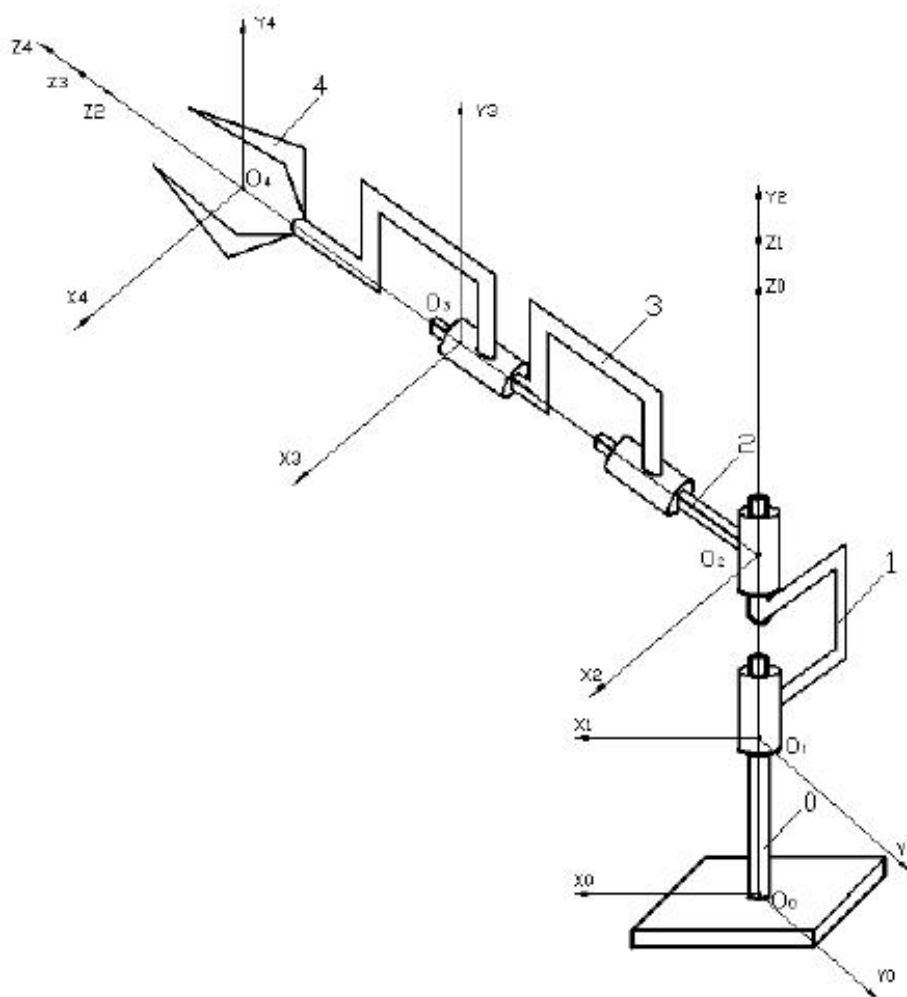


Рис. 3. Конструктивна схема маніпулятора

Пронумеруємо всі ланки маніпулятора від стояка (ланка 0) до захоплювача (ланка 4) і зв'яжемо з кожною із них свою систему декартових координат. Вісь Z_0 вибираємо по осі поступальної пари (0, 1), уздовж якої ланка 1 переміщається відносно ланки 0; вісь Z_1 – по осі обертальної пари (1, 2); вісь Z_2 – по осі поступальної пари (2, 3); вісь Z_3 – по осі поступальної пари (3, 4); вісь Z_4 – по осі віртуальної пари (4, 5) паралельно осі Z_3 (рис. 3). Напрямок осей X, Y, Z і положення початків координат показані на конструктивній схемі (рис. 3). Визначимо параметри маніпулятора, а результати занесемо в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри маніпулятора

№ кінематичної пари	Тип пари	Ланк а і-ї пари	Значення параметрів маніпулятора			
			Θ	S	d	α
1	Поступ альна	0,1	0	S_1	0	0
2	Оберта льна	1,2	Θ_2	S_2	0	$\pi/2$
3	Поступ альна	2,3	2	S_3	0	0
4	Поступ альна	3,4	0	S_4	0	0

Для розв'язання прямої задачі кінематики необхідно скласти матриці A_i . Ці матриці визначимо з розширеної матриці A , що зв'язує системи $i-1$ і та i -ту. У нашому випадку це матриці A_1 , A_2 і A_3 – матриці перенесення, а A_4 – матриця повороту.

Зробимо розрахунок розширених матриць переходу для заданої кінематичної системи маніпулятора згідно з параметрами табл. 1:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & -\sin \Theta_2 \cos \frac{\pi}{2} & \sin \Theta_2 \sin \frac{\pi}{2} & 0 \cdot \cos \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & \cos \Theta_2 \cos \frac{\pi}{2} & -\cos \Theta_2 \sin \frac{\pi}{2} & 0 \cdot \sin \Theta_2 \\ 0 & \sin \frac{\pi}{2} & \cos \frac{\pi}{2} & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Тоді знайдемо T_4 :

$$T_4 = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \quad (6)$$

Розв'язок прямої задачі кінематики зводиться до такого: маючи значення узагальнених координат, визначаються елементи матриці T_4 , що однозначно встановлює положення та орієнтацію захоплювача у системі координат стояка:

$$A_1 A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$A_1 A_2 A_3 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & S_3 \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -S_3 \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$A_1 A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & S_3 \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -S_3 \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & (S_3 + S_4) \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -(S_3 + S_4) \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Координати центра захоплювача (ланка 4) у системі, що зв'язана зі стояком (ланка 0) маніпулятора, можна знайти за формулами [4]:

$$\begin{aligned} x_4^0 &= \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ y_4^0 &= -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ z_4^0 &= S_1 + S_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Розв'яжемо обернену задачу кінематики. Прирівнюючи перші три елементи 4-го стовпця матриці T_4 до заданих величин x_4^0, y_4^0, z_4^0 координат центра захоплювача (250; -140; 180), одержуємо систему трьох рівнянь:

$$\begin{cases} x_4^0 = \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ y_4^0 = -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ z_4^0 = S_1 + S_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 250 = \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ -140 = -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ 180 = S_1 + S_2 \end{cases} \quad (11)$$

Отже, зміна Θ_2 дорівнює $60^\circ 45'$.

Для підтвердження правильності виконаних розрахунків зробимо перевірку розв'язку графічним методом (рис. 4).

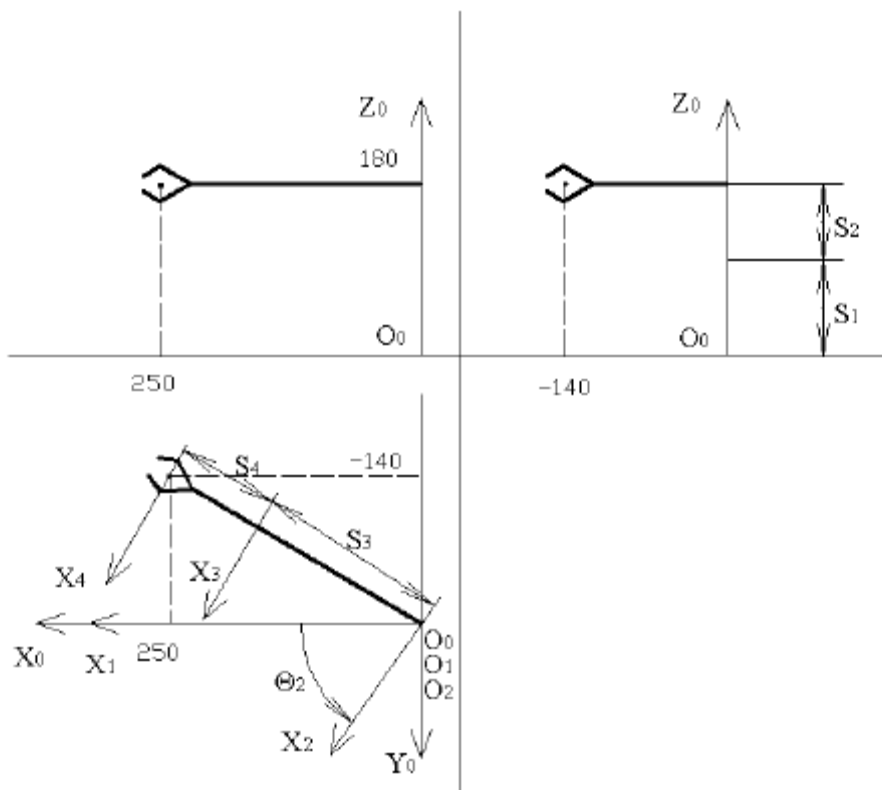


Рис. 4. Перевірка розв'язування графічним методом

Перевірка показує, що значення узагальнених координат S_1 , S_3 , S_4 і Θ_2 на рис. 4 збігається з тими, які знайдені при розрахунку кінематичної схеми маніпулятора методом матриць.

Висновки. Отже, в дослідженні було розглянуто такі основні питання, як методи розрахунку кінематики маніпуляторів промислових роботів; розв'язання прямої задачі кінематики; розв'язання оберненої задачі кінематики на прикладі розрахунку кінематики маніпулятора промислових роботів.

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Транспортно-завантажувальні пристрої : навч. посіб. для студ. бакалавр. напрямку «Інж. механіка» / Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВДТУ, 2000. – 88 с.
2. Механика промышленных роботов. В 3 кн. / Под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Кн. 1. Кинематика и динамика / Е. И. Воробьев, С. А. Попов, Г. И. Шевелева. – М. : Высш. шк., 1988. – 304 с.
3. Харченко А. О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем : учебное пособие / А. О. Харченко – К. : ИД «Профессионал», 2004. – 304 с.
4. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка : навч. посіб. / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Л. І. Цвіркуна. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро : НГУ, 2017. – 224 с.
5. Шахинпур М. Курс робототехники / М. Шахинпур. – М. : Мир, 1990. – 527 с.
6. Шимшарев В. Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник / В. Ю. Шимшарев. – М. : Академия, 2007. – 368 с.

УДК 373.3.016:004:159.955

ББК 74.263.2

Поплавська Г.В., викладач

Луцький педагогічний коледж

ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ НА УРОКАХ ІНФОРМАТИКИ

Поплавська Г.В. Формування критичного мислення молодших школярів на уроках інформатики . У статті проаналізовано основні аспекти формування критичного мислення у дітей молодшого шкільного віку, методи, за яких воно буде успішним.

Ключові слова: критичне мислення, молодший шкільний вік, мислення, адаптація.

Поплавская А. В. Формирование критического мышления младших школьников на уроках информатики. В статье проанализированы основные аспекты формирования критического мышления у детей младшего школьного возраста, методы, при которых оно будет успешным.

Ключевые слова: критическое мышление, младший школьный возраст, мышления, адаптация.

Poplavskaya G.V. Formation of critical thinking of junior pupils at computer science classes. The article analyzes the main aspects of the formation of critical thinking in children of the junior school age, the methods in which it will be successful.

Key words: critical thinking, junior school age, thinking, adaptation.

Постановка наукової проблеми.

Людство постійно розвивається. До того ж, темп змін неспинно пришвидшується. І для людини, і для країни стає дедалі важливішим вміти реагувати на ці зміни, щоб не залишитись осторонь прогресу.

В період глобальної інформатизації та пов'язаних з нею динамічних перетворень суспільства змінюється характер життя людини, надзвичайно підвищується роль інформаційних технологій для інтелектуалізації основних видів людської діяльності. Тому особливо гостро постає проблема інтелектуального розвитку молоді, збереження і накопичення інтелектуально – творчого потенціалу.

Розвиток критичного мислення стає найактуальнішим за часів інтенсивних соціальних змін, коли неможливо діяти без постійного пристосування до нових політичних, економічних та інших обставин.

Ця проблема визначає мету дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій . Технологія розвитку критичного мислення, як освітня інновація, стала предметом досліджень вітчизняних педагогів і методистів порівняно недавно. Це зумовлено тим, що погляди вчених стосовно можливості формування критичного мислення в учнів початкових класів протягом останніх ста років були досить суперечливими. Так, наприкінці XIX – на початку XX століття науковці, здійснюючи аналіз діяльності тогочасної школи, вказували, що навчальний процес у закладах освіти спрямований на некритичне сприймання дітьми істин, безпосереднє запам'ятовування ними навчального матеріалу (П. Блонський, М. Добролюбов, П. Кованько, Л. Толстой та ін.). У цей же період було проведено ряд досліджень із питань психічного розвитку дітей, автори яких відзначали його слабкий розвиток і тим самим заперечували можливість формування критичного мислення в молодших школярів (Ж. Піаже, С.Рубінштейн, В. Штерн та ін.) .

Другу половину XX століття характеризують дослідження, теоретичні та практичні розробки (питання про зони найближчого розвитку Л. Виготського; ідеї розвивального навчання В. Давидова, Д. Ельконіна; проблема розумового виховання, висвітлена в працях В. Сухомлинського, Ш. Амонашвілі; підходи до розвитку пізнавального інтересу й активності учнів, що знайшли відбиток у наробках Г.Люблінської та ін.), які стали фундаментом для подальших пошуків шляхів формування критичного мислення дітей і молоді та дозволили сучасним науковцям (Т. Воропай, Д. Десятов, О. Пометун, Л.Терлецька, С. Терно, О. Тягло та ін.) переконатись, що сенситивним періодом для його розвитку є молодший шкільний вік.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є аналіз особливостей впровадження розвитку критичного мислення у дітей молодшого шкільного віку на уроках інформатики.

Основні результати досліджень. Ідея розвитку критичного мислення зародилась у США, сягає своїм корінням у праці відомих американських психологів ХХ ст. Вільяма Джеймса та Джона Дьюї. Засновник Інституту Критичного мислення Метью Ліпман визначав критичне мислення як кваліфіковане, відповідальне мислення, що виносить правильні судження, тому що засноване на критеріях, виправляє себе (самовдосконалюється) та враховує контекст. [4]

Критичне мислення у широкому розумінні – комплексне поняття, яке поєднує способи розумової діяльності, певні ціннісні установки, моральні якості, відповідні моделі поведінки, які надзвичайно значущі для сучасної людини і суспільства.

Критичне мислення — це система прийомів з певними параметрами і ознаками, які допомагають учням не лише отримати нові знання, а й навчають їх аналізувати нову інформацію, сприяють виробленню вміння вибирати головне, найнеобхідніше; вчать дитину формулювати і ставити запитання, вести дискусію, відстоювати власну точку зору, критично оцінювати інформацію та застосовувати набуті знання на практиці. [3]

Навчання критичному мисленню базується на двох припущеннях:

- Існують певні навички та прийоми мислення, і учнів можна навчити розпізнавати та належним чином їх застосовувати;
- Якщо учням це під силу, тоді вони починають мислити більш ефективно.

Для оволодіння навичками мислення необхідні спеціальні методичні підходи та система підбору завдань, особлива організація зворотнього зв'язку. Адже, знання неможливо «передати» чи «отримати» без активної взаємодії обох учасників навчального процесу - вчителя і учня. Педагог же повинен створити необхідні умови для активізації діяльності учнів на основі ретельно продуманого і зваженого поєднання різноманітних форм, методів та засобів навчання.

Першою, і мабуть, найважливішою ознакою критичного мислення є самостійність. Кожна людина формулює свої ідеї, оцінки, переконання незалежно від когось іншого, ніхто не може мислити критично замість нас. Відповідно, мислення може бути критичним тоді, коли воно має індивідуальний характер. Здобувши свободу, ми повинні розуміти, що найвищим її проявом є відповідальність як у вузькому її розумінні (за слово, вчинок, освіту), так і в широкому (за людину, країну, планету).

У той же час критично мисляча людина не так вже рідко погоджується з чиеюсь точкою зору, адже критичне мислення не обов'язково має бути оригінальним. Для того щоб думати, самостійно розв'язувати складні питання, ми повинні мати достатньо свободи. Щоб ефективно навчати цільного мислення, необхідно навчити відповідальності ефективними способами діяльності.

Наступна ознака критичного мислення - пізнання. Завдяки критичному мисленню традиційний процес пізнання набуває індивідуальності і стає осмисленим, безперервним і продуктивним.

Третя ознака - критичне мислення починається з постановки питань, усвідомлення проблем, які потрібно розв'язати. Людина допитлива за своєю природою. Проте справжній пізнавальний процес характеризується прагненням людини розв'язувати проблеми і відповідати на запитання, що виникають на основі особистих інтересів і потреб.

Четверте - критичне мислення прагне і базується на переконливій аргументації. Критично мислячий учень розуміє, що можливі різні рішення однієї й тієї самої проблеми, знаходить їх, вибирає найкращу і доповнює обґрунтованими доказами, доводячи, обране ним рішення найбільш доцільне у даній ситуації.

Із вище сказаного можна зробити такий висновок, що критичне мислення містить у собі не тільки розвиваюче, пізнавальне, навчальне навантаження, а й виховне.

Необхідно зазначити, що навчальний процес на засадах критичного мислення має бути побудований так, щоб учні:

- висловлювали власні судження, виділяли головне, робили висновки і порівняння, оперуючи доводами і конкретними фактами;
- здійснювали певне дослідження, вивчаючи окрему навчальну тему;
- відокремлювали правдиву інформацію від неправдивої, факти від суджень, звертаючи особливу увагу на аргументованість останніх;

- самостійно ставили питання, формували проблему й альтернативні шляхи її творчого рішення. [3]

Розвиток критичного мислення розвиває набагато більше, ніж просто вміння аналізувати або перевіряти інформацію, через критичне мислення формується певний тип особистості.

Це вимагає здатності, розуміння та вміння розмірковувати над тим, що людина знає, про що думає. Щоб навчитися думати критично, учні мають дійти усвідомлення, що саме вони знають.

Критичне мислення містить у собі важливий виховний аспект, завдяки якому учням прищеплюється відповідальність, почуття колективізму, самостійність.

Перед початком формування критичного мислення у дітей, кожен педагог повинен запитати себе, чи сам володіє ним, звернути увагу на власні стереотипи щодо професійної діяльності.

Зазвичай, навчальний процес передбачає активну участь вчителя і дещо пасивну участь дітей. Це бездумне відтворення інформації, яку подає вчитель на уроці не має бути пріоритетним у навчанні, важливо пересвідчитись у розумінні матеріалу учнями. Більше того, навіть хороше пояснення матеріалу не гарантує розуміння і мислення учнів. [2]

Модель навчання, яка передбачає розвиток критичного мислення, діє зовсім по іншому. Учні постійно запитують про те, чого вони дізнались нового, стимулюють застосовувати нові ідеї, порівнювати їх з тими, що викладені в підручнику. На уроці має переважати дослідницький процес, отримання знань учнями у активній пізнавальній діяльності. [5]

Приділяючи увагу формуванню критичного мислення, учитель розвиває особистість, допомагає учням осмислити, що механічне відтворення чужих ідей не є більш значущим ніж їх власні думки, що успішність у навчанні складатиметься не тільки з уміння запам'ятати та відтворити інформацію, але й з формування ідей, розв'язування проблем, вміння навчатися у співробітництві. [9]

Критичне мислення виникає тоді, коли учні починають вирішувати конкретну проблему. Фокусування на проблемах стимулює природню допитливість учнів і спонукає їх до критичного мислення. Тільки у подоланні конкретної проблеми, відшуковуючи свій власний вихід із скрутною ситуації, учень дійсно мислить. З цього випливає, що при підготовці до занять вчитель повинен чітко визначити коло проблем, які можна поставити перед учнями для розв'язання, а в подальшому, коли учні будуть до цього підготовлені, допомагати їм формулювати проблеми навчання самостійно. Завдяки критичному мисленню навчання з невдячної роботи перетворюється у цілеспрямовану, змістовну діяльність, в ході якої учні виконують реальну інтелектуальну діяльність й приходять до розв'язання реальних життєвих проблем. [8]

Критичне мислення передбачає абсолютно нову модель поведінки вчителя на уроці. Вчитель перестає бути джерелом «правильних» суджень, на таких уроках вчитель повинен приймати думку дітей. Пошук відповідей має відбуватись за допомогою правильно поставлених питань педагогом. [7]

Запитання є одним з інструментів розвитку критичного мислення, стартом для процесу мислення. Вчитель не має вимагати негайної відповіді учня, адже учні різні і швидкість мисленневих процесів різна. Варто дати можливість подумати, сформулювати свою відповідь. Критичне мислення є процесом самостійним і має індивідуальний характер.

Під час уроку вчитель може використовувати такі види запитань [5]:

1. *Запитання на знання.* Це запитання, що вимагають механічного згадування інформації. Наприклад: Як називається глобальна мережа? Які ти знаєш програмні засоби?
2. *Запитання на розуміння,* які ставлять для того, аби розкрити сенс того, що вивчається, виявлення зв'язків між ідеями, фактами, цінностями. Наприклад: Як ви розумієте поняття «мережа»?
3. *Запитання на застосування.* Вони вимагають використання вже відомої учням інформації у нових умовах або ситуаціях. Наприклад: Як ми можемо скористатись знаннями про комп'ютерні технології?
4. *Запитання на аналіз.* Ці запитання передбачають розкладання інформації на складові, виокремлення частин, їх порівняння, побудову моделі об'єкта на основі

існуючих взаємозв'язків (причин і наслідків). Наприклад: Якщо порівняти програми – браузері, то що відмінне можна помітити?

5. *Запитання на синтез*, які пов'язані із творчим розв'язанням проблем на основі оригінального мислення. Наприклад: Щоб змінилось у вашому житті, якби ви не відвідували школи?

6. *Запитання на оцінювання*. Вони ставляться учням для того, щоб вони сформулювали власні судження про добре і погане або про справедливе і несправедливе. Наприклад: Які завдання тобі сподобались найбільше?

Основне призначення критичного мислення полягає у розв'язуванні неординарних практичних проблем: розв'язання задач, формулювання висновків, ймовірнісна оцінка, ухвалення рішень тощо.

Робота над розвитком критичного мислення у початкових класах має свої особливості, адже методи, які використовують у старшій школі, не підійдуть для молодшого школяра, який тільки почав свою навчальну діяльність.

Формування критичного мислення при навчанні інформатики є важливим завданням, адже інформатика має значний потенціал у налагодженні міжпредметних зв'язків та побудові цілісного інформаційного простору знань учнів. А крім того інформатика викликає більшу зацікавленість у переважній більшості учнів на відміну від інших предметів і розвиток критичного мислення засобами одного з них (більш улюбленого) може спонукати до перенесення певних навичок у сприйнятті інших.

Навчальний предмет «Сходінки до інформатики» реалізує освітня галузь «Інформатика». Саме на цих уроках діти знайомляться з новими технологіями, формують уявлення про різні аспекти життя. Саме під час цих уроків учні говорять про те, що є актуальним для їх вікового періоду.

На кожному етапі уроку з розвитку критичного мислення доцільно використовувати певні методи розвитку критичного мислення.

До методів, які підійдуть для цього вікового періоду, належать такі [5]:

- «Мозковий штурм»
- «Кошик» ідей, понять
- «Дерево знань»
- Істинні та хибні висловлювання
- «Перевернені логічні ланцюги»
- «Сюжетні таблиці»
- «Концептуальна таблиця»
- «Бортові журнали» та ін..

Так, на уроці «Сходінки до інформатики» за темою «План дій. Поняття алгоритму. Алгоритми і виконавці» вчитель може запропонувати дітям створити «Кошик понять». Метод цієї вправи є актуалізація опорних знань, мотивувати до пізнавальної діяльності.

Приклад методу [6]:

«Кошик понять»

Хід гри

Для цієї вправи вчитель повинен мати на дошці зображення або ж малюнок кошки, в який умовно збиратимуться усі знання дітей з теми.

Завдання: В повсякденному житті всі ви зустрічались з поняттям «алгоритм». Вам пропонується до поданих нижче клітинок записати ті асоціативні поняття, які у вас виникають, коли ви чуєте це слово.

Під час роботи з текстом на уроках можна використати таку методику, як «Бортові журнали», «Риб'ячий скелет». Метою цих методів є навчити дітей аналізувати тексти, розрізняючи факти й думки, причини й наслідки, робити висновки на основі проведеного аналізу.

Приклади методів [6]:

«Бортові журнали»

Хід гри

*Пропонується текст «Історія виникнення пристроїв для роботи з інформацією».
Прочитавши його заповніть «Бортовий журнал»*

<i>Що мені відомо по даній темі?</i>	<i>Що нового я довідався з тексту?</i>

«Риб'ячий скелет»

Хід гри

Голова риби – проблема, верхні кісточки риби – факти, нижні – причини, хвіст риби – висновки до тексту.

Крім застосування критичного мислення при розгляді окремих тем курсу інформатики вміння критично мислити незамінне при вивченні комп'ютерних технологій шляхом застосування методу проектів. Поширеність проектного підходу пояснюється можливістю в рамках даної діяльності імітувати процеси з реального життя і є потужним педагогічним засобом, основою якого є індивідуально-творчий розвиток кожної особистості, залучення до цього процесу самої дитини. Так, наприклад, випуск інформаційної листівки «Комп'ютер та інші пристрої для роботи з інформацією» при вивченні (2 клас), чи створення презентації «Пізнаємо таємниці комп'ютера» засобами PowerPoint (4 клас) не тільки активізує пізнавальну діяльність молодших школярів, а і дає можливість пересвідчитись у необхідності своєї роботи. Зловживання різними методами на уроці також не буде позитивним, може призвести до перенавантаження дітей. Варто підбирати методи відповідні до теми уроку, а також зважаючи на навантаження школярів з інших предметів. Застосування прийомів розвитку критичного мислення на уроках інформатики призводить до помітного зростання якості навчання школярів за рахунок усвідомленості і самостійності мислення, що помітно позначається на глибині мислення. Розвиток якостей критичного мислення дозволяє підвищити якість знань, тобто рівень засвоєння теоретичного матеріалу, його осмислення і розуміння, а також уміння розв'язувати завдання в змінній формі. [6]

Висновки та перспективи подальших досліджень. З усього вищесказаного можна зробити висновок, що для того, щоб керуватись принципами критичного мислення, вчитель повинен бути гнучким, вміти приймати самостійні рішення, оперативно поновлювати навчальний матеріал, вільно володіти сучасними інформаційними технологіями, і нарешті, критично мислити. Тільки за цих умов вчителям вдасться наблизити навчальний процес до реального життя.

Розвиток критичного мислення є потребою сучасного суспільства, який повинен починатись ще у початкових класах. Лише таким чином ми можемо розвиватись відповідно до вимог світового інформаційного процесу.

1. Девід Клустер Что такое критическое мышление? // Перемена, 2002, с.36-40.
2. Навчаємо критично мислити: посібник для вчителів / автори - укладачі: О. І. Пометун, І. М. Сущенко. – Дніпропетровськ: Ліра, 2016. – 144 с.
3. Особливості формування критичного мислення в учнів на уроках інформатики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://knowledge.allbest.ru>. – Назва з екрана.
4. Основи критичного мислення: методичний посібник для вчителів / автори - укладачі: О. І. Пометун, І. М. Сущенко. – Дніпропетровськ: Ліра, 2016. – 156 с.
5. Путівник з розвитку критичного мислення в учнів початкової школи: методичний посібник для вчителів / автори - укладачі: О. І. Пометун, І. М. Сущенко. – Київ, 2017. – 96 с.
6. Розвиток критичного мислення в учнів на уроках інформатики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.slideshare.net>. – Назва з екрана.
7. Терно С. О. Теорія розвитку критичного мислення (на прикладі навчання історії): посібник для вчителя / С. О. Терно. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2011. – 105 с.
8. Формування критичного мислення при навчанні інформатики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ii.npu.edu.ua>. – Назва з екрана.
9. Халперн Д. Психология критического мышления. – СПб: издательство "Питер", 2000.- 512с.
- 10.

Рецензенти: Марчук Сергій Степанович, кандидат педагогічних наук, завідувач кафедри психолого-педагогічних дисциплін Луцького педагогічного коледжу;

Муляр Вадим Петрович, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірвальних технологій Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

УДК 629.4.014

Тазетдінов Валерій Абударович, к.т.н, доцент кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії

Черкаського державного технологічного університету

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ІНВЕНТАРЯ ДЛЯ НАСТІЛЬНОГО ТЕНІСУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ

Тазетдінов В. А. Автоматизація процесу підбору інвентарю для настільного тенісу з використанням нейромережевих систем. У статті автори проводять детальний аналіз необхідності підбору інвентарю для настільного тенісу із залученням автоматизованих пошукових систем. Проводиться ґрунтовний аналіз сучасних наукових праць в обраному напрямі дослідження. Досліджується актуальність використання штучних нейронних мереж при виборі спортивного інвентарю, оскільки це дає можливість брати до уваги різноманітні характеристики накладок та основ, враховувати ігровий стиль гравця, що є не менш важливим для успішних результатів гри. Розвиток нової ери обчислювальних можливостей з використанням ЕОМ надає значні переваги у різноманітних галузях науки, техніки. Здійснюється характеристика сучасних пошукових систем, більшість з яких зосереджена на певне коло користувачів, так як використовують індексовані файли, HTML-сторінки, та ін., що не завжди зручно на практиці. Встановлюється необхідність у ґрунтовному аналізі та систематизації матеріалу стосовно вдосконалення системи підбору інвентарю для настільного тенісу. Досліджується питання побудови штучних нейромережевих систем за критеріями відповідності із використанням алгоритму зворотного поширення (Back-Propagation Algorithm), проводиться опис математичної моделі задачі. Розглядається алгоритм роботи нейронної мережі та процес проведення оцінки вихідних даних, де компонентами дослідження є характеристики вхідних елементів. Розглядаються основні етапи побудови штучних нейронних мереж та шляхи реалізації пошукових web-систем на практиці, які за своєю структурою мають багато спільного із нервовою системою людського організму, яка складається із нейронів, які можна розглядати як єдину систему, але в той же час нейрони зв'язані між собою певними зв'язками та мають властивості до зберігання, кодування, обробки та передачі інформації. Проілюстровано математичну модель нейрона у вигляді рисунку. Окреслюються перспективи подальшого розвитку теорії нейронних мереж, який нерозривно пов'язаний із залученням модульної архітектури, буде здійснюватися перехід до автоматизації процесу побудови мережі, ієрархію якої визначає користувач або задані алгоритми.

Ключові слова: настільний теніс, нейронна мережа, критерії відповідності, алгоритм, параметри пошуку.

Тазетдінов В. А. Автоматизация процесса подбора инвентаря для настольного тенниса с использованием нейросетевых систем. В статье авторы проводят детальный анализ необходимости подбора инвентаря для настольного тенниса с привлечением автоматизированных поисковых систем. Проводится тщательный анализ современных научных работ в выбранном направлении исследования. Исследуется актуальность использования искусственных нейронных сетей при выборе спортивного инвентаря, поскольку это дает возможность учитывать различные характеристики накладок и оснований, учитывать игровой стиль игрока, не менее важным для успешных результатов игры. Развитие новой эры вычислительных возможностей с использованием ЭВМ предоставляет значительные преимущества в различных областях науки, техники. Осуществляется характеристика современных поисковых систем, большинство из которых сосредоточено на определенный круг пользователей, так как используют индексированные файлы, HTML-страницы, и др ..., что не всегда удобно на практике. Устанавливается необходимость в основательном анализе и систематизации материала по совершенствованию системы подбора инвентаря для настольного тенниса. Исследуется вопрос построения искусственных нейросетевых систем по критериям соответствия с использованием алгоритма обратного распространения (Back-Propagation Algorithm), проводится описание математической модели задачи. Рассматривается алгоритм работы нейронной сети и процесс проведения оценки исходных данных, где компонентами исследования являются характеристики входных элементов. Рассматриваются основные этапы построения искусственных нейронных сетей и пути реализации поисковых web-систем на практике, которые по своей структуре имеют много общего с нервной системой человеческого организма, которая состоит из нейронов, которые можно рассматривать как единую систему, но в то же время нейроны тесно связаны между собой определенными связями и имеют свойства к хранению, кодирования, обработки и передачи информации. Проиллюстрировано математической модели нейрона в виде рисунка. Определяются перспективы дальнейшего развития теории нейронных сетей, который неразрывно связан с привлечением модульной архитектуры, будет осуществляться переход к автоматизации процесса построения сети, иерархию которой определяет пользователь или заданные алгоритмы.

Ключевые слова: настольный теннис, нейронная сеть, критерии соответствия, алгоритм, параметры поиска

Tazetdinov V. A. Automation of the process of selection of equipment for table tennis using neural network systems

In the article, the authors conduct a detailed analysis of the need to select equipment for table tennis with the involvement of automated search engines. A thorough analysis of modern scientific work in the chosen direction of research is carried out. The importance of using artificial neural networks in the selection of sports equipment is explored, as it enables to take into account the various characteristics of overlays and foundations, to take into account the player's playing style, which is no less important for successful game results. The development of a new era of computing capabilities with the use of computers provides significant benefits in a variety of fields of science and technology. The characteristics of modern search engines are implemented, most of which are focused on a certain circle of users, since they use indexed files, HTML pages, etc., which is not always practical in practice. The necessity of thorough analysis and systematization of material in relation to improvement of the system of selection of inventory for table tennis is established. The research of the construction of artificial neural network systems according to the criteria of correspondence using the back-propagation algorithm, describes the mathematical model of the problem. The algorithm of the neural network operation and the process of evaluation of the initial data are considered, where the components of the study are the

characteristics of the input elements. The main stages of construction of artificial neural networks and ways of realization of search web-systems in practice, which in their structure have much in common with the nervous system of the human body, which consists of neurons that can be considered as a single system, but at the same time neurons' interconnected with certain bonds and have properties for storing, encoding, processing and transmitting information. The mathematical model of the neuron in the form of a picture is illustrated. The prospects for the further development of the theory of neural networks, which is inextricably linked with the involvement of modular architecture, outlines the transition to automating the process of building a network whose hierarchy is determined by the user or given algorithms.

Keywords: table tennis, neural network, matching criteria, algorithm, search parameters.

Вступ. Стрімкий розвиток інноваційних технологій та їх використання в повсякденному житті є невід'ємною частиною сучасного суспільства. Людство активно здійснює перехід до автоматизації широкого спектру своєї діяльності, розвиток науки, якісної медицини, результативної освіти, прибуткової торгівлі тощо тяжко уявити без використання комп'ютерної техніки та програмного забезпечення. В свою чергу бурхливий розвиток суспільства збільшує інтерес до фізичної культури та спорту вцілому, що призводить до масової активності населення та популяризації спортивних ігор.

До таких ігор варто віднести теніс, футбол, баскетбол, волейбол. Зосередимо свою увагу на настільному тенісі, даний вид спорту охоплює різні вікові категорії, є відмінним засобом для активного відпочинку, всебічного зміцнення організму та підтримки організму в тонусі. Гра в настільний теніс є доступною для пересічного жителя, оскільки можливо підібрати інвентар, обладнання за доступною ціною, не складає проблеми встановлення столу в зручному для кожного місці, правила гри легкі для запам'ятовування, разом з цим настільний теніс є досить складною грою з точки зору техніки виконання. В гравців, під час гри, характерна велика швидкість рухів рукою, траєкторії руху м'яча, відбувається активність розумової діяльності, оскільки необхідно швидко реагувати та прогнозувати ігрові ситуації.

Для результативної гри, одну з найголовніших ролей відіграє вдало підібраний інвентар. На сьогодні ринок пропонує велике різноманіття спортивних товарів, але з поміж великого асортименту досить не просто успішно поєднати накладки та основи, де кожна з них має свої властивості, крім цього на вдалий підбір інвентарю впливає стиль гри гравця. У зв'язку з цим, виникає необхідність до автоматизації процесу пошуку із використанням необхідних в кожному окремому випадку критеріїв відповідності [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Грі в теніс присвячена значна кількість наукових доробків як вітчизняних так і іноземних науковців, зокрема вдосконалення гри в теніс, техніка ведення гри широко розкривається в роботах Ю. П. Байгулова, Р. В. Барчукова, А. Н. Мізіна, В. В. Фугача, Ф. Люггер Джорджа та ін..

Подія стосовно внесення настільного тенісу до складу програми Олімпійських ігор у 2001 році спровокувала стрімкий розвиток конкуренції на спортивній арені. Настільний теніс можна охарактеризувати як аналітичний вид спорту з різнобічною технікою ведення гри та багатьма тактичними підходами, сучасний гравець тенісу повинен володіти підготовкою на високому рівні як загально-фізичного напрямку так і психологічного, що є не менш важливим.

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 J. D.Cowan, С. Koch, G.C. Fox, J.G.Koller та ін. Аналізуючи наукові розробки, бачимо, що вкрай непростою та актуальною задачею є правильний вибір накладок та основ, оскільки кожна з них має власні особливості та переваги залежно від техніки гри гравця [6,7].

Стає очевидним, що використання штучних нейронних мереж при виборі спортивного інвентарю, дає змогу враховувати фізичні, геометричні властивості, застосувати необхідні умови та обмеження. Переваги використання нейромережевого підходу дають змогу гнучкіше та раціональніше отримати шукані результати з точки зору ефективності використання обчислювальних можливостей ЕОМ. Виникає потреба у ґрунтовному аналізі та систематизації матеріалу стосовно вдосконалення системи підбору інвентарю для настільного тенісу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити теоретико-практичні основи та зробити ґрунтовний аналіз основних етапів створення штучних нейромережевих пошукових систем за критеріями відповідності для автоматизації процесу підбору інвентарю для гри в настільний теніс.

Виклад основного матеріалу дослідження. У світі є велике різноманіття пошукових систем, значна кількість з яких зорієнтовані на вузьке коло користувачів, оскільки вони зосереджені на

використання певних індексованих файлів, HTML-сторінок, тощо. Для того щоб здійснити перетворення таких пошукових систем для індексації в певні посилання на файли потребує затрат в часі та фінансів для отримання ліцензії та використання в практичних цілях [4].

Розвиток концепції для створення пошукової системи за критеріями відповідності призводить до автоматизації орієнтованих web-систем. Для проведення оцінки відповідності елементів за критеріями відповідності необхідно алгоритм розпізнавання сформулювати у вигляді вектора, компонентами якого будуть характеристики елементів

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Заданий вектор відображає певний образ

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n), \quad (2)$$

який повинен містити в собі набір вимог моделі на кожному етапі обчислень, а також загальний показник відповідності $\lambda \in [0,1]$. Вектор характеристик містить в собі повний спектр даних на всіх рівнях обчислень, більшість з цих показників представляє інформацію стосовно детального аналізу та якості досліджуваних параметрів.

Розглянемо механізм створення штучних нейронних мереж, які за своєю структурою мають високу схожість із нервовою системою людського організму, яка складається із нейронів, що зв'язані між собою певними зв'язками та мають властивості до зберігання, кодування, обробки та передачі інформації. Математична модель нейрона має наступний вигляд [3]:

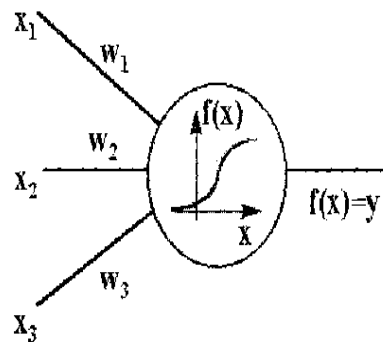


Рис. 1

Проаналізуємо структуру нейронної мережі. На початку відбувається подача певного набору сигналів та вказують набір значень, який необхідно отримати на виході, вхідні сигнали підлаштовуються до налаштувань мережі для того щоб отримати такі вихідні дані, які будуть задовольняти початкову умову. Причому відклик мережі після роботи за певним алгоритмом буде стійким тобто не призведе до зміни вхідних даних. З математичної точки зору концепцію побудови та спосіб проведення оцінки вихідних даних можна записати у вигляді вектора, компонентами якого будуть характеристики вхідних елементів, що включатиме всі дані отримані на всіх етапах вибору за певними критеріями. Для того щоб провести оцінку числа нейронів у двошаровій мережі необхідно скористатися формулою, де η_w – число синаптичних ваг, η_x, η_y – розмірність вхідного та вихідного сигналу

$$\eta = \frac{\eta_w}{\eta_x + \eta_y} \quad (3)$$

Після того як відбудеться процес формування вагових показників (3) для вказаних в умові нейронів (2) на кожному шарі мережі (1), можна стверджувати що завершився кінцевий етап побудови мережі та можливе її подальше використання для пошуку за необхідними, в кожному конкретному випадку, критеріями відповідності [3,5].

В рамках сформованої мети нашої статті проілюструємо приклад підбору інвентарю для гри в настільний теніс на основі використання алгоритму зворотного поширення (Back-Propagation Algorithm). Для пошуку даних параметрів на основі такого алгоритму використовується математична модель, що дає змогу полегшити процес відбору необхідних даних. Принцип роботи полягає в наступному, чим більше необхідний параметр пошуку буде відповідати введеному критерію пошуку,

тим вище він буде розташований у наведеному пошуковому результаті. Використання методу полягає у розповсюдженні помилкових сигналів від тих що зосереджені на виході, у такому напрямку, який є оберненим (зворотним) до розповсюдження сигналів при стандартному режимі роботи [7].

Розвиток комп'ютерного моделювання неможливо уявити без використання штучних нейронних мереж. До найбільших переваг нейронних мереж слід віднести гнучку структуру, що залежить від середовища існування. Вивчаючи сучасні розробки в галузі ІТ, бачимо що існує велика кількість алгоритмів, які розроблені під конкретні критерії, вимоги.

Вибір інвентарю для гри в теніс, можна здійснити за двома основними критеріями – накладки та основи. Накладки можна охарактеризувати за такими показниками: швидкість обертання та контроль, жорсткість та товщина губки. Вибираючи основу необхідно звернути увагу та такі показники: твердість, жорсткість, швидкість, контроль, вага, розмір лопасті основи, товщина. Разом з цим, при підборі інвентарю, варто взяти до уваги ігрові стилі гравця: атакуючий, універсальний, захисний. Як показує практика більшість спортсменів не спроможні вдало сформулювати вимоги, що відповідали б конкретно до їхньої за всіма вказаними вище параметрами.

На практиці спортсмен може дати оцінку інвентарю вже після практичного його використання на основі власних відчуттів та ігрового досвіду. Враховуючи такий підхід виникає необхідність до автоматизації процесу вибору спортивного інвентарю із використанням нейромережевої пошукової системи, що буде містити дані стосовно основних параметрів накладок та основ, крім цього гравець вказує інформацію стосовно стилю гри, що передбачається. Використання однорідної багат шарової мережі прямого поширення без зворотних зв'язків дає змогу отримати рекомендовані варіанти сполучень (основи і накладки). Дана пошукова система дає змогу вибрати накладки під задану основу та навпаки, система здійснить відповідний підбір. Робота такої web-орієнтованої системи можлива лише онлайн, вона накопичує інформацію, відгуки стосовно вдалого підбору для гравців, тобто є своєрідною пошуковою платформою для отримання інформації про вже існуючі результати підбору та реалізацію поєднання накладок та основ на практиці [3].

Підсумовуючи вище сказане, відмітимо, що алгоритм пошуку, підбору за певними критеріями, на прикладі інвентарю для гри в теніс, та процес обробки отриманих вихідних даних в середовищі великого різноманіття інформації займає центральне місце у сучасному соціумі. Це можна пояснити тим, що відомі раніше пошукові методи в мережі інтернет стають менш дієвими, через стрімке зростання кількості інформаційних платформ, які не завжди відповідають реальним показникам. Процес автоматизації пошукових систем дозволяє швидше та ефективніше здійснювати пошукові запити за певними критеріями відповідності та враховувати сучасні зміни в інформаційному суспільстві. В результаті проведених досліджень існуючих пошукових систем, стає зрозумілим, те що викликає науковий інтерес розробка та використання ефективних пошукових систем, які будуть орієнтовані на необхідні запити користувачів у певному колі професійного середовища.

Висновки. В статті проведено дослідження стосовно підбору інвентарю для настільного тенісу на основі використання нейронних пошукових систем. Наведено у вигляді рисунку спрощену математичну модель нейрона. Встановлено, що створення програмного забезпечення у вигляді web-орієнтованих пошукових систем за критеріями відповідності шалено набирає популярність у зв'язку із значною кількістю переваг, які були розглянуті.

1. Беляев Ю. А. Нейронна мережа, як основа інтелектуальної системи / Ю. А. Беляев, А. П. Долгов // Штучний інтелект. – 2017. – № 2. – С. 25-31.
2. Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей / А. Н. Горбань. – Москва : СП «ПараГраф», 2010. – 160 с.
3. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – Москва : Горячая линия. Телеком, 2016. – 382 с.
4. Медведев В.С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В.С.Медведев, В.Г.Потемкин / Под общ. ред. В.Г. Потемки- на. – М.: Диалог–МИФИ, 2002. – 496 с.
5. Rumelhart D. E. Learning representations by back-propagating errors / D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, R. J. Williams. // Nature (London). – 2016. – № 323. – 590 p.
6. Fox G. C. Code generation by a generalized neural networks: general principles and elementary examples / G. C. Fox, J. G. Koller // J. Parallel Distributed Comput. 2015. – V. 6. – № 2. – 660 p.
7. Shepherd G. M. Introduction to synaptic circuits / G. M. Shepherd, C. Koch // The Synaptic Organization of the Brain . – New York: Oxford University Press, 2017. – 241 p.

УДК 004.051

Булатецький В.В., Булатецька Л.В., Пруц Г. С.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИВІЛЬНЕННЯ ПРОСТОРУ СИСТЕМНОГО РОЗДІЛУ ОС MICROSOFT WINDOWS 10

В.В.Булатецький, Л.В.Булатецька, Г.С. Пруц. Методи та засоби вивільнення простору системного розділу ОС Microsoft Windows 10. Проаналізовано наявність надмірної інформації, на системному розділі ОС Microsoft Windows 10 та запропоновано рекомендації й інструменти, за допомогою яких можна очистити системний розділ, звільнивши при цьому від кількох гігабайт до кількох десятків гігабайт в залежності від ступеня оновлення, часу експлуатації, «тонкого» налагодження системи та встановленого в системі програмного забезпечення.

Ключові слова: операційна система, системний розділ, оновлення, оптимізація, надмірні дані, очистка

В.В.Булатецкий, Л.В.Булатецкая, Г.С.Пруц. Методы и средства освобождения пространства системного раздела ОС Microsoft Windows 10. Проанализировано наличие избыточной информации на системном разделе ОС Microsoft Windows 10 и предложены рекомендации и инструменты, с помощью которых можно очистить системный раздел, освободив при этом от нескольких гигабайт до нескольких десятков гигабайт в зависимости от степени обновления, времени эксплуатации, «тонкой» настройки системы и установленного в системе программного обеспечения.

Ключевые слова: операционная система, системный раздел, обновление, оптимизация, чрезмерные данные, очистка

V.V.Bulatetsky, L.V.Bulatetska, G.S.Pruz. Methods and tools for clearing the space of the system partition of Microsoft Windows 10. The presence of redundant information on the system partition of Ms Windows 10 is analyzed and propose recommendations and tools are offered with which you can clean the system partition, thus freeing up from several gigabytes to several tens of gigabytes depending on the degree of update, operating time, tweaking system and the software installed in the system.

Key words: operating system, system partition, update, optimization, redundant, cleaning

Постановка проблеми та аналіз досліджень

З метою вдосконалення операційних систем сімейства Windows: виправлення помилок, підвищення рівня безпеки, розширення функціоналу, тощо – передбачено механізм періодичного оновлення таких операційних систем з серверів розробника (Windows Update). Такі оновлення представлені у вигляді окремих пакетів програмного забезпечення та наборів оновлених компонентів операційної системи, які в більшості випадків заміщують більш старші та менш досконалі версії. Проте попередні версії за замовчуванням одразу не видаляються, а зберігаються на системному розділі для можливості їх повернення в роботу у випадку незадовільної роботи встановлених оновлень. В процесі оновлення можуть створюватись точки відновлення у вигляді масивних файлів та їх наборів, які теж, за замовчуванням, зберігаються у системному розділі. Окрім цього, періодичному оновленню піддаються пакети передвстановлених програмних засобів із Microsoft Store, попередні версії яких теж деякий, іноді тривалий, час залишаються у системі. В процесі експлуатації вміст папок для тимчасових файлів теж збільшується, заповнюючи вільний простір системного розділу. Встановлене програмне забезпечення часто, для можливості його коректного видалення, зберігає файли установки, займаючи вагоме місце. З часом в системі можуть відбуватись різноманітні збої, некоректна робота програм, кешування даних, дублювання файлів та автоматичне створення різноманітних резервних копій та файлів журналювання, що призводить до утворення нових файлів без їх подальшого автоматичного видалення. Таким чином, з плином часу, вільний простір на системному розділі поступово зменшується, і в деяких ситуаціях це може призвести до суттєвих проблем у роботі, і навіть до неможливості подальшої нормальної експлуатації системи.

Метою роботи є дослідження та аналіз методів і програмних засобів для очищення і оптимізації системного розділу ОС Microsoft Windows 10.

Основний матеріал дослідження

Більшість надмірних файлових даних, які зберігаються на системному розділі, можуть в подальшому бути використані для забезпечення стійкості та підвищення рівня безпеки певної абстрактної системи, яка використовує весь наявний функціонал. Проте на практиці, коли користувач обмежений у ресурсах і не потребує усього запропонованого функціоналу, такий об'єм

незатребуваних файлових даних йому не потрібен, а вивільнене від них місце, він може використати з іншою метою. Звичайно, об'єм сучасних жорстких дисків дозволяє суттєво збільшити розмір системного розділу, таким чином обійшовши обмеження, але в цьому випадку з'являються інші проблеми, пов'язані із обслуговуванням таких розділів. В останній час в якості системних використовують розділи на твердотільних накопичувачах, які дозволяють вагомо підняти швидкодію системи, проте вони суттєво дорожчі, ніж жорсткі диски і мають відчутно менший об'єм, що не дозволяє збільшувати системний розділ до необхідного розміру.

Існують інші шляхи обходу проблеми, наприклад, перенос папок із незатребуваним вмістом на інші розділи, або навіть на розділи інших дисків, якщо такі присутні у системі, проте при такому підході знову ж з'являються проблеми пов'язані із швидкістю, вартістю та необхідністю апаратної модернізації. Тобто, рано чи пізно пересічний користувач стикається з необхідністю вивільнення місця на системному розділі. Причому таке «сміття» не є локалізоване за окремим шляхом у розділі, а розміщене у різних папках, в залежності від призначення, і, часто разом із компонентами, які видалити не можна. Отже, виникає проблема не просто пошуку, але і аналізу такої інформації для подальшого її видалення.

Розробником передбачено певний набір штатних засобів для очистки системного розділу, але такі засоби, як правило, не завжди є достатньо ефективними (cleanmgr), і часто вимагають додаткових поглиблених знань з боку користувача (dism). Видалення іншої надмірної інформації може не бути передбачене штатними засобами, і такі операції користувач вимушений здійснювати «вручну», а для цього треба досконало знати файлову структуру операційної системи, щоб не завдати їй непоправної шкоди.

Можна використовувати сторонні програмні продукти для зручної очистки системного розділу від «сміття», проте, знову ж, на даний момент не існує достатньо ефективного інструменту. Можна виділити наступні програмні засоби, які в поєднанні зможуть вирішити питання очистки майже повністю:

1. DISM – консольний застосунок від Microsoft, який шляхом підбору параметрів командного рядка здатний керувати, стискати та оптимізувати пакунки операційної системи [1,2]. Для ефективного вивільнення простору найчастіше використовують наступні параметри командного рядка для цього застосунку [3]:

`/Online /Cleanup-Image /AnalyzeComponentStore` – використовується для аналізу сховища компонентів (папки WinSxS, яка описана далі) і дозволяє отримати розмір сховища компонентів без врахування жорстких посилань, реальний розмір сховища з врахуванням жорстких посилань, резервні копії та відключені компоненти, кеш та тимчасові файли, дату останнього очищення сховища, кількість пакетів, замінені новими та рекомендації щодо очищення;

`/Online /Cleanup-Image /StartComponentCleanup` – використовується для видалення попередніх версій оновлених компонентів одразу (без відстрочки 30 днів, передбаченою системою) та без часового обмеження. При використанні параметра `/ResetBase` з параметром `/StartComponentCleanup` видаляються всі замінені версії кожного компонента в сховищі компонентів. Щоб зменшити місце, займане пакетом оновлень, використовується параметр `/SPSuperseded`, щоб видалити всі резервні (архівні) компоненти, необхідні для видалення пакета оновлень. Пакет оновлень являє собою колекцію накопичувальних оновлень для певного випуску Windows. Параметр `/HideSP` прибирає компоненти із списку встановлених оновлень.

Такий додаток можна використати при створення пакетних файлів та написання сценаріїв для подальшої автоматизації процесу очистки.

2. PatchCleaner (<http://www.homedev.com.au/Free/PatchCleaner>) – працює з папкою `\Windows\Installer` призначення якої буде описано далі [4,5]. Перед запуском процесу очищення (delete) варто спочатку обрати вище вказану папку (browse).

3. Wise Disk Cleaner (<https://www.wisecleaner.com/wise-disk-cleaner.html>) – комплексний багатофункціональний продукт для очистки системи від «сміття». Особливо важливі для очистки дві вкладки (перша і третя по-порядку в класичному інтерфейсі): Common Cleaner (загальне очищення) та Slimming System (очищення системи). Перша вкладка передбачає очистку файлів журналів системи, кешу ескізів, шрифтів, інсталяцій тощо, кешу браузерів та інших програм, куків та ін. Інша вкладка дозволяє видалити завантажені файли інсталяцій. Після очистки програма здатна повідомляти про об'єм вивільненого простору.

4. Windows 10 Manager (<https://www.yamicsoft.com/ru/windows10manager/product.html>) – комплексний програмний продукт обслуговування ОС Windows 10 серед компонентів якого є наперед підібрані параметри DISM, а також інші засоби для очистки: реєстру, тимчасових файлів, пакетів встановлених програм, тощо.

5. DISM++ (<https://www.chuyu.me/en/index.html>) – порівняно новий програмний продукт з графічним інтерфейсом, за механізмом роботи дублює DISM, проте працює дещо швидше та ефективніше. Очистка – лише одна із численних функцій такого програмного засобу, і дозволяє здійснювати очищення у два етапи: спочатку аналіз, а потім очищення з перезавантаження провідника, як процесу для можливості отримання доступу до очистки компонентів, що заблоковані провідником. Очищенню підлягають застарілі файли, системні журнали та точки відновлення, кеш різних програмних засобів, присутніх у системі, резервні копії, тимчасові файли тощо.

Існує також багато інших, менш поширених інструментів з аналогічним функціоналом, які користувач може підібрати сам. Якщо користувач хоче максимально звільнити простір на системному розділі, йому варто звернути увагу на наступні папки (частину з них обробляють вище зазначені програмні продукти, проте не завжди з максимальною ефективністю) та самостійно навести у них лад.

1. [root directory]\windows\Installer – практично без шкоди для системи можна видаляти файли та папки ім'я яких починається з \$ або ~ а також файли з розширенням tmp, ~*, також додатково цей каталог може бути оптимізований за допомогою PatchCleaner [4]. Каталог містить також компоненти встановлених програмних продуктів у системі (встановлювачі та патчі), які відображаються у «Панель керування – Програми та засоби» у вигляді встановлених пакетів, і якщо користувач упевнений, що деякі програмні продукти він ніколи видаляти не буде, то відповідні файли, що стосуються даного програмного продукту можна видалити, а програмний продукт зникне з переліку «Панель керування – Програми та засоби». Щоб отримати більше інформації про файли, що містяться в цьому каталозі, необхідно в штатному файловому провіднику відкрити даний каталог, підключивши для відображення колонку «Тема». Варто зауважити, цей каталог є прихованим. Не слід видаляти файли програм, які автоматично оновлюються та через Windows Update (наприклад MS Office). [4,5]

2. [root directory]\Windows\SoftwareDistribution\Download – в каталог завантажуються штатні оновлення операційної системи та деяких продуктів Microsoft (наприклад MS Office), і, після їх вдалого встановлення можуть бути видалені. [6]

3. [root directory]\Windows\WinSxS – є сховищем компонентів Windows, підтримує виконання функцій, необхідних для налаштування і оновлення Windows. Ці компоненти операційної системи відстежують такі об'єкти, як файли, каталоги, розділи реєстру та служби. Конкретні версії компонентів часто об'єднуються в пакети. Пакети використовуються в службі Windows Update і програмою DISM для поновлення Windows. Компоненти і пакети, які використовуються в процесі установки Windows, обробляються сховищем компонентів Windows. Визначення розміру сховища компонентів Windows ускладнюється тим, що багато файлів Windows знаходяться в каталогах за межами сховища компонентів із застосуванням методу жорсткого зв'язку. У деяких випадках файли певної версії компонента зустрічаються і в сховище компонентів Windows, і поза ним. За допомогою жорстких зв'язків може створитися враження зберігання кількох копій одного файлу, проте насправді такий файл лише один. Деякі інструменти, наприклад провідник, визначають розмір каталогів, не враховуючи того, що файли в них можуть бути створені з використанням жорстких зв'язків. Через це можна подумати, що папка WinSxS займає більше дискового простору, ніж насправді [3]. Основним інструментом для роботи з цією папкою є штатний DISM, або більш зручний та ефективний DISM++. [7]

4. [root directory]\Windows\System32\DriverStore – сховище драйверів працюючих та раніше встановлених і відсутніх у системі пристроїв, причому як останніх версій, так і попередніх для можливості їх повернення у систему у випадку некоректної роботи встановлених. Більшість пакетів драйверів не займають відчутно великого простору на розділі, проте деякі з них (наприклад пакети програмного забезпечення графічних адаптерів) можуть займати до 0.5-1ГБ для кожної із збережених версій. Користувач сам повинен вирішити чи потрібні йому попередні версії, протестувавши роботу відповідного пристрою, і видалити зайві [8]. Для очистки такої папки

можна скористатись інструментом Driver Store Explorer [9], або ж проаналізувати вміст самостійно по розміру та назві.

5. [root directory]\Program Files\WindowsApps\ – містить пакети застосунків Modern UI з Windows Store актуальних та попередніх версій, ідентифікувати які легко по назві, періодично старші версії переміщуються до папки за шляхом Program Files\WindowsApps\SharedLimitedTime\, де зберігаються обмежений період, проте за бажанням користувач може очистити цю паку одразу, якщо спостерігається стабільна робота актуальних версій і отримати при цьому навіть декілька гігабайт вільного простору. [10]

6. [root directory]\Windows.old\ – така пака з'являється після ключових масштабних оновлень (типу Redstone) і містить файли, які дають можливість повернутися до попередньої версії Windows. Через десять днів після поновлення Windows 10 попередня версія автоматично видаляється з комп'ютера. Однак, якщо потрібно звільнити місце на диску і користувач впевнений, що файли і параметри знаходяться в Windows 10 там, де потрібно, ви можете самостійно видалити попередню версію системи. [11]

7. [root directory]\Windows\Temp, [root directory]\Users\<user>\AppData\Local\Temp\ – папки, що містять тимчасові файли.

8. [root directory]\System Volume Information – прихована папка, містить необхідні системні дані, зокрема точки відновлення Windows (якщо включено створення контрольних точок відновлення для поточного диска), бази даних служби індексування, унікальний ідентифікатор для накопичувача, який використовується Windows, інформацію тінювання тощо [12,13]. У випадку, коли користувач не використовує даний функціонал, або такі дані застарілі та непотрібні, цю папку можна очистити.

Перелік не є повним. В поданому списку присутні лише основні, самі масивні за вмістом папки, які можна піддати обробці, проте список може бути доповнений іншими шляхами до папок, які пов'язані з конкретним стороннім програмним забезпеченням, що теж можуть містити резервні копії, файли установки, точки відновлення тощо. Існують також і суттєво менші за обсягом сховища надмірної інформації, які суттєво не впливають на обсяг вільного простору системного розділу, тому тут не подані.

В більшості випадків для доступу до таких папок, зрозуміло, потрібні права адміністратора, а для видалення часто необхідно його зробити власником таких файлів та папок. Для отримання прав власності на файли та папки можна скористатись стандартними засобами операційної системи: <назва папки> – контекстне меню – властивості – безпека, проте для швидшого і зручнішого отримання таких прав можна додати у типове контекстне меню папки чи файлу власну команду отримання прав власності. Для цього в редакторі реєстру варто створити відповідні ключі за наступними шляхами:

```
[HKEY_CLASSES_ROOT\*\shell\runas]
@="Стати власником і задати повний доступ до об'єкту"
"Extended"=""
"NoWorkingDirectory"=""
```

```
[HKEY_CLASSES_ROOT\*\shell\runas\command]
@="cmd.exe /c takeown /f \"%1\" && icacls \"%1\" /grant administrators:F"
"IsolatedCommand"="cmd.exe /c takeown /f \"%1\" && icacls \"%1\" /grant administrators:F"
```

```
[HKEY_CLASSES_ROOT\Directory\shell\runas]
@="Стати власником і задати повний доступ до об'єкту"
"Extended"=""
"NoWorkingDirectory"=""
```

```
[HKEY_CLASSES_ROOT\Directory\shell\runas\command]
@="cmd.exe /c takeown /f \"%1\" /r /d y && icacls \"%1\" /grant administrators:F /t"
"IsolatedCommand"="cmd.exe /c takeown /f \"%1\" /r /d y && icacls \"%1\" /grant administrators:F /t"
```

або створити reg-файл з вище наведеними шляхами та ключами. Після цього в контекстному меню з затисненою клавішею Shift для файлів та папок з'явиться команда "Стати власником і задати повний доступ до об'єкту", яка дозволить швидко виконати таку операцію.

Переважає більшість наведених тверджень справедлива також для інших версій операційної системи Windows: Vista, 7, 8, 8.1, а деякі з них навіть для Windows 2000 та XP і може бути успішно застосована в них для очистки.

Висновки

Використовуючи вище вказані рекомендації та інструменти можна звільнити від кількох гігабайт до кількох десятків гігабайт на системному розділі в залежності версії операційної системи, ступеня оновлення, часу експлуатації, «тонкого» налагодження системи та встановленого в системі програмного забезпечення. Проте такі рекомендації варто відкоригувати, якщо користувач бажає все ж використати частину функціоналу, пов'язаного з даними, які рекомендується видалити.

На даний момент авторам не вдалося відшукати єдиний програмний засіб, який би повністю враховував усі особливості очистки, вказані вище. Тому виникає нагальна потреба у розробці такого програмного засобу, який дозволить суттєво полегшити роботу малокваліфікованих користувачів, які використовують системні розділи невеликого розміру, наприклад на планшетних та мобільних пристроях на базі ОС Windows 10 і взагалі в системах з системними SSD невеликого розміру.

1. DISM Image Management Command-Line Options [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/manufacture/desktop/dism-image-management-command-line-options-s14>
2. DISM Overview [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/manufacture/desktop/what-is-dism>
3. Очистка папки WinSxS [Електронний ресурс] — Режим доступу : [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/hardware/dn898501\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/hardware/dn898501(v=vs.85).aspx)
4. PatchCleaner [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://www.homedev.com.au/Free/PatchCleaner>
5. Зачем нужна папке instal в папке windows [Електронний ресурс] — Режим доступу : https://answers.microsoft.com/ru-ru/windows/forum/windows_7-performance/зачем/ccfa74b1-4749-43a5-89ac-6fe368f65dc7
6. Windows\SoftwareDistribution Folder Cleanup Automation [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://social.technet.microsoft.com/Forums/windowsserver/en-US/f5744a18-d4ca-4631-8324-878b9225251d/windowssoftwaredistribution-folder-cleanup-automation?forum=winserverwsus>
7. Clean Up the WinSxS Folder [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/manufacture/desktop/clean-up-the-winsxs-folder>
8. Как очистить папку FileRepository в DriverStore [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://remontka.pro/driverstore-filerepository-folder-windows/>
9. DriverStore Explorer [RAPR] [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://github.com/lostindark/DriverStoreExplorer>
10. Windows 10: How to delete old WindowsApps folder? [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://www.tenforums.com/performance-maintenance/37644-how-delete-old-windowsapps-folder.html>
11. Удаление предыдущей версии Windows [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://support.microsoft.com/ru-ru/help/4028075/windows-delete-your-previous-version-of-windows>
12. What Is System Volume Information Folder In Windows? How To Access And Shrink It? [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://fossbytes.com/system-volume-information-folder-windows-shrink/>
13. How to gain access to the System Volume Information folder [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://support.microsoft.com/en-us/help/309531/how-to-gain-access-to-the-system-volume-information-folder>

Рецензент: Михайлюк Віктор Олексійович, завідувач кафедри прикладної математики та інформатики, Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, доктор фіз.-мат. наук, доцент.

УДК 681.322

Г. М. Губаль

Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ ТЕКСТИ ТА РИСУНКИ В СИСТЕМІ L^AT_EX

Губаль Г. М. Математичні тексти та рисунки в системі L^AT_EX. У статті розглянуто питання включення рисунків у документ, створений системою L^AT_EX, деякі правила написання математичних формул і основні стильові пакети бібліографічного інструмента BIBT_EX.

Ключові слова: система L^AT_EX, бібліографічний інструмент BIBT_EX, graphicx, стильовий пакет, viewport.

Літ. 17.

Губаль Г. Н. Математические тексты и рисунки в системе L^AT_EX. В статье рассмотрено вопрос включения рисунков в документ, созданный системой L^AT_EX, некоторые правила написания математических формул и основные стилевые пакеты библиографического инструмента BIBT_EX.

Ключевые слова: система L^AT_EX, библиографический инструмент BIBT_EX, graphicx, стилевой пакет, viewport.

Лит. 17.

Hubal H. M. Mathematical texts and figures in the L^AT_EX system. In the article, the problem concerning inclusion of figures in the document generated by L^AT_EX system, some rules for creation of mathematical formulae and main style packages of the BIBT_EX bibliographic instrument are considered.

Keywords: L^AT_EX system, BIBT_EX bibliographic instrument, graphicx, style package, viewport.

Bibl. 17.

Вступ. Робота у системі L^AT_EX подібна до програмування [1, 2, 13].

Розглянемо питання включення рисунків у документ, створений системою L^AT_EX, яка призначена для написання математичних текстів [1, 2, 5-10, 12-15], деякі правила написання математичних формул і основні стильові пакети бібліографічного інструмента BIBT_EX.

Основна частина. Розглянемо роботу з рисунками у системі L^AT_EX.

Операція по включенню в L^AT_EX документ рисунків у вигляді графічних файлів не стандартизована, тобто спосіб задання інформації про імпортований файл залежить від використовуваних dvi-драйверів.

L^AT_EX розглядає рисунок як одну велику букву. Щоб вставити рисунок в L^AT_EX документ, необхідно підключити стильовий пакет graphicx у преамбулу документа командою

```
\usepackage[dvips]{graphicx}
\graphicspath{{folder1/}}
```

Зауважимо, що драйвер dvips трактує всі файли з невідомими йому розширеннями як рисунки eps. Тому можна використовувати для eps-файлів нестандартні розширення.

Відносне посилання ставиться за допомогою команди

```
\includegraphics[width = 1\linewidth]{image}
```

Щоб змінити розмір рисунка в scale разів, запишемо таку команду:

```
\includegraphics[scale = 0.5]{image}
```

Щоб визначити місце рисунка залежно від заповнення сторінки, необхідно записати таку команду:

```
\begin{figure}[h]
```

тобто «розмістити рисунок тут»,

```
\begin{figure}[h!]
```

тобто «наполягаємо розмістити рисунок тут»,


```
\begin{figure}[H]
```

тобто «розмістити рисунок тут обов'язково»,

```
\begin{figure}[pH]
```

тобто «розмістити рисунок окремо на сторінці».

Щоб вставити підпис під рисунком і зробити посилання на нього, використовують такі команди:

```
\caption{Назва рисунка}  
\label{rls:image}
```

Зауважимо, що команда `\caption` записується перед командою `\label{}` – посиланням на рисунок. Якщо записати команду `\label` перед `\caption`, то в $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документі буде посилання не на рисунок, а на поточну subsection.

Таким чином, щоб розмістити рисунок у вказаному місці $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документа по центру, вставити підпис під рисунком і зробити посилання на нього, запишемо такий код:

```
\begin{figure}[h]  
\center{\includegraphics[width=1\linewidth]{image}}  
\caption{Назва рисунка}  
\label{rls:image}  
\end{figure}
```

Посилаючись на рисунок в тексті $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документа, використовують команду `~\ref{rls:image}`.

Якщо є необхідність включити в $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документ частину рисунка, слід використовувати такі ключі:

```
viewport = llx lly urx ury  
trim = dl db dr du
```

Ці ключі задають видиму область рисунка, причому `llx lly urx ury` – це x - і y -координати лівого нижнього і правого верхнього кутів видимої області рисунка відносно точки відліку, а `dl db dr du` – це відстань (у довільних $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ одиницях довжини) між лівими, нижніми, правими і верхніми границями у видимій області рисунка і самого рисунка відповідно. Від'ємні значення зміщення допустимі. Ключ `clip = boolean` відтинає частину рисунка, що виходить за границі видимої області, якщо значення `boolean = true`.

Розглянемо роботу з формулами у системі $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.

Розглянемо деякі правила написання математичних формул.

Деякі видавництва вважають, що математичний текст $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документа краще можна зрозуміти, якщо формули мають додаткові пробіли справа і зліва. Для цього використовується команда `\mathsurround`, яка має один параметр – розмір додаткового пробілу, який вставляється справа і зліва формули, що знаходиться в тексті $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документа. За замовчуванням значення цього параметра дорівнює нулю. Зауважимо, що такий пробіл не додається перед формулою, яка знаходиться на початку рядка і після формули, яка знаходиться в кінці рядка.

Щоб формули мали справа і зліва додаткові пробіли, наприклад, по 3 пункти, необхідно записати таку команду:

```
\mathsurround=3pt
```

Розглянемо випадок, коли виникає необхідність помістити формулу $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ документа в рамку. Наведемо приклад створення формули в рамці в оточенні `equation*`. При цьому введемо оператор `\Aboxed`:

```
\makeatletter  
\newcommand\Aboxed[1]  
{\@Aboxed#1\enddne}  
\settowidth
```

```
\@templ{\displaystyle#1{\$}
}
\setlength\@templ
{\@templ+\abovesepr+\aboverule}
\global\@templ=\@templ\kern\@templ
&
\kern-\@templ\boxed{#1#2}
\makeatother
```

У L^AT_EX документі звернемось до оператора \Aboxed за допомогою такого коду:

```
\begin{equation*}
\Aboxed{\&\int\limits_{\{\mathbb{R}\}^{\nu}} \times \{\mathbb{R}\}^{\nu}}
{\differential{d}\{x_2\}\{H_2\},\{F_2\}(t,\{x_1\},\{x_2\})\{F_1\}(t)\} =
\int\limits_{\{\mathbb{R}\}^{\nu}} \times \{\mathbb{R}\}^{\nu}}
{\differential{d}\{x_2\}
\Bigl\{\sum\limits_{i=1}^2 \frac{p_i^2}{2} + \Phi(q_1 - q_2)\Bigr\},}
{\{F_2\}(t,\{x_1\},\{x_2\})\{F_1\}(t)\}\Bigr\}}
\end{equation*}
```

Наведений код генерує такий текст:

$$\int_{\mathbb{R}^{\nu} \times \mathbb{R}^{\nu}} dx_2 \{H_2, F_2(t, x_1, x_2 | F_1(t))\} = \int_{\mathbb{R}^{\nu} \times \mathbb{R}^{\nu}} dx_2 \left\{ \sum_{i=1}^2 \frac{p_i^2}{2} + \Phi(q_1 - q_2), F_2(t, x_1, x_2 | F_1(t)) \right\}$$

З 1985 року ВивТ_EX є основним інструментом для створення бібліографії у видавничій системі L^AT_EX [1-8, 10-12, 14], внаслідок тісної інтеграції з цією системою і простоти у використанні.

Розглянемо основні пакети бібліографічних стилів інструмента ВивТ_EX, які є актуальними для створення математичних текстів. Стиль у термінах ВивТ_EX визначається bst-файлом [9, 13, 15-17].

Основними пакетами бібліографічних стилів є footnote (виноска), brackets (квадратні дужки) і author-year (автор-рік).

Бібліографічний стиль footnote використовується не стільки для математики, скільки для її історії. Тому не будемо зупинятись на розгляді цього стилю.

Бібліографічний стиль brackets найчастіше застосовується користувачами L^AT_EX для створення математичних текстів. Ефективність використання стилю brackets впливає з наступних фактів. Вираз у квадратних дужках розуміють як вступний коментар, початок речення або як пояснення. Наприклад,

‘див. [1]’, ‘[2] – це посилання на ...’ або ‘... це було доведено в [3]’.

Квадратні дужки можна поєднувати з круглими, причому форма посилання не залежить від контексту. Наприклад, речення:

‘Доведення цієї теореми проведено у книзі [1], де ...’

можна замінити реченням:

‘Зрозуміло (доведення цієї теореми проведено у книзі [1]), що ...’.

Стиль brackets має одну команду: \cite.

Якщо в доведенні теореми здійснюється посилання на раніше доведену теорему, то автор і дата публікації статті, яка містить раніше доведену теорему не мають важливого значення, оскільки інформація про першоджерело міститься у бібліографічному списку. Проте в деяких випадках не прослідковується послідовність досліджень. Тому для здійснення посилань є недостатнім використання бібліографічного стилю brackets. У цьому випадку використовують бібліографічний стиль author-year, який дає важливу інформацію (автор і рік) у посиланні:

Замість ‘[1]’ пишемо ‘(Боголюбов, 1946)’

Бібліографічний стиль author-year використовує круглі дужки замість квадратних.

Вибір бібліографічного стилю залежить від користувача видавничої системи L^AT_EX.

Пакети видавничої системи L^AT_EX, які підтримують стиль author-year, містять численну кількість команд. Розглянемо пакет natbib, який пропонує різноманітні налаштування. Цей пакет забезпечує конвертування до міток з квадратними дужками, присвоєння "псевдонімів", контроль пунктуації і є сумісним з пакетом hyperref. Замість команди \cite цей пакет використовує команду \citet для посилань у круглих дужках і команду \citep для посилань в тексті. Обидві команди мають два аргументи для записів у дужках.

Приклад використання пакета natbib наведений у табл. 1.

(\citep[зокрема][])	One of the main problems of mathematical physics is construction of equilibrium and non-equilibrium states of infinite particle systems. The problem of construction of equilibrium states was reduced to the problem of functional analysis of the existence of the solution of the system of equations for distribution functions by Russian scientists (in particular by M.M. Bogolyubov and B.I. Khacet 1949) and it was completely solved by M.M. Bogolyubov, D.Ya. Petrina, B.I. Khacet and D. Ruelle (1969, 1971).
\citeyearpar	States of infinite non-equilibrium particle systems are described by infinite sequences of distribution functions defined on the phase space of the system and they satisfy the infinite system of integral and differential equations known as the BBGKY hierarchy of equations (Bogolyubov 1946, Petrina, Gerasimenko, Malyshev 2002).
\citep	The BBGKY hierarchy of equations was derived in the papers of Bogolyubov (1946) , Born, Green (1949), Kirkwood (1946), Yvon (1935) for the particle system with a smooth interaction potential.
\citet	Bogolyubov's equation has been considered as an abstract evolution equation since 1972 (D.Ya. Petrina).
(\citeauthor...)	

Табл.1. Приклад використання пакета natbib

Висновки. Таким чином, у цій статті розглянуто питання включення рисунків у документ, створений системою L^AT_EX, деякі правила написання математичних формул і основні стильові пакети бібліографічного інструмента ВівТ_EX.

1. Балдин Е. М. Компьютерная типография L^AT_EX / Е. М. Балдин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
2. Беляков Н. С. Т_EX для всех / Н. С. Беляков, В. Е. Палаш, П. А. Садовский. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009.
3. Губаль Г. М. Анімація в математичних текстах на мові L^AT_EX / Г. М. Губаль // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 11.
4. Губаль Г. М. L^AT_EX як видавничча система для створення математичних текстів і для програмування / Г. М. Губаль // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 12.
5. Губаль Г. М. Стратегії для створення математичної статті у видавничій системі L^AT_EX / Г. М. Губаль // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 13.
6. Дубинич В. Н. Использование системы L^AT_EX для подготовки научных изданий / В. Н. Дубинич, М. В. Дубинич // Перспективы развития высшей школы: материалы V Международной науч.-метод. конф., Гродно: ГГАУ, 2012.
7. Жуков М. Ю. Оформление математических текстов при помощи пакета L^AT_EX2ε / М. Ю. Жуков, Е. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР», 2003.
8. Жуков М. Ю. L^AT_EX2ε: искусство набора и вёрстки текстов с формулами / М. Ю. Жуков, Е. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009.
9. Каров П. Шрифтовые технологии. Описание и инструментарий / П. Каров. Перевод с английского Карпинского О. С. и Куликова И. И. под редакцией, с предисловием и дополнением Ефимова В. В. – М.: Мир, 2001.
10. Кнут Д. Е. Всё про Т_EX / Д. Е. Кнут. Пер. с англ. М. В. Лисиной. – Протвино: АО RDT_EX, 1993.
11. Котельников И. А. L^AT_EX по-русски / И. А. Котельников, П. З. Чеботаев. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004.

12. Львовский С. М. Набор и вёрстка в системе L^AT_EX / С. М. Львовский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2003.
13. Ширяева Е. В. Введение в T_EX–программирование / Е. В. Ширяева, И. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010.
14. Goossens M. The L^AT_EX companion / M. Goossens, F. Mittelbach, A. Samarin. – Addison-Wesley, 1994. Русский перевод: Гуссенс М. Путеводитель по пакету L^AT_EX и его расширению L^AT_EX2_ε / М. Гуссенс, Ф. Миттельбах, А. Самарин. Перевод с английского Маховой О. А., Третьякова Н. В., Тюменцева Ю. В. и Чистякова В. В. под редакцией Маховой И. А. – М.: Мир, 1999.
15. Kopka Н. Guide to L^AT_EX / Н. Kopka, P. Daly. – Addison-Wesley, 2004.
16. Lamport L. L^AT_EX. A document preparation system, user's guide and reference manual / L. Lamport. – Addison-Wesley, 1994.
17. Spivak M. The joy of T_EX. A gourmet guide to typesetting with the A_MS-T_EX macro package. – American mathematical society, Providence, RI, 1990. Русский перевод: Спивак М. Восхитительный T_EX: руководство по комфортному изготовлению научных публикаций в пакете A_MS-T_EX / М. Спивак. – М.: Мир, 1993.

Рецензенти:

Коваль Юрій Васильович кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри фундаментальних наук Луцького національного технічного університету.

Полетило Сергій Андрійович кандидат педагогічних наук, доцент, заступник декана факультету інформаційних систем, фізики та математики Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки.

Здолбіцька Н.В., Каленіков В.С., Шкабура В.І.
Луцький національний технічний університет

МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА НОУТБУКАХ

Здолбіцька Н.В., Каленіков В.С., Шкабура В.І. Мобільні технології на ноутбуках. В кінці 2017 року компанія Qualcomm, що спеціалізується на розробці та виробництві мобільних технологій та процесорів, на своїй щорічній конференції разом з Microsoft презентувала концепт їх використання на персональному комп'ютері. В даній статті розглядаються всі переваги та недоліки цього концепту, практичне застосування в різних сферах життєдіяльності, а також бюджетна сторона питання.

Ключові слова: Qualcomm, Snapdragon, мобільні технології, мобільні процесори.

Здолбицкая Н.В., Калеников В.С., Шкабура В.И. Мобильные технологии на ноутбуках. В конце 2017 года компания Qualcomm, специализирующаяся на разработке и производстве мобильных технологий и процессоров, на своей ежегодной конференции совместно с Microsoft представила концепт их использования на персональном компьютере. В данной статье рассматриваются все преимущества и недостатки этого концепта, практическое применение в различных сферах жизнедеятельности, а также бюджетная сторона вопроса.

Ключевые слова: Qualcomm, Snapdragon, мобильные технологии, мобильные процессоры.

Zdolbitska N.V., Kalenikov V.S., Shkabura V.I. Mobile technology on laptops. At the end of 2017, Qualcomm, which specializes in the development and production of mobile technologies and processors at its annual Conference in conjunction with Microsoft presented a concept for their use on a personal computer. This article discusses all of the advantages and disadvantages of this concept, the practical application in various spheres of life, as well as budget side of the issue.

Keywords: Qualcomm, Snapdragon, mobile technology, mobile processors.

Постановка наукової проблеми. XXI століття можна сміливо назвати початком комп'ютерної ери. З кожним роком корпорації намагаються здивувати нас, створюючи все більш потужні і водночас все менші за розміром пристрої. Однією з таких компаній є Qualcomm – лідер з розробки мобільних процесорів та засобів бездротового зв'язку. В кінці 2017 року Qualcomm на своїй щорічній конференції разом з Microsoft презентувала концепт використання деяких мобільних технологій, зокрема модуль LTE та процесор Snapdragon 835 на лептопах. В даній статті досліджується чи справді такі пристрої увійдуть в наше повсякденне життя і чи зможуть вони замінити звичні нам ноутбуки.

Аналіз досліджень. Смартфони – компактні, легкі і тонкі пристрої, що дозволяють робити багато чого з того, що «вміють» персональні комп'ютери. Втім, у багатьох розумних телефонів є один значний недолік – розташовані в тонких корпусах акумулятори не можуть довго залишатися без підзарядки. Приблизно рік тому користувачі вперше почули про концепт «стільникових персональних комп'ютерів» («Cellular PC») під керуванням операційної системи Windows 10 і базування на чіпсетах ARM [1].

Кілька тижнів назад Qualcomm знову підняла тему ноутбуків з власними впровадженими технологіями, випустивши три відеоролики, на яких було показано, відповідно, три тести – на автономність, на швидкість часу виходу з режиму сну після 3-ох годин простою та теплову карту ноутбука після 15-ти хвилинного навантаження. Імовірно, так виробник відповів на перші огляди комп'ютерів з Windows на основі ARM-процесорів. Кожен аргумент компанія підкріпила результатами тестування та порівняння з PC на архітектурі x64.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування результатів дослідження.

Власне, концепт таких ноутбуків отримав цілком логічну назву Always Connected PC (з англ. "завжди підключений персональний комп'ютер"). Завдяки модулю LTE пристрій, який знаходиться в зоні покриття 4G, буде діяти за принципом смартфона, тобто навіть в режимі сну синхронізувати дані та отримувати нові сповіщення. За словами представників компаній, які взялися за розробку ноутбуків спільно з Qualcomm, підтримка 4G подібними пристроями створює чіткий вектор в розвитку мобільних мереж і цілком можливо в недалекому майбутньому витіснить такі поняття, як Wi-Fi мережі та дротове підключення.

«Сьогоднішній день знаменує собою початок нової ери для персональних обчислювальних технологій, і ASUS пишається тим, що спільно з Qualcomm Technologies і іншими компаніями прокладає шлях для розвитку нової інфраструктури постійно підключених ПК з операційною системою Windows на базі Snapdragon. ASUS NovaGo встановлює нові стандарти якості мережевого підключення і продуктивності для ноутбуків – це перший в світі анонсований ноутбук з підтримкою

гігабітних мереж LTE практично в будь-якому місці і в будь-який час », – Джеррі Шен, виконавчий директор ASUS [2].

Для того, щоб було зручно описувати характеристики та робити певні висновки, візьмемо вищенаведений ноутбук, тобто ASUS NovaGo (рис.1).



Рис. 1. ASUS NovaGo TP370QL

Дана модель була представлена разом з HP ENVY x2, але оскільки ноутбуки мають подібні характеристики, ми обрали варіант від компанії ASUS.

Розглянемо основні характеристики.

Таблиця 1. Основні характеристики

Процесор	Qualcomm Snapdragon 835
Графічний адаптер	Qualcomm Adreno 540
Оперативна пам'ять	8192 Мбайт, LPDDR4x
Дисплей	13.3 дюйм. 16: 9, 1920 x 1080 пікс. 166 точок / дюйм, IPS
Зберігання даних	256 GB NVMe
Інтерфейси	2 x USB 3.1 Gen 1 Type-A 1 x Audio jack: навушники / мікрофони 1 x Combo Nano SIM 1 x MicroSD слот для читання карт пам'яті 1 x HDMI
Комунікації	802.11a / b / g / n (a / b / g / n), LTE
Акумулятор	52 Вт-г, літій-полімер автономна робота (відомості виробника): 22 год.
Операційна система	Microsoft Windows 10 Home 64 Bit
Камера	HD 720p

ASUS NovaGo виконаний у форм-факторі класичного ноутбука з поворотним на 360 градусів екраном. Він має вагу 1,39 кг і оснащений 13,3-дюймовим Full HD-дисплеєм і підтримкою фірмового стилуса ASUS Pen з можливістю розпізнавання 1024 рівнів натискання. Ноутбук має всі необхідні роз'єми, включаючи два порти USB 3.1, HDMI і слот для карти пам'яті [3].

З огляду на специфікації, можна зробити висновок, що в ноутбуці більше від смартфона, ніж від звичного нам комп'ютера, зокрема це процесор Qualcomm Snapdragon 835, графічний адаптер Qualcomm Adreno 540, 8 Гб оперативної пам'яті типу LPDDR4x і, звичайно, сенсорний дисплей для зручного керування в режимі планшета.

Власне про сам процесор. Snapdragon 835 має 8 ядер(4 x 2.45 ГГц, 4 x 1.9 ГГц), побудований на архітектурі Кryo 280 (рис.2). Крім восьми ядер, чіпсет має потужний GPU Adreno 540(710MHz), більш енергоефективну пам'ять LPDDR4X і передовий техпроцес 10 нм[4].

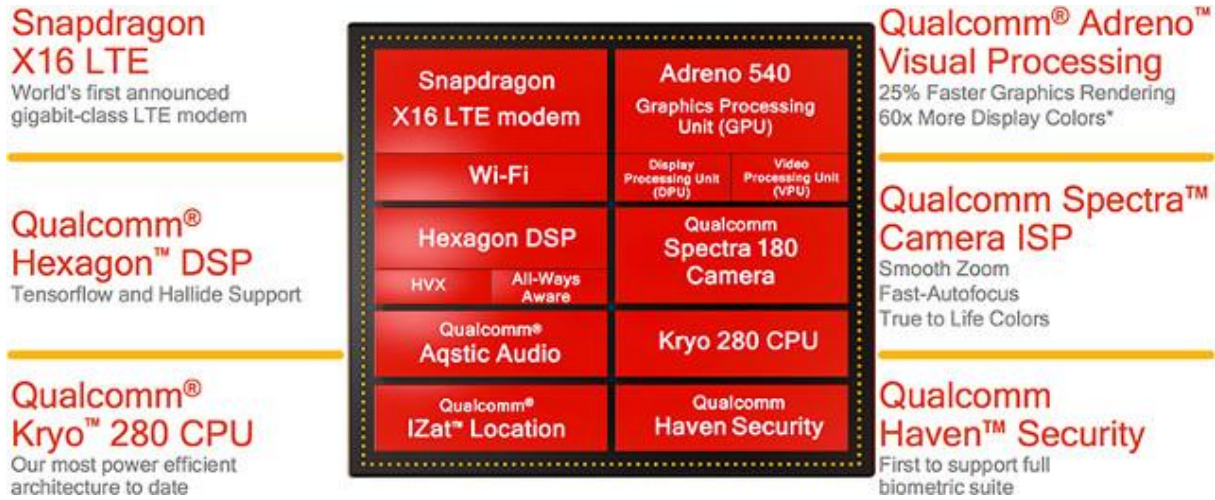


Рис. 2. Візуальна схема Snapdragon 835

Незважаючи на всі переваги, користувачі не дуже тепло прийняли такий концепт і більшість коментарів зводилась до того, що це всього лиш «дорога іграшка», яка немає практичного застосування. Компанія Qualcomm заступилася за «свої» ноутбуки і випустила відразу три відеоролики з тестуванням і порівнянням PC на архітектурі x64 та Snapdragon 835. Перший ролик Qualcomm стосується автономної роботи: в режимі перегляду відео Always Connected PC зміг протриматися 22 години, а опонент вимкнувся через 13 годин [5]. В другому відео порівнювали швидкість виходу з режиму сну і, звичайно, ноутбук на Snapdragon знову переміг, при цьому Qualcomm наголосила, що вихід відбувається «так само швидко, як на смартфоні» [6]. На завершення виробник показав теплову карту апаратів після 15-хвилинного навантаження [7]. У цьому тесті Always Connected PC залишався холодним і не скидав частоту процесора для охолодження. До того ж, він має безвентиляторну систему охолодження, тобто ноутбук взагалі не створює шуму (рис. 3, рис.4).

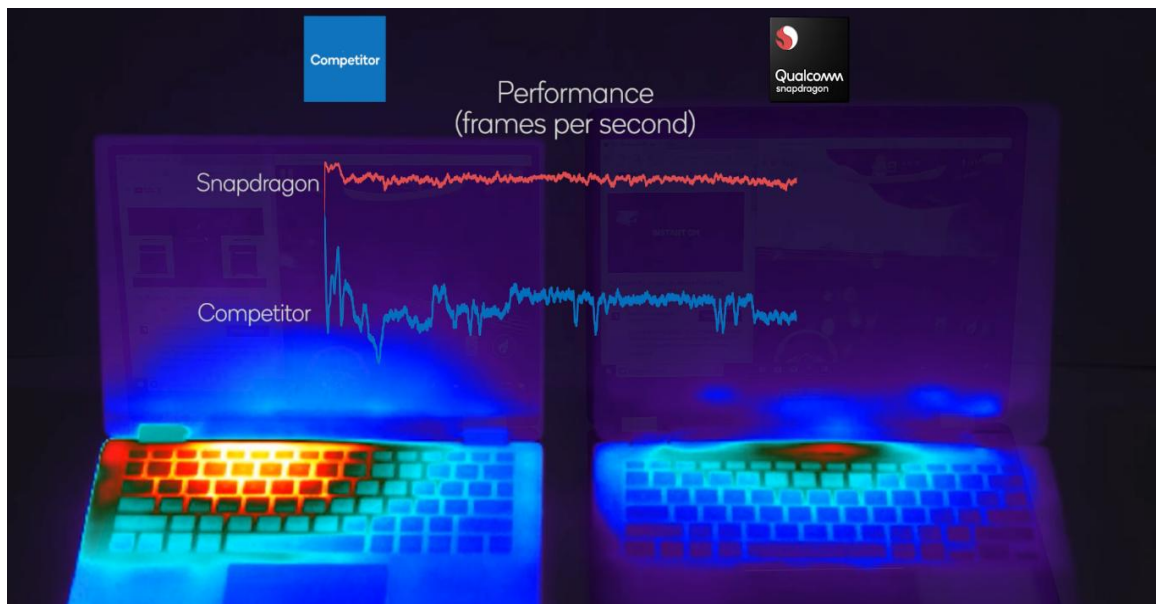


Рис. 3. Порівняльна теплова карта

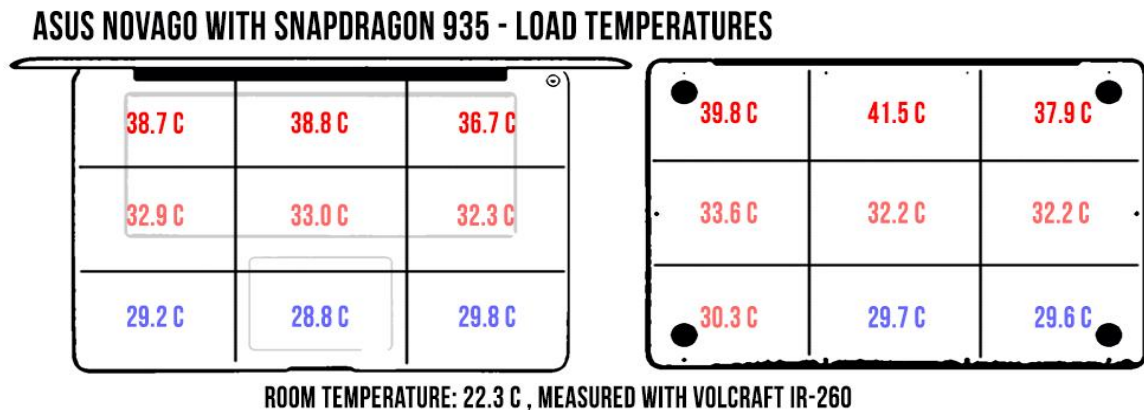


Рис. 4. Температура під навантаженням.
(джерело: Ultrabookreview)

Однією з найбільших особливостей ASUS NovaGo є наявність модема Snapdragon X16, що теоретично може отримувати дані на швидкості 1 Гбіт/с, але багато чого залежить від фізичної мобільної мережі. Результати тесту LTE модема представлені на Рис. 5.

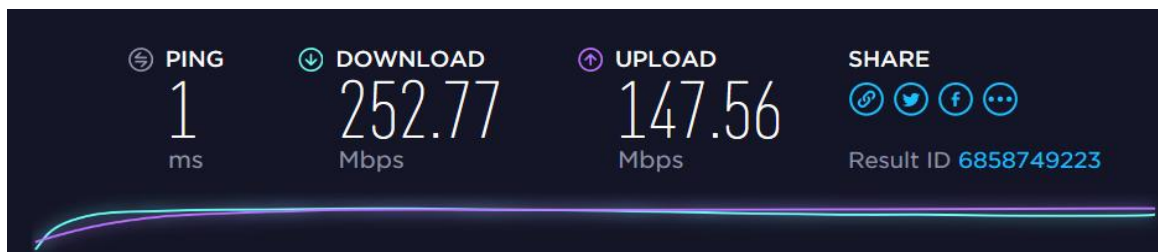


Рис. 5. Швидкість LTE на NovaGo.
(джерело: Ultrabookreview)

З результатів тестів та специфікації ноутбука, можна зробити висновок, що переваг для того, щоб його придбати досить багато, принаймні для простих задач.

Кілька місяців тому компанія Microsoft розповіла про обмеження, з якими зіткнуться власники "мобільних ПК" на базі Windows 10, які будуть комплектуватися ARM-процесорами. В основу "мобільних ПК" ляже спеціальна версія Windows 10 для ARM. Інформацію про особливості цієї ОС першим виявив блогер Пол Таррот, відвідавши сайт технічної підтримки Microsoft. З того часу компанія видалила сторінку, однак її копія збереглася в кеші The Wayback Machine(Інтернет-архів).

Незважаючи на зазначені переваги, ARM-версія "десятки" накладе ряд відчутних обмежень. По-перше, за рахунок вбудованого емулятора вона зможе запускати програми, створені для архітектури win32 / x86 (AMD і Intel), але буде підтримувати тільки драйвери ARM64. Це означає, що старі периферійні пристрої, швидше за все, виявляться несумісні з новою ОС.

По-друге, на Windows 10 для ARM не можна буде запускати 64-розрядні додатки (навіть на емуляторі) – розробникам знадобиться їх перекомпілювати. По-третє, не будуть підтримуватися програми, що використовують драйвери в режимі ядра і OpenGL 1.1 і старше, а також OpenGL з апаратним прискоренням. Це означає, що з Windows 10 S будуть несумісні велика частина сторонніх антивірусів і безліч ігор. [8]

Що стосується автономності, ноутбук зміг програвати відео з YouTube при підключенні за допомогою Wi-Fi майже 14 годин. Результат дуже хороший, але приблизно так вмюють і деякі ноутбуки з CPU Intel. А ось при роботі в браузері (Edge) апарат протримався більше 15 годин. Це не 20 годин, обіцяних Qualcomm і Microsoft, але все одно багато. До того ж, така автономність повинна бути характерна для більшості подібних ноутбуків.

Крім того, ARM-версія Windows 10 може некоректно функціонувати з додатками, створеними для Windows Phone, які кастомізують інтерфейс. Такі програми, сказали в Microsoft, повинні бути спочатку скомпільовані для ARM.

Також найбільшим недоліком стала продуктивність. В рекламних роликах Qualcomm демонструвала нам, як користувач запускає графічний редактор Adobe Photoshop і він працює доволі швидко, але за відгуками користувачів, які проводили такий тест самостійно і користувалися різними інструментами в програмі, для елементарного редагування фотографій, час обробки був незадовільний. Також цей факт підтверджує результат бенчмарка.

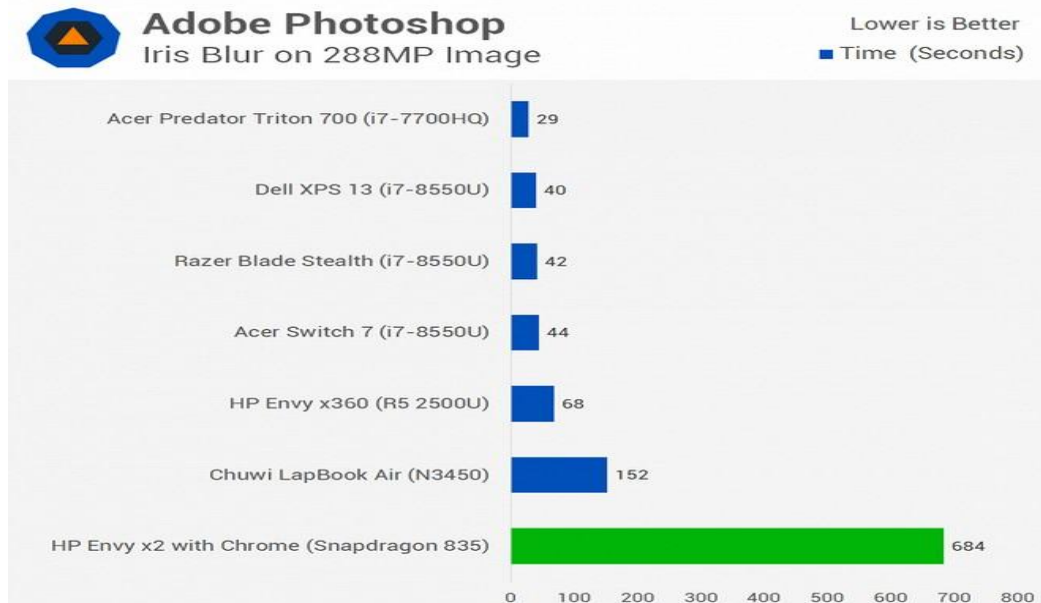


Рис. 6. Тест продуктивності Adobe Photoshop

На виставці BUILD яка відбудеться в травні цього року, Microsoft представить набір для розробки, який дозволить програмістам компілювати свої додатки в ARM64. Нагадаємо, що UWP(Universal Windows Platform)-додатки існують в трьох варіантах: ARM, x64 і x86. Оскільки єдиними ARM-пристроями на Windows до недавнього часу були лише смартфони на 32-розрядній ОС, то всі ARM-додатки скомпільовані в 32-бітах.

Висновки. Наразі в Інтернеті не так багато джерел інформації для того, щоб зробити достовірні висновки про Always Connected PC. Здебільшого це тематичні ресурси про гаджети, форуми та офіційні сайти виробників. До того ж, більше, ніж за півроку у цієї ідеї з'явилися як прихильники, так і противники, що вже дає їй право на існування. З практичної точки зору ноутбуки на мобільних технологіях зручні для тих, кому потрібен мінімалістичний комп'ютер, який не утворює шум, майже не нагрівається та дозволяє завжди бути в онлайн. Він цілком підійде для роботи в офісних пакетах та браузерях, але аж ніяк для важких програм, типу графічних редакторів, прикладних програм для числового аналізу та сучасних відеоігор. Спираючись на вищезазначені аргументи, зроблено висновок, що комп'ютером можна користуватися для вирішення простих рутинних задач. Однак всі його переваги перекреслює вартість. Придбати такий лептоп можна за ціною від 799\$ до 999\$.

Qualcomm та Microsoft обіцяють не опускати руки та продовжувати роботу над Always Connected PC і, можливо, найближчим часом світ побачить більш досконале втілення цього концепту.

1. <http://webblack.net/snapdragon-pc-navishho-potribni-i-koli-viydut/>
2. <https://4pda.ru/2017/12/07/348503/>
3. <https://4pda.ru/2017/12/06/348456/>
4. <https://overclockers.ru/lab/show/85279/obzor-soc-qualcomm-snapdragon-835-udachnyj-chip-cherez-raz>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=yG4izHJwMOo>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=i-3FjyD7LeA>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=1A1qGxlaks4>
8. <https://www.engadget.com/2018/02/19/microsoft-windows-10-arm-limitations/>

УДК 378.147:373.3.016:004

Клехо О.В.

Луцький педагогічний коледж

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ У ПОЧАТКОВІЙ ШКОЛІ В УМОВАХ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ

Клехо О.В. Особливості формування фахової компетентності майбутніх вчителів інформатики у початковій школі в умовах компетентісного підходу. У статті розглядається проблема формування фахової компетентності у студентів педагогічного коледжу на заняттях з інформатики та методики навчання інформатики. З'ясовано сучасні підходи до фахової підготовки майбутніх вчителів інформатики для нової української школи, а також висвітлено особливості змісту та методів професійної підготовки студентів. Розкрито зміст навчальних дисциплін щодо професійного розвитку особистості студента через використання методу дискусійного обговорення питань.

Ключові слова: компетентність, фахова компетентність, компетентісний підхід, вчитель інформатики в початковій школі, методи та форми навчання.

Klekh O.V. Features of the formation of professional competence of future teachers of informatics in elementary school in the conditions of a competent approach. The article deals with the problem of formation of professional competence among students of the pedagogical college at the lessons on computer science and teaching methods of computer science. The modern approaches to the professional training of future teachers of computer science for the new Ukrainian school are revealed, as well as features of the content and methods of professional training of students are highlighted. The content of educational disciplines concerning professional development of the student's personality is revealed through using the method of discussion discussion of issues.

Key words: competence, professional competence, competence approach, teacher of computer science in elementary school, methods and forms of training.

Клехо Е.В. Особенности формирования профессиональной компетентности будущих учителей информатики в начальной школе в условиях компетентного подхода. В статье рассматривается проблема формирования профессиональной компетентности у студентов педагогического колледжа на занятиях по информатике и методике обучения информатике. Выяснено современные подходы к профессиональной подготовке будущих учителей информатики для новой украинской школы, а также освещены особенности содержания и методов профессиональной подготовки студентов. Раскрыто содержание учебных дисциплин по профессиональному развитию личности студента через использование метода дискуссионного обсуждения вопросов.

Ключевые слова: компетентность, профессиональная компетентность, компетентностный подход, учитель информатики в начальной школе, методы и формы обучения.

Постановка наукової проблеми. Головною метою підготовки фахівця у соціально-економічних умовах інформаційного суспільства стає не здобуття ним кваліфікації у вибраній сфері, а набуття та розвиток певних компетентностей, які мають забезпечити йому можливість адаптуватися в умовах динамічного розвитку сучасного світу.

Проблема формування професійної компетентності майбутнього вчителя початкових класів – це підготовка вчителя, здатного глибоко і критично мислити, моделювати освітній процес, самостійно генерувати і втілювати у практику початкової школи нові ідеї та технології навчання і виховання. Професійно-компетентний вчитель має потенціал як для досягнення вагомих результатів у навчальній діяльності, так і для позитивного впливу на формування цілісної особистості учня, бажання постійно працювати над собою, підвищувати самостійно свій фаховий рівень підготовки. [11, 25]

Авторські дослідження будуть базуватися на основі викладання фахових дисциплін для спеціальності «Початкова освіта» з додатковою кваліфікацією вчитель інформатики в початковій школі Луцького педагогічного коледжу, і є продовженням публікації результатів досліджуваної проблеми.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Закон України «Про освіту» [1], Національна доктрина розвитку освіти [2] пропагують особистісний розвиток вчителя як найвищу цінність суспільства. Цьому присвячені наукові дослідження у галузі філософії освіти (В. Андрущенко, Б. Гершунський, І. Зязюн, В. Кремень та ін.); професійної підготовки фахівців у вищій школі (А. Алексюк, С. Гамараш, С. Гончаренко, А. Гуржій, А. Капська, В. Козаков, М. Лазарев, П. Підкасистий, В. Семиченко, С. Сисоєва, А.В. Сохань [8] та ін.); теорії компетентісного підходу до навчання (В. Байденко, Є. Зеєр, І. Зимня, І. Зязюн, Н. Кузьміна) [5].

Постановка завдання. Метою статті є продовження теоретичного обґрунтування окремих аспектів формування фахової компетентності майбутнього вчителя початкової школи та вчителя інформатики в початковій школі, а також розробку та реалізацію прикладів практичних завдань, які

успішно реалізують суть компетентнісного підходу на заняттях з методики навчання інформатики у коледжі.

Основними завданнями, які ставить перед собою автор є:

- продовжити аналіз матеріалів вітчизняних та зарубіжних авторів з даного питання;
- продемонструвати результати дослідження питань, що стосуються фахової компетентності майбутніх вчителів – випускників коледжу;
- дослідити роль інтерактивних методів навчання, а саме (ситуативного моделювання, опрацювання дискусійних питань, дослідницько-пошукових, технологій критичного мислення) у формуванні окремих компонент фахової компетентності вчителя інформатики в початковій школі;
- публікація методичних розробок практичних завдань, лекційних занять для формування фахової компетентності майбутніх вчителів.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Сучасне суспільство вимагає виховання самостійних, ініціативних, відповідальних громадян, здатних ефективно взаємодіяти у виконанні соціальних, виробничих і економічних завдань. Виконання цих завдань потребує розвитку особистісних якостей і творчих здібностей людини, умінь самостійно здобувати нові знання та розв'язувати проблеми, орієнтуватися в житті суспільства. Саме ці пріоритети лежать в основі реформування сучасної загальноосвітньої школи, головне завдання якої — підготувати компетентну особистість, здатну знаходити правильні рішення у конкретних навчальних, життєвих, а в майбутньому і професійних ситуаціях. Тому актуальним завданням сучасної школи є реалізація компетентнісного підходу в навчанні, який передбачає спрямованість освітнього процесу на формування і розвиток ключових компетенцій особистості. Результатом такого процесу має бути сформованість загальної компетентності людини, яка включає сукупність ключових компетенцій і є інтегрованою характеристикою особистості.

Сучасна початкова школа не може залишатися осторонь від процесів модернізації освіти, які відбуваються нині в усьому світі, і в Україні зокрема. Початкової ланки освіти стосуються всі світові тенденції та інновації: особистісно орієнтований підхід, інформатизація, інтеграція. До них належить і компетентнісний підхід, поява якого пов'язана, насамперед, з кризою освіти, що полягає в протиріччі між програмовими вимогами до учня, запитам суспільства і потребами самої особистості в освіті. Адже довгий час у вітчизняній системі освіти домінував знаннєвий підхід, результатом навчання якого була сукупність накопичених учнем знань, умінь і навичок.

Інформаційне суспільство формує нову систему цінностей, в якій володіння знаннями, вміннями і навичками є необхідним, але недостатнім результатом освіти. Від людини вимагаються вміння орієнтуватися в інформаційних потоках, освоювати нові технології, самонавчатися, шукати і використовувати нові знання, володіти такими якостями, як універсальність мислення, динамізм, мобільність.

Ідея компетентнісного підходу – одна із відповідей на запитання, який результат освіти необхідний особистості і затребуваний сучасним суспільством. Формування компетентності учня на сьогоднішній день є однією із актуальних проблем освіти і може розглядатися як вихід із проблемної ситуації, що виникла через протиріччя між необхідністю забезпечити якість освіти та неможливістю вирішити цю проблему традиційним шляхом.

В сучасних дослідженнях фахову компетентність обґрунтовують як у складі професійної, так і проводячи між ними аналогію. Досліджуючи професійну компетентність, багато вчених її складовою визначають фахову, трактуючи її як складову підготовленості особистості майбутнього фахівця, що проявляється в здатності та готовності до здійснення конкретного виду професійної діяльності. Недостатньо мати фундаментальну теоретичну і практичну складові підготовки, щоб бути компетентним фахівцем, треба бути особистісно, професійно та психологічно готовим до ефективного застосування набутих фахових знань у професійній діяльності. [11, 25-27]

Формування фахової компетентності майбутнього вчителя початкової школи представляє собою цілісний безперервний процес, який реалізується в умовах освітнього середовища професійної підготовки даних фахівців з використанням інтерактивних методів навчання.

Інтерактивна діяльність на заняттях передбачає організацію й розвиток діалогового спілкування, що веде до взаєморозуміння, взаємодії, до спільного рішення загальних, але значущих для кожного учасника завдань. [10]

Тобто, інтерактивні методи можна трактувати як способи цілеспрямованої міжсуб'єктної взаємодії викладача і студентів зі створення оптимальних умов для свого розвитку [10].

У попередніх дослідженнях ключової проблеми, ми розглядали практичне застосування методів ситуативного моделювання, а у даній статті досліджуємо ефективність використання у структурі професійної підготовки майбутніх педагогів групи інтерактивних методів навчання, зокрема, дискусійного обговорення питань.

Дискусії є важливим засобом пізнавальної діяльності у процесі навчання. За визначенням науковців, дискусія – це широке публічне обговорення якогось спірного питання. Вона значною мірою сприяє розвитку критичного мислення, дає можливість визначити власну позицію, формує навички відстоювати свою думку, поглиблює знання з обговорюваної проблеми і все це повністю відповідає завданням сучасної школи. Дехто з фахівців відносить дискусію як до методів навчання (способів роботи зі змістом навчального матеріалу), так і до форм організації навчання. Певна кількість науковців вважає дискусію різновидом ігрових форм занять, співробітництва, коли з обговорюваної проблеми ініціативно висловлюються всі учасники спільної діяльності. [11]

У літературі також існують різні погляди щодо функцій дискусії в навчанні. Вона може виступати як метод засвоєння знань, закріплення їх і вироблення вмінь і навичок, як метод розвитку психічних функцій, творчих здібностей і особистісних якостей, а також як метод стимулювання і мотивації учіння.

Сучасна дидактика визнає велику освітню і виховну цінність дискусій. Вони вчать глибокому розумінню проблеми, самостійній позиції, оперуванню аргументами, краще розуміти іншого, сприяють уточненню власних переконань і формуванню власного погляду на світ.

Досвід використання дискусій у навчанні дозволяє сформулювати деякі головні організаційно-педагогічні підвалини, які є спільними для будь-яких різновидів дискусій:

- ✓ проведення дискусії необхідно починати з постановки конкретного дискусійного питання (тобто такого, яке не має однозначної відповіді і допускає різні варіанти вирішення, зокрема протилежні);
- ✓ не слід ставити конкретні запитання на зразок: хто правий, а хто – ні в тому чи іншому питанні;
- ✓ у центрі уваги має бути ймовірний перебіг (Що було б можливим за тим чи іншим збігом обставин? Що могло б відбуватись, якби...? Чи були альтернативні можливості, дії);
- ✓ усі вислови студентів мають бути у руслі обговорюваної теми.

В умовах формування професійної компетентності майбутніх вчителів інформатики в початковій школі, застосування технологій інтерактивного навчання привнесе унікальність у викладання навчальних предметів спеціального спрямування, зокрема методики навчання інформатики.

Тому, ми вважаємо, що не менш ефективним методом викладання цієї дисципліни у професійній підготовці майбутніх вчителів інформатики в початковій школі є саме метод дискусій.

Пропонуємо, як доказ, результати опитування студентів 4 курсу спеціальності «Початкова освіта» з додатковою кваліфікацією «Вчитель інформатики у початковій школі»:

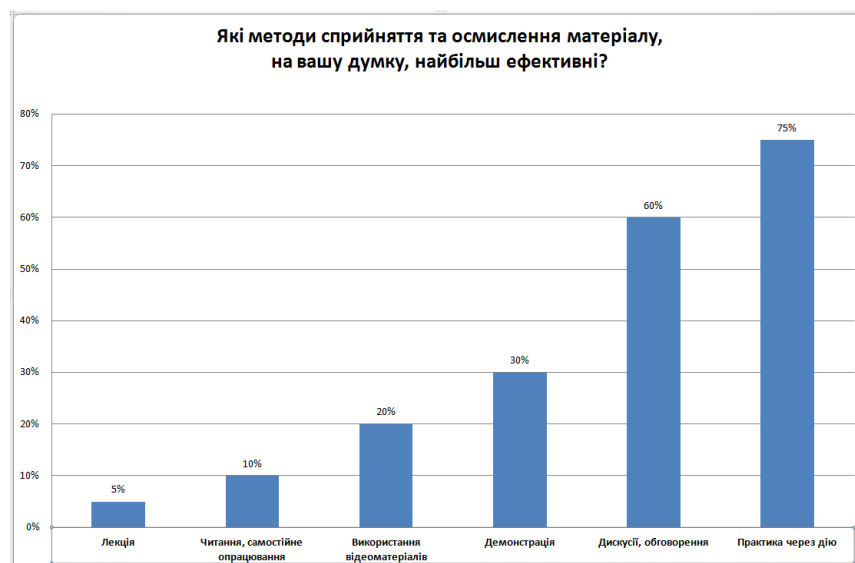


Рис.1 Результати опитування

Як бачимо, дискусії під час проведення занять займають 2 місце у рейтингу найбільш ефективних методів навчання, на думку студентів.

Наведемо фрагмент практичного заняття з методики навчання інформатики, на якому використано метод обговорення дискусійних питань перед виконанням завдань для формування вмінь та навиків основної частини.

Тема: Методика вивчення змістової лінії «Комунікаційні технології»

Мета: розглянути структуру та зміст основних понять цієї змістової лінії, проаналізувати програмне забезпечення для вивчення теми, визначити структуру форм та методів навчання.

Питання для обговорення:

1. Дослідити та обговорити зміст основних понять змістової лінії «Комунікаційні технології» та проаналізувати тематику уроків у різних класах.
2. Проаналізувати програмне забезпечення для вивчення даної змістової лінії та скласти перелік компетентностей, які формуються в результаті використання даного ПЗ.
3. Зробити висновок про основну специфіку формування компетентностей по вивченню цієї змістової лінії та принцип побудови їх вивчення (див. навчальну програму, характеристика змісту навчання).
4. Визначити, які основні методи навчання для цієї теми необхідно використовувати.
5. Перейти за посиланням <https://nbukids.wordpress.com> і спробуйте пройти декілька етапів гри в Дикий Інтернет-ліс.

Пропонуємо фрагмент лекційного заняття, яке передбачає вивчення теми «Методика вивчення основних тем курсу «Сходинки до інформатики».

Метою даного заняття визначено: ознайомити із структурою курсу та змістом тем, що вивчаються та методичними рекомендаціями для вчителя початкової школи у 2017-2018 н.р., сформувати уявлення про основні компетентності, якими повинен володіти учень після завершення вивчення кожної теми, узагальнити та систематизувати рівень знання із змістових ліній курсу.

На початку заняття студентам пропонуються ключові питання лекції:

1. Ознайомитись з Концепцією початкової освіти (задано на самостійне опрацювання на попередньому занятті, тому всі обговорення будуть посилатись на зміст Концепції).
2. Аналіз методичних рекомендацій щодо вивчення інформатики у початковій школи у 2017-2018н.р. (ознайомитись з даними рекомендаціями за планом)
 - ✓ дослідити суть компетентнісного підходу для ефективного навчання у початковій школі, сформувати основні його аспекти у новому Державному стандарті;
 - ✓ проаналізувати основні зміни у навчальній програмі, зокрема, що стосується інформатики;
 - ✓ порівняти, що змінилося в оцінюванні навчальних досягнень учнів різних класів;
 - ✓ сформувати зміст оновленої програми «Сходинки до інформатики» в усіх класах;
 - ✓ визначити перелік рекомендованих методів та форм навчання для організації уроків;
 - ✓ розробити практичне завдання для формування предметних компетенцій, враховуючи компетентнісні засади (особистісний підхід, діяльнісний підхід, тощо) для реалізації міжпредметної інтеграції та практичної спрямованості навчального процесу з будь-якої теми для 2 класу.
3. Результати аналітичних досліджень оформити у вигляді опорного конспекту письмово.

Висновки і перспективи подальшого дослідження. Таким чином, використавши методи наукових досліджень, проаналізувавши ряд літературних та інтернет-джерел, акумулювавши власний досвід та матеріали інших авторів, ми отримали наступні результати:

- детальніше ознайомились із поняттям фахової компетентності вчителя початкової школи та її складовими компонентами;
- визначили вирішальну роль інтерактивних методів навчання у викладанні дисциплін спеціального спрямування для підготовки майбутніх вчителів інформатики у початковій школі;
- переконались, що інтерактивні технології – це певна система методів, спрямованих не тільки на набуття компетенцій шляхом отримання знань, їхнє запам'ятовування, а й на відтворення та творче застосування у процесі реальної педагогічної ситуації;

Надалі наші дослідження будуть спрямовані на вивчення окремих складових професійної компетентності майбутнього вчителя початкової школи, зокрема інформаційної компетентності з

подальшою розробкою та використанням демонстраційних прикладів, інструктивних карток та інших навчально-методичних матеріалів.

1. Закон України «Про освіту».
2. Національна доктрина розвитку освіти.
3. Єрмаков І.Г. Розвивати життєву компетентність / І.Г.Єрмаков., Д.О.Пузіков // Шкільний світ. – изд., испр. и доп. – М. : Академия, 2006. – 304 с.
4. Життєва компетентність особистості : наук.-метод. посіб. / за ред. Л. В. Сохань. – К. : Богдана, 2003. – 520 с.
5. Онищенко І. Модель формування фахової компетентності майбутнього вчителя початкових класів [Електронний ресурс] / Ірина Онищенко – Режим доступу: <http://archive.nbu.gov.ua/portal>
6. Пометун О. Навчаємо по-іншому [посібник для викладачів професійно-технічних училищ] / О.Пометун та ін. К.,2008. – с. 14-15.
7. Психологія і педагогіка життєтворчості / Навч.-метод. посібник за ред. Л.В.Сохань, І.Г.Єрмакова, В.О.Тихоновича.– К., 1996. – 792 с.
8. Симуляції або імітаційні ігри [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rusnauka.com>
9. Ярошинська О. Формування фахової компетентності майбутніх учителів початкової школи в умовах освітнього середовища професійної підготовки [Електронний ресурс] / Олена Ярошинська - Режим доступу: <http://irbis-nbu.gov.ua>
10. Яшук І. П. Формування життєво компетентної особистості : науково-методичний посібник / І. П. Яшук. – Хмельницький : Видавництво Хмельницького гуманітарно-педагогічного інституту, 1999. – 54 с.
11. Електронний ресурс] – Режим доступу: http://studopedia.com.ua/1_278032_tehnologii-opratsyuvannya-diskusiynih-pitan.html

Рецензенти:

Марчук Сергій Степанович, кандидат педагогічних наук, завідувач кафедри викладачів психолого-педагогічних дисциплін Луцького педагогічного коледжу;

Муляр Вадим Петрович, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій СНУ імені Лесі Українки

УДК 004.032.26:004.65

Рубець Антон Вікторович, аспірант

Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОБУДОВА КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Рубець А.В. Побудова комплексної моделі нейромережевого аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу. Проведено аналіз комплексної моделі нейромережевого аналізу великих обсягів даних. Показано що в її основу може бути покладено алгоритм на базі архітектури нейромережі прямого поширення. Визначено базову процедуру прогнозування та ідентифікації системних проблем, що виникають при обробці великих масивів даних у режимі реального часу. Зазначено, що для співставлення та аналізу результатів роботи нейромереж необхідно ввести такі базові критерії оцінки, як результативність, процент невдач, середньо квадратична похибка та коефіцієнт змішаної кореляції. Наголошено, що базова модель нейромережевого алгоритму може являти собою багатошаровий перцептрон, що є елементарним видом нейромережі прямого поширення, яка характеризується мінімальною ресурсоемністю, але при цьому надає можливість побудувати мережу глибинного навчання. Побудовано залежності показників результативності, середньо квадратичної похибки та коефіцієнту змішаної кореляції в залежності від режиму навчання та контролю навчання нейромережевого алгоритму.

Ключові слова: Нейромережевий алгоритм, дата майнінг, нейромережа прямого поширення, коефіцієнт змішаної кореляції, рандомізація.

Рубець А. В. Построение комплексной модели нейросетевого анализа больших объемов данных в режиме реального времени. Проведен анализ комплексной модели нейросетевого анализа больших объемов данных. Показано что в ее основу может быть положен алгоритм на базе архитектуры нейросети прямого распространения. Отмечено, что для сопоставления и анализа результатов работы нейронных сетей необходимо ввести такие базовые критерии оценки, как результативность, процент неудач, среднее квадратическая погрешность и коэффициент смешанной корреляции. Отмечено, что базовая модель нейросетевого алгоритма может представлять собой многослойный перцептрон, что является элементарным видом нейросети прямого распространения, которая характеризуется минимальной ресурсоемкостью, но при этом дает возможность построить сеть глубинного обучения. Построены зависимости показателей результативности, среднеквадратичной погрешности и коэффициента смешанной корреляции в зависимости от режима обучения и контроля обучения нейросетевого алгоритма.

Ключевые слова: нейросетевой алгоритм, дата майнинг, нейросеть прямого распространения, коэффициент смешанной корреляции, рандомизация.

Rubets Anton. Development of the ann complex model for analysis of large amounts of data in real time. A complex model of artificial neural network analysis of large amounts of data was considered. It is shown that the model can be based on an algorithm of feedforward neural network architecture. A basic procedure for predicting and identifying system problems that arise when processing large data sets in real time is defined. The criteria that must be introduced to compare and analyze the performance of the neural networks are indicated. Dependences of performance indicators, root-mean-square error and coefficient of mixed correlation depending on the training mode and control of the neural network algorithm learning were demonstrated. The cross-validation ensemble artificial neural network technique was compared to the classic artificial neural network and modern machining learning algorithms. Finally, it was presented algorithm which included the estimation of best-trained cross-validation ensemble artificial neural network, which was used for prediction of the time of failure of the system.

Key words: neural network algorithm, data mining, feedforward neural network, coefficient of mixed correlation, randomization.

Вступ

Аналіз великих об'ємів даних у режимі реального часу є найбільш важливим завданням при розробці сучасних інформаційних систем. Розвиток мережевих ресурсів зумовлює необхідність у збільшенні персоналу, що аналізує вхідний трафік і контролює стабільність стану системи. Це призводить до експоненційного зростання витрат на організацію інформаційної системи та збільшенню ризиків пов'язаних з «людським фактором». Вирішення даної проблеми полягає у використанні нейромережевих алгоритмів, що здатні до навчання та адаптації до змін і масштабування інформаційної системи.

З метою визначення ключових аспектів зазначеної проблеми було проведено аналіз останніх досліджень і публікацій, присвячених використанню нейромережевих моделей (НММ) при аналізі великих об'ємів даних у режимі реального часу. Так, у роботах [1, 2] показані загальні принципи побудови нейромережевої архітектури та навчання нейромережевих алгоритмів у режимі реального часу. Було проведено аналіз використання з цією метою нейромереж прямого поширення [3], зокрема нейромереж на основі алгоритму рою частинок (ітераційного алгоритму рою частинок і

еволюційного алгоритму рою частинок), що показали найбільш високу ефективність. Також розглянуті еволюційні алгоритми НММ [4], алгоритми на основі нечіткої логіки [5], теорії розмитих і грубих множин [6], векторних машин [7], кепстрального метода [8, 9] і НММ з використанням експертної оцінки [10].

Тим не менш, окремі дослідження не дають можливість побудувати цілісної методології та визначити ефективну стратегію створення платформи нейромережевого аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу. Тому метою даної роботи є проведення системного аналізу результатів досліджень, порівняння різних підходів у даній галузі та визначення критеріїв функціональності комплексної нейромережевої моделі, а також побудова відповідної методологічної бази.

Виклад основного матеріалу дослідження

1. Математична модель штучної нейронної мережі

Базовим елементами нейромережевої моделі є штучні нейрони та вагові зв'язки між ними, що являють собою елементарну обчислювальну одиницю та змінну [1, 2]. Штучні нейрони поділяються на вхідні (input), приховані (hidden) та вихідні (output). Дана класифікація функціонально відповідає поділенню нейронів біологічної нейронної мережі на рецепторні, проміжні та ефекторні, відповідно (вагові коефіцієнти у рамках даної аналогії, очевидно, відповідають синапсам). При аналізі структури НММ нейрони розбивають на один шар вхідних нейронів, один або декілька шарів прихованих нейронів та один шар вихідних нейронів. Розглянемо два проміжні шари $h_i(h-1)$, що складаються за I і J нейронів, відповідно ($i \in [1; I]$, $j \in [1; J]$), у рамках нейромережевої архітектури (рис. 1), що утримує H прихованих шарів ($h \in [1; H]$), вхідного шару, що складається з A нейронів та вихідного шару, що складається з Y нейронів ($a \in [1; A]$, $y \in [1; Y]$)

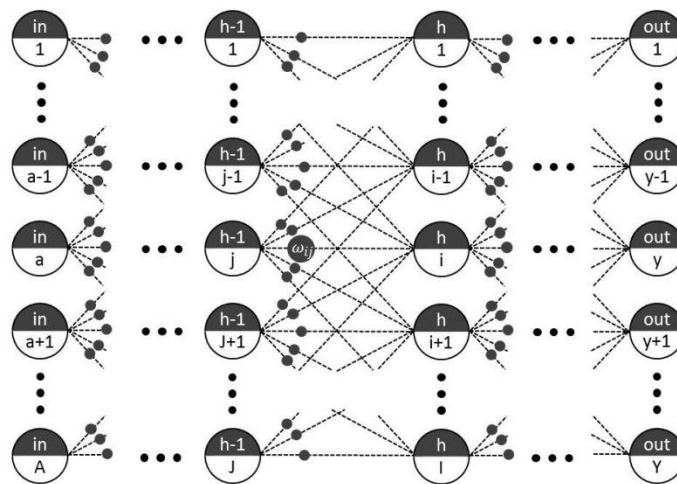


Рис. 1. Модель утворення вхідних даних нейрона у НММ прямого поширення.

При цьому вхідні дані нейрона формуються як нормалізована функцією активації (сигмоїда чи гіперболічний тангенс) сума вихідних даних нейронів попереднього шару, кожен з яких множиться на відповідні вагові коефіцієнти ω_{ij} [1, 2]. Так, для прихованого нейрона i шару h значення складатиме X_i^h :

$$\begin{cases} S_i^h = \sum_{j=1}^J \omega_{ij} \cdot X_j^{h-1} \\ \left[\begin{array}{l} X_i^h = 1 / (1 + e^{-k S_i^h}) \\ X_i^h = (e^{k S_i^h} + 1) / (e^{k S_i^h} + 1) \end{array} \right. \end{cases}, \quad (1)$$

де k — константа, а S_i^h — сума вихідних сигналів нейронів попереднього шару.

Вхідні дані нейронів вихідного шару формуються як нормалізовані суми вихідних даних нейронів останнього прихованого шару помножених на вагові коефіцієнти, вхідні дані нейронів першого шару формуються як нормалізовані суми вихідних даних нейронів вхідного шару помножених на вагові коефіцієнти, а дані нейронів вхідного шару формуються на основі нормалізованих вхідних даних всієї НММ.

Також у архітектурі НММ можуть використовуватись нейрони зміщення, що змінюють дані, які поступають на вхід інших нейронів шару шляхом зсуву функції. Вхідне та вихідне значення нейрону зміщення дорівнює «1», вони можуть бути присутні на вхідному і проміжних шарах, з'єднуючись з усіма нейронами наступного рівня, крім інших нейронів зміщення. Через те що нейрони зміщення функціонально відносять лише до обробки цифрового сигналу, вони не мають аналогів у біологічних структурах.

Загальна кількість тренувальних сетів, що проходить НММ, визначає кількість ітерацій, а кількість проходження повного набору тренувального сету визначається значенням епохи. Натренованість мережі визначається величиною помилки, що вказує на розходження між бажаною відповіддю та отриманим результатом. При правильній організації архітектури НММ з кожною новою епохою натренованість має зростати. Нехай N — кількість тренувальних сетів, Y_{ny} — вихідні дані вихідних нейронів НММ, Z_{ny} — бажані значення вихідних нейронів НММ. У такому разі, функція ефективності визначається через пошук мінімуму величини ε :

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{y=1}^Y (Y_{ny} - Z_{ny})^2 \quad (2)$$

При побудові архітектури НММ, що спеціалізується на певному класі задач, необхідно обрати гіперпараметри, до яких відносяться цільові функції роботи нейромережових алгоритмів та їх аргументи [1, 2]. До цільових функцій у даному разі зазвичай відносять:

- збіжність системи;
- швидкість навчання;
- складність організації.

У свою чергу, параметри даних функцій складаються зі значень:

- кількості прихованих шарів;
- кількість нейронів у кожному шарі;
- кількості нейронів зміщення.

Наступним етапом є попереднє навчання НММ, для чого необхідно обрати метод у навчання у відповідності за наступними класифікаціями:

- навчання зі вчителем;
- навчання без учителя;
- навчання з підкріпленням.

І, відповідно, далі виникає потреба у виборі алгоритму знаходження екстремуму цільової функції, серед яких можна виділити.

- стохастичний метод градієнтного спуску;
- пакетний метод градієнтного спуску;
- міні-пакетний метод градієнтного спуску.

Метод «навчання зі вчителем» використовується коли визначено результат, що має бути отримано на виході НММ, а відповідно і розбіжність $(Y_{ny} - Z_{ny})$. У випадку навчання з підкріпленням не існує однозначного набору Z_{ny} , але при цьому є можливість визначити динаміку збіжності системи.

Схема «навчання без учителя» використовується для виділення параметрів набору вхідних образів, та, відповідно їх класифікації за даними параметрами, тому у даному випадку не існує очевидного підходу для використання алгоритму пошуку екстремуму цільової функції збіжності системи ε .

Алгоритми градієнтного спуску, у свою чергу, розрізняються швидкістю пошуку екстремуму функції ε та ймовірності отримання локального екстремуму (що є незадовільним результатом навчання). Застосування пакетного методу полягає у обчисленні значення ε після закінчення кожної

епохи для всіх зразків, з подальшим внесенням поправок у вагові коефіцієнти кожного нейрона. При стохастичному методі поправки на вагові коефіцієнти для кожного зразка сету вводяться після обчислення вихідних даних мережі. Навчання НММ за пакетним методом характеризується перевагою по швидкості, але при цьому є вразливим по відношенню до отримання локального екстремуму цільової функції. Мініпакетний метод градієнтного спуску можна розглядати як компромісний між пакетним та стохастичним.

2. Нейромережевий аналіз великих обсягів даних

Нейромережевий аналіз даних полягає у прогнозуванні потенційних системних проблем, що базується на великій вибірці попередньо оброблених даних (рис. 2).

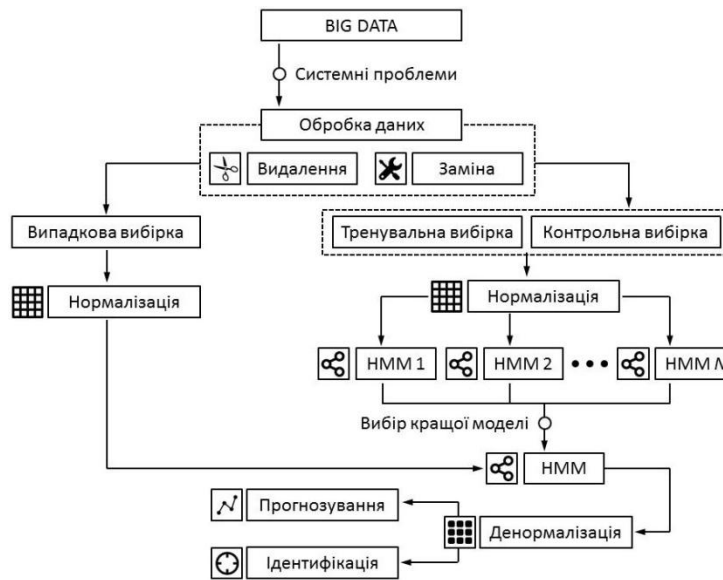


Рис. 2. Нейромережева процедура прогнозування та ідентифікації системних проблем, що виникають при обробці масивів даних типу «Big Data».

Як показано на рис. 2, нейромережевому аналізу передують аналіз стану системи та виявлення поточних проблем у режимі реального часу. Це відповідає етапу попередньої обробки даних, при якому відбувається аналіз відхилень, заміна пошкоджених даних та видалення елементів, що не становлять інформаційної цінності (як то неповних рядків таблиць, стовпців, тощо). Даний етап також може включати у себе інтеграцію, дискретизацію і форматування даних, що здійснюється з метою підвищити ефективність роботи НММ. У результаті має бути визначено ефективний обсяг повної вибірки даних, що складає основу навчальної вибірки для тренування нейромережевих алгоритмів та контрольну вибірку для оцінки їх навчання [1-3]. Ефективність навчання НММ, що може бути побудована на основі нейромережі прямого поширення (рис. 3), при цьому оцінюється у відповідності до процедури викладеної вище, тобто шляхом визначення екстремуму цільової функції.

Згідно зі схемою, представленою на рис. 3, алгоритм формування НММ базується на рандомізації фрагментів повної вибірки з метою побудови масиву навчальних вибірок та контрольної вибірки, а також рандомізації гіперпараметрів та схеми навчання нейромережевої архітектури. Базова модель нейромережевого алгоритму може являти собою багатопартийний перцептрон, що є елементарним видом нейромережі прямого поширення, яка характеризується мінімальною ресурсоемністю, але при цьому надає можливість побудувати мережу глибокого навчання [3-5]. Ефективність кожної з побудованих мереж визначається шляхом співставлення результатів застосування контрольної вибірки (збіжність системи) з кількістю тренувальних сегів (ресурсоемність моделі).

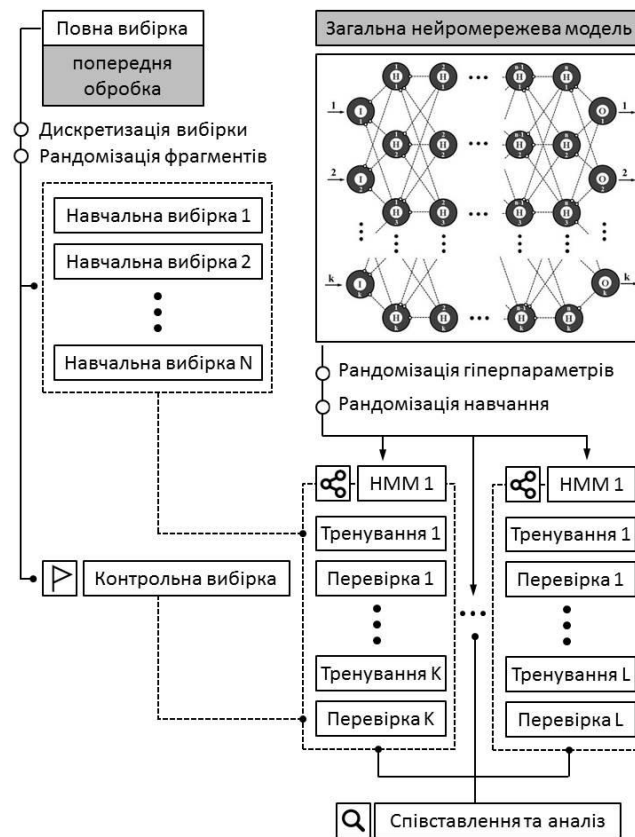


Рис. 3. Алгоритм формування архітектури НММ, що базується на основі методів рандомізації та перехресної перевірки.

3. Результати нейромережевого аналізу масивів даних у режимі реального часу

Для співставлення та аналізу результатів роботи НММ у залежності від архітектури та процедури тренування необхідно ввести базові критерії оцінки [1, 3-5], зокрема такі як результативність (HR: Hit Ratio), процент невдач (MR: Miss Ratio) та середньоквадратична похибка. Результативність k_{HR} оцінюється як співвідношення кількості вірно передбачених статусів цільових компонент навчальної вибірки N_+ до повного значення кількості даних компонент N_Σ :

$$k_{HR} = N_+ / N_\Sigma . \quad (3)$$

Аналогічним чином, процент невдач k_{MR} розраховується як величина обернена до результативності:

$$k_{MR} = 1 - N_+ / N_\Sigma = 1 - k_{HR} . \quad (4)$$

Середньоквадратична похибка σ , у свою чергу дозволяє отримати більш точний критерій оцінки. Дана величина базується на порівнянні даних (представлених у числовій формі) на виході реальної системи T_i та прогнозованої нейромережевими алгоритмами моделі даної системи P_i :

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{N_\Sigma} (T_i - P_i)^2}{N_\Sigma} . \quad (5)$$

На практиці замість величини середньоквадратичної похибки часто використовують коефіцієнт змішаної кореляції R^2 , що дозволяє визначити наскільки добре прогнозоване значення залежної змінної, отримане на основі вибраного прогнозного значення відповідає фактичним даним:

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^{N_T} ((T_i - \bar{T}_i) - (P_i - \bar{P}_i)))^2}{\sum_{i=1}^{N_T} (T_i - \bar{T}_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N_P} (P_i - \bar{P}_i)^2}, \quad (6)$$

Де \bar{T}_i та \bar{P}_i відповідають середнім значенням величин T_i та P_i , відповідно.

Ключовими факторами, що визначають ефективність процесу навчання НММ у рамках розглянутої вище процедури є співвідношення етапів тренування НММ на навчальній вибірці до етапів контролю НММ на контрольній вибірці (TD-VD: Training Dataset - Validation Dataset), а також величина сукупного впливу цільових компонент (CTCI: Cumulative Target Component Influence) навчальної вибірки. CNCI визначається як співвідношення тих компонент, що потенційно впливають на стан системи і використовуються у навчальній вибірці до повної кількості компонент даного типу. Очевидно, що при збільшенні значення CNCI збільшується точність роботи НММ, але при цьому зростає час її тренування [3-5]. На рис. 4-6 показано залежність коефіцієнту змішаної кореляції (рис. 4), середньо квадратичної похибки (рис. 5) та результативності НММ (рис. 6) від значення TD-VD для різних CNCI (95,5%, 99,3%, 99,9% та 100%).

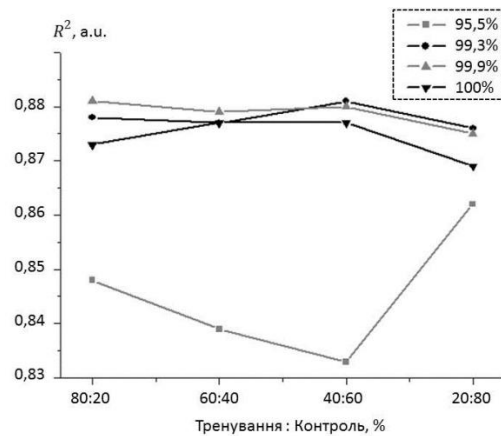


Рис. 4. Залежність коефіцієнту змішаної кореляції від співвідношення TD-VD.

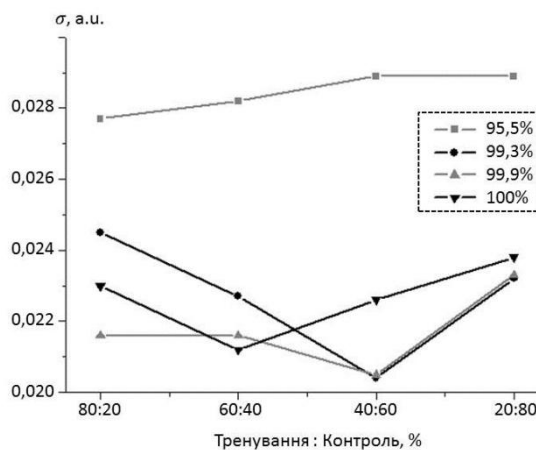


Рис. 5. Залежність середньо квадратичної похибки від співвідношення TD-VD.

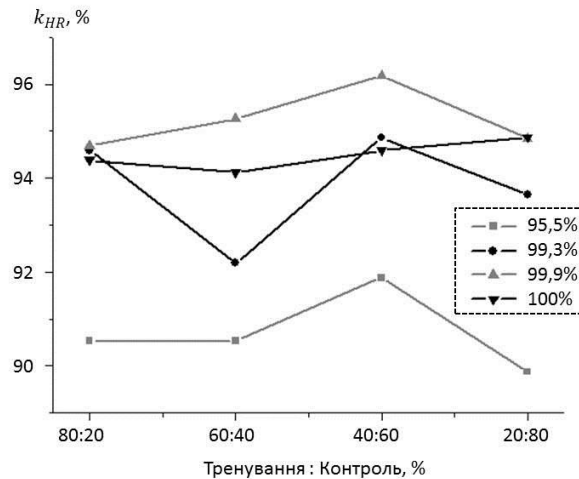


Рис. 6. Залежність результативності НММ від співвідношення TD-VD.

На основі даного алгоритму також можливо визначити оптимальну архітектуру НММ, порівнюючи різні нейромережеві алгоритми, а не режими їх роботи. Табл. 1 показує, що найбільшу ефективність при вирішенні завдання аналізу великих об'ємів даних у режимі реального часу виконують нейромережі прямого поширення, а також НММ, побудовані на їх основі [3-10].

Таблиця 1

Нейромережеві алгоритми, що демонструють найбільшу точність аналізу великих об'ємів даних інформаційних систем при роботі у режимі реального часу [3-10].

Вид нейромережевого алгоритму	Точність аналізу даних
Нейромережа прямого поширення	95%
Нейромережа на основі алгоритму рою частинок	96%
Нейромережа на основі ітераційного алгоритму рою частинок	97%
Нейромережа на основі еволюційного алгоритму рою частинок	98%

Слід зазначити, що проведення подальшого аналізу ефективності НММ вимагає співставлення ефективності нейромережевих алгоритмів у різних режимах роботи та навчання.

Висновки. В результаті аналізу було показано, що в основу комплексної моделі нейромережевого аналізу великих обсягів даних може бути покладена нейромережа прямого поширення типу багатoshарового перцептронну або нейромережева архітектура на її основі. Визначено процедуру прогнозування та ідентифікації системних проблем, що виникають при обробці масивів даних у режимі реального часу. Зазначено, що для співставлення та аналізу результатів роботи нейромереж необхідно ввести такі базові критерії оцінки, як результативність, процент невдач, середньо квадратична похибка та коефіцієнт змішаної кореляції.

1. Buscema, Massimo, 2013. Supervised Artificial Neural Networks: Backpropagation Neural Networks. *Intelligent Data Mining in Law Enforcement Analytics: New Neural Networks Applied to Real Problems*. pp. 119–135. doi:10.1007/978-94-007-4914-6_7.
2. Buscema, Massimo, 2015. Supervised Artificial Neural Networks: Backpropagation Neural Networks. *Intelligent Data Mining in Law Enforcement Analytics*. Nov. 2012, Bangalore, P.; Tjernberg, L.B. An artificial neural network approach for early fault detection of gearbox bearings. *IEEE Trans. Smart Grid*, 6, pp. 980–987.
3. Illias, H. A., Chai, X. R., & Mokhlis, H., 2015. Transformer incipient fault prediction using combined artificial neural network and various particle swarm optimisation techniques. *Plos One*, 10(6), e0129363.
4. Zakaria, F.; Johari, D.; Musirin, I., 2014. Optimized Artificial Neural Network for the detection of incipient faults in power transformer. *In Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO)*, Langkawi, Malaysia, 24–25 March 2014; pp. 635–640.

5. Ahmed, M.R.; Geliel, M.A.; Khalil, A., 2013. Power transformer fault diagnosis using fuzzy logic technique based on dissolved gas analysis. In *Proceedings of the 2013 IEEE 21st Mediterranean Conference on Control & Automation (MED)*, Chania, Greece, 25–28 June 2013; pp. 584–589.
6. Setiawan, N.A.; Adhiarga, Z., 2012. Power transformer incipient faults diagnosis using Dissolved Gas Analysis and Rough Set. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Bali, Indonesia, 23–27 September 2012, pp. 950–953.
7. Yang, H.T.; Huang, Y.C., 2016. Self-Organizing Networks. *Advanced Wireless Networks*, pp. 478–485., doi:10.1002/9781119096863.ch13.
8. Antoni, J., 2006. The spectral kurtosis: A useful tool for characterising non-stationary signals. *Mech. Syst. Signal Process.*, 20, pp. 282–307.
9. Borghesani, P., Pennacchi, P., Randall, R., Sawalhi, N., Ricci, R., 2013. Application of cepstrum pre-whitening for the diagnosis of bearing faults under variable speed conditions. *Mech. Syst. Signal Process.*, 36, pp. 370–384.
10. Wang, Z.; Liu, Y.; Griffin, P.J., 1998. A combined ANN and expert system tool for transformer fault diagnosis. *IEEE Trans. Power Deliv.*, 13, pp. 1224–1229.

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 власнї публікації допускаються тїльки у випадку крайньої необхідностї; 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 вїдеустностї 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)»