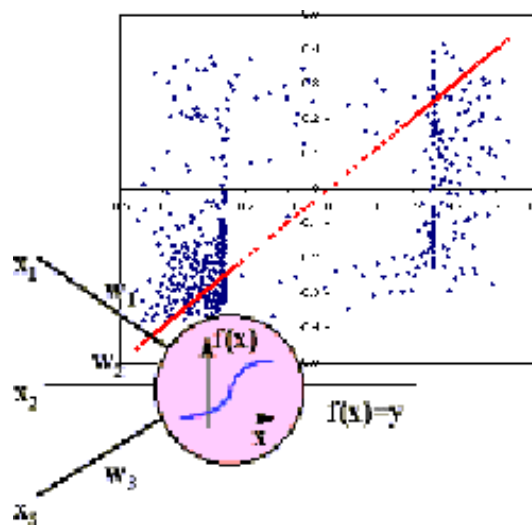


Міністерство освіти і науки України  
Національна Академія наук вищої освіти України  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac (Serbia)  
Факультет інженерної механіки університета Штроссмайера (Хорватія)  
Зеленогурський університет (Польща)  
"American Jurnal Neural Network and Aplication" (USA)  
Міжнародний університет безперервної освіти (Україна)  
Інститут проблем штучного інтелекту (Україна)  
ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (Україна)  
ПрАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування» (Україна)  
Проблемна лабораторія мобільних інтелектуальних технологічних машин (Україна)  
Міжнародний університет безперервної інноваційної освіти (Україна)  
ГО «Юнацький технопарк» (Україна)



# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

XIX Міжнародної наукової конференції

## **«НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТіЗ-2020»**

**Краматорськ 2020**

Міністерство освіти і науки України  
Національна Академія наук вищої освіти України  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac (Serbia)  
Факультет інженерної механіки університета Штроссмайера (Хорватія)  
Зеленогурський університет (Польща)  
"American Jurnal Neural Network and Aplication" (USA)  
Міжнародний університет безперервної освіти (Україна)  
Інститут проблем штучного інтелекту (Україна)  
ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (Україна)  
ПрАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування» (Україна)  
Проблемна лабораторія мобільних інтелектуальних технологічних машин (Україна)  
Міжнародний університет безперервної інноваційної освіти (Україна)  
ГО «Юнацький технопарк» (Україна)

# **НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТіЗ-2020**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**XIX Міжнародної наукової конференції**

За загальною редакцією  
д-ра техн. наук, проф. С. В. Ковалевського

Краматорськ 2020

УДК 004.032.26+621(061.3)

Н46

### Рецензенти:

Рамазанов С.К., докт.техн.наук, докт.екон.наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

Суботін С. О., докт. техн. наук, професор, Запорізький національний технічний університет

### Рекомендовано

вченою радою Донбаської державної машинобудівної академії  
(протокол № 5 від 26.11.2020)

### Програмний комітет конференції

<b>Amir Bagheri</b>	Dr.Sc.,Prof. (Department of Electrical Engineering, Sao Paulo State University, Ilha Solteira, Brazil)
<b>Baiyu Chen</b>	Dr.Sc.,Prof. (University of California Berkeley, Berkeley, USA);
<b>Dasic Predrag</b>	Prof., High Technical Mechanical School (Trstenik, Serbia)
<b>Jenek Mariusz</b>	Dr. inz (Polska, Uniwersitet Zielonogorski);
<b>Marušić Vlatko</b>	Dr.Sc.,Prof. (Head of Department of Materials Engineering J.J.Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod,Croatia)
<b>Sandra Poirier</b>	Doctor of Education, CFCS, LD/N Professor (Middle Tennessee State University, USA);
<b>Yibo Liu</b>	Dr.Sc.,Prof. (Shanghai University of Engineering Science, Shanghai, China);
<b>Ковалевський С.В.</b>	д.т.н., проф. (ДДМА, м.Краматорськ, Україна);
<b>Марчук В.І.</b>	д.т.н., проф. (ЛНТУ, м.Луцьк, Україна);
<b>Новіков Ф.В.</b>	д.т.н., проф., (ХНЕУ, м.Харків, Україна);
<b>Рамазанов С.К.</b>	д.т.н., проф. (КНУ ім. Шевченко, м.Київ, Україна);
<b>Суботін С.О.</b>	д.т.н., проф. (ЗНУ, м.Заполіжжя, Україна).
<b>Шевченко А.І.</b>	д.т.н., проф. (ІПШ НАНУ, м.Київ, Україна);
<b>Волошин О.І.</b>	головний інженер ПАТ НКМЗ (м.Краматорськ, Україна);
<b>Гігіс В.Б.</b>	к.т.н.,доц., (ДДМА, м.Краматорськ, Україна)
<b>Ковалевська О.С.</b>	к.т.н.,доц., (ДДМА, м.Краматорськ, Україна)

Н46            Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2019: збірник наукових праць XIX Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2020» / за заг. ред. С.В.Ковалевського. - Краматорськ: ДДМА, 2020. – 169 с.

ISBN 972-966-379-965-0

У збірнику праць представлені перспективні теоретичні та практичні розробки в області нейромережних технологій, виконані в 2020 р. науковими школами України і світу. Розглядається можливість застосування нейронних мереж для управління об'єктами в режимі реального часу і особливості нейронного керування динамічними об'єктами. Наводиться ряд розробок по застосуванню нейронних мереж в різних областях практичної і науково-дослідної діяльності та створенню інтелектуальної системи для підвищення швидкості та зниження трудомісткості технологічної підготовки виготовлення нових виробів.

Для наукових працівників широкого профілю та фахівців.

УДК 004.032.26+621(061.3)

ISBN 972-966-379-965-0

©ДДМА, 2020

1. Бобечко Ю.О. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна) <b>ЗАСТОСУВАННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ДАНИХ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ</b>	7
2. <b>Voiko O.A.</b> (National University, Kharkov, Ukraine) <b>APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR INTRUSION AND SECURITY VIOLATION DETECTION PURPOSES</b>	10
3. Бодяньський Є.В., Попов С.В., Антоненко Т.Є. (Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна) <b>ГЛИБОКА МЕРЕЖА НА БАЗІ НЕЙРО-ФАЗЗИ ЮНІТІВ</b>	14
4. <b>Dragan Vukasović, Darko Martinov, Živa Žebeljan</b> (Independent University of Banja Luka, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina) <b>METHODS MAKING AN INVESTMENT DECISION</b>	21
5. Гігіс В. Б., Аббакумова А. Г. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) <b>ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЧАСОВИХ РЯДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ</b>	26
6. <b>Jasmina Gligorijević, Filip Cvetković, Marina Mitrović, Miloje Jelić, Milosav Stojanovvić</b> (Faculty of Applied Sciences, Niš, Niš Business School, Niš, Serbia) <b>MANAGEMENT CONSULTING PROFESSION</b>	31
7. <b>Jasmina Gligorijević, Albina V. Kecman, Filip Cvetković, Marina Mitrović, Miloje Jelić</b> (Faculty of Applied Sciences, Niš, Niš Business School, Niš, Serbia) <b>THE KEY PRINCIPLE OF A SUCCESSFUL PRIVATIZATION PROCESS</b>	37
8. Данчук В.Д., Олійник О.І., Олійник Р.В., Тарабан С.М. (Національний транспортний університет, м. Київ, Україн) <b>МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ</b>	43
9. Дихтяренко В.Н., Козуб А.Н., Кучеров Д.П. (Національний авіаційний університет, Україна) <b>АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ ВЕСОВИХ КОЕФІЦІЕНТОВ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРА ПРИ УПРАВЛЕННІ ДИНАМІЧЕСКИМИ ОБ'ЄКТАМИ</b>	48
10. Кікалов В.А., Сердюк О. О. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ГЕМОДІАЛІЗУ КРОВІ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДІАЛІЗНОЇ РІДИНИ</b>	57
11. Ковалевська О.С., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) <b>ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИНАХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА</b>	60
12. Ковалевський С.В., Сидюк Д.М. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) <b>ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СИГНАТУР ЇХ ЗОБРАЖЕНЬ</b>	62
13. Ковалевський С.В., Сідюк Д., М., Пелипенко О.О. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) <b>ОПТИМІЗАЦІЯ</b>	69

**ПОЛІЧАСТОТНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ВИРОБІВ**

14. Kovalevskyy S., Kovalevska O., Marusic V. (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod J. J. Strossmayer University of Osijek, Croatia*) **NEURAL NETWORKS TO OPTIMIZE THE PRODUCT LIFECYCLE FOR ENERGY CRITERION** 72
15. Kovalevskyy S., Kovalevska O., Dasic P., (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac, Serbia*) **NEURAL NETWORK CONTROL FOR SYSTEMS WITH PARALLEL KINEMATICS** 76
16. Kovalevskyy S., Kovalevska O. (*Donbass State Engineering Academy, Ukraine*) **ACOUSTIC CONTROL IN MECHANICS** 79
17. Kovalevskyy S., Kovalevska O., Dasic P., (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac, Serbia*) **VIBRATION-PULSE MACHINING** 82
18. Kosheva L.V. . (*Donbass State Engineering Academy, Ukraine*) **PEDAGOGICAL PARADIGM PHYSICAL EDUCATION IN MODERN CONDITIONS** 85
19. Radmila Lišanin, Čedo Lalović (*Fakulty of Applied Ecology Futura, Belgrade, Serbia*) **MODELING OF BIOGAS PRODUCTION** 88
20. Лупа Ю.В., Ковалевський С.В. (*Донбаська державна машинобудівна академія, Україна*) **ВИКОРИСТАННЯ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО МАГНІТНИХ ПОЛІВ В СТАНІ СУПЕРПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВПЛИВУ НА ОБ'ЄКТ** 95
21. Ляхов О.Л., Алёшин С.П., Бородина Е.А (*Полтавський НТУ, Україна*) **НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТЕКУЩЕГО ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ К ЦЕЛЕВОМУ МНОЖЕСТВУ КЛАССОВ** 100
22. Мельников О.Ю., Кадацький М.А. (*Донбаська державна машинобудівна академія, Україна*) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОЇ ТЕХНІКИ МЕТАННЯ ЯДРА** 107
23. Мельников О.Ю., Шевченко Н.Ю. (*Донбаська державна машинобудівна академія, Україна*) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДСУМКОВОЇ АТЕСТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ** 111
24. Husein Mehmedović Doc. dr. , Narajan Mehmedović (*International University of Travnik, J U Mixed High School“Gračanica*) **PROSPECTS FOR THE USE OF CRYPTOCURRENCIES** 116
25. Goran Milentijević, Smiljana Marković, Aleksandar D. Marinković, Predrag Dašić, Milutin M. Milosavljević (*Faculty of Technical Science, University of Priština, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Academy of Professional Studies Šumadija – Department in Trstenik, Serbia*) **THE OPTIMAL LABORATORY PROCEDURE FOR** 121

## THE SYNTHESIS OF SODIUM ALKYLXANTHOGENS

26. **Milica Tufegdžić, Aleksandar Marić** (*Academy of Applied Studies Šumadija - Department of Trstenik, Serbia*) **INTEGRATING BUSINESS PROCESSES TO ENTERPRISE** 133
27. **Хохлов А.В., Міхєєнко Д.Ю.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, Україна*) **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ** 140
28. **Николайчук Я.М., Заведюк Т.О.** (*ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна*) **ФУНКЦІЇ, МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ТА СТРУКТУРА КОМПОНЕНТІВ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ** 143
29. 152
30. 154
31. 155
32. 156
33. **Щокін В.П., Щокіна О.В.** (*Криворізький національний університет, Україна*) **АВТОРЕГРЕСІЙНІ СТРУКТУРИ З РЕГУЛЯРИЗАЦІЄЮ** 163

Бобечко Ю.О. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ДАНИХ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ

*В статті окреслено проблематику вибору структури штучної нейронної мережі для використання в системах керування вентилями реактивним двигуном. Запропоновано застосовувати згладжування вихідних даних нейронної мережі для спрощення її структури. Методом комп'ютерного симулювання проведено порівняльний аналіз роботи системи керування ВРД без та із застосуванням згладжування даних нейронної мережі.*

*The article describes the problems of selecting the structure of artificial neural network for using in control systems for switched reluctance motors. It is proposed to apply the smoothing of the neural network's output data to simplify its structure. By computer simulations a comparative analysis of control systems for SRM with and without smoothing of the neural network's data was carried out.*

Синтез оптимальної структури штучної нейронної мережі (ШНМ) — доволі складна і трудомістка задача. Це пов'язано зі значною різноманітністю існуючих типів мереж, активаційних функцій нейронів, способів навчання, можливістю вибору різної кількості шарів і нейронів у кожному шарі. Окрім цього, на даний момент немає математичних формул, які би дозволяли обчислити кількість прихованих шарів мережі і нейронів у кожному шарі [1]-[3]. З іншого боку, слід пам'ятати про збереження розумного балансу між точністю отриманих результатів і кількістю обчислювальних затрат, тому що можуть виникнути процесорні обмеження при реалізації надто громіздких ШНМ. Окрім означених факторів, дуже важливе значення має вибір вектора вхідних величин і формування навчальної бази даних.

У роботі [4] показано, що через вимірювання фазних струмів і потокозчеплень ШНМ може оцінити положення ротора вентильного реактивного двигуна (ВРД) і тим самим дає можливість уникнути використання давача положення ротора, який підвищує експлуатаційні вимоги, ускладнює конструкцію, вимагає додаткових фінансових затрат тощо. Однак, якщо вимірювання фазних струмів не є проблематичним, то визначення потокозчеплень потребує використання додаткових вимірювальних пристроїв і обчислень, які використовують інтегрування, що призводить до накопичення похибки. Окрім того, додаткові вхідні дані роблять структуру нейронної мережі більш громіздкою.

В даній роботі запропоновано використовувати нейронну мережу, вхідними величинами якої будуть лише фазні струми, а вихідними — кути положення ротора, вмикання і комутації (див. рис. 1). Регулювання величин кутів вмикання та комутації використовується для отримання жорстких механічних характеристик. Зменшення вектора вхідних величин дозволяє уникнути додаткових вимірювань і обчислень потокозчеплень, але призводить до більшого розкиду результатів ШНМ. Тому, щоб виключити шуми і покращити точність результатів, запропоновано використовувати згладжування вихідних даних мережі.

Попереднє задавання параметричної моделі може виявитися надто обмеженим або замалою розмірності для апроксимації непередбачуваних характеристик, в той час як непараметричне згладжування дає гнучкі способи аналізу невідомих залежностей, що і потрібно для використання з результатами ШНМ. Існує ряд розповсюджених непараметричних методів згладжування: ядерне згладжування, kNN оцінки, ортогонального розкладу, згладжування сплайнами, рекурентні методи, медіанне згладжування і т.д. [5]. Один з найпростіших, але ефективних і легко реалізованих методів є ядерне згладжування [6]. Головна роль функції ядра полягає в забезпеченні диференційованості і гладкості оцінки [7]. Вибір необхідної ширини вікна для конкретної задачі — ключовий фактор у проведенні якісного непараметричного оцінювання.

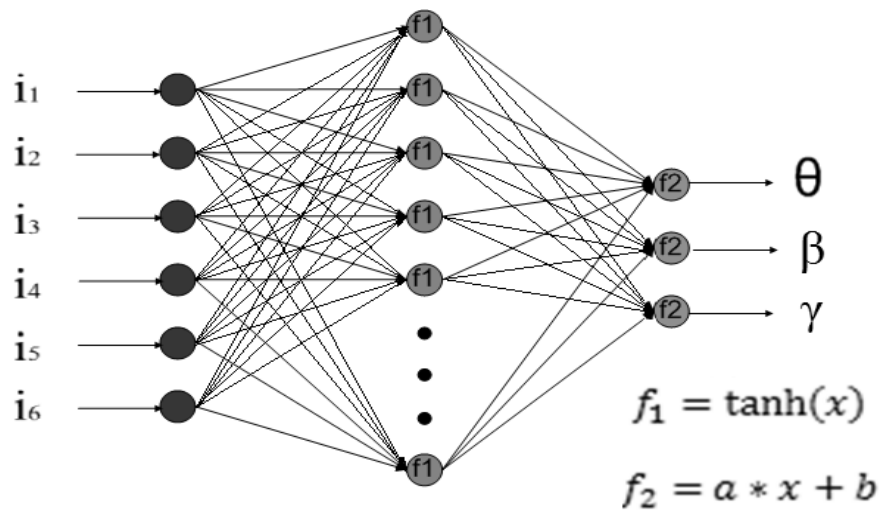


Рисунок 1 - Архітектура навченої нейронної мережі

Для проведення досліджень обрано ядрне згладжування з ядром Гауса і підібрано оптимальну ширину вікна для кута положення ротора, кута вмикання та комутації ВРД. Оскільки оцінювання відбувається в режимі реального часу, то для забезпечення достатньої точності і одночасно зменшення обчислювальних затрат згладжування ведеться по 101 точці, при чому обчислюється нове значення для кожної 50-ї точки із цієї групи. Затримка в часі на 101 ітерацію при кроці інтегрування за часом  $10^{-5}$ с практично не впливає на ефективність роботи системи.

На рис. 2 і рис. 3 показано як застосоване згладжування впливає на кути комутації та вмикання визначені ШНМ при різкому зменшенні моменту навантаження. А на рис. 4 видно вплив цих кутів на швидкість обертання ротора ВРД.

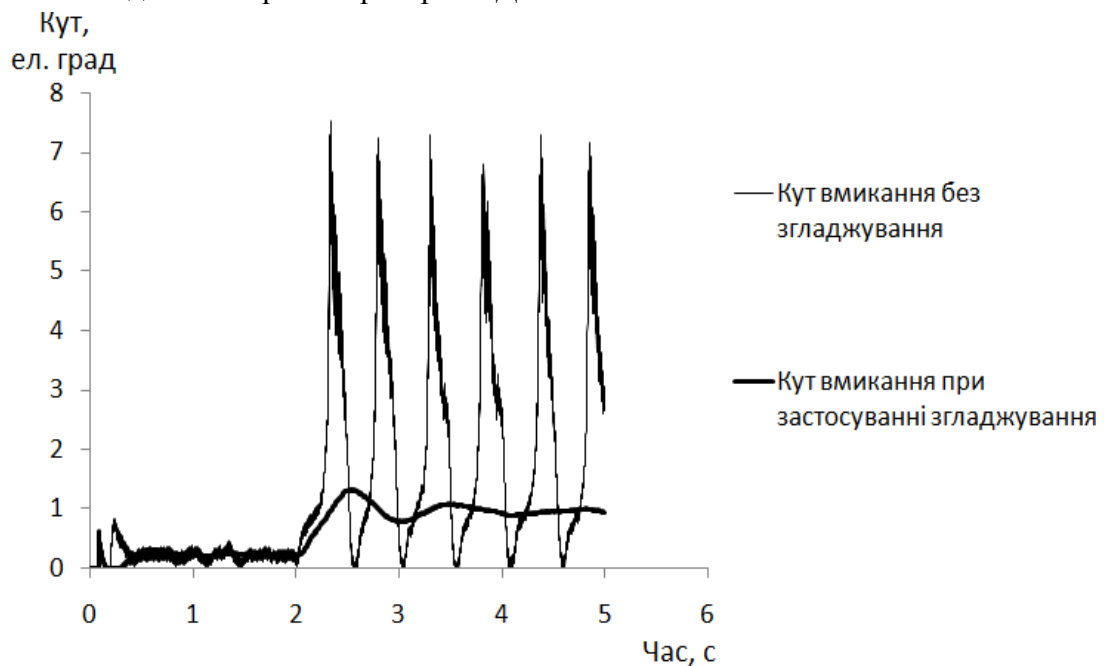


Рисунок 2 - Кут вмикання без і при застосуванні згладжування результату нейронної мережі



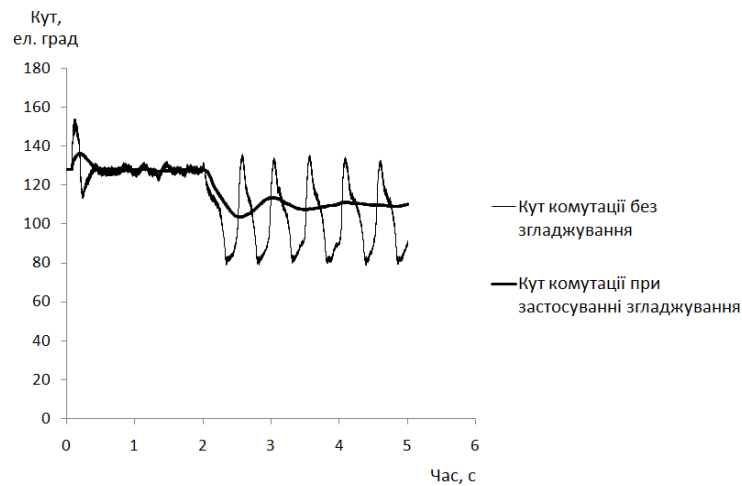


Рисунок 3 - Кут комутації без і при застосуванні згладжування результату нейронної мережі

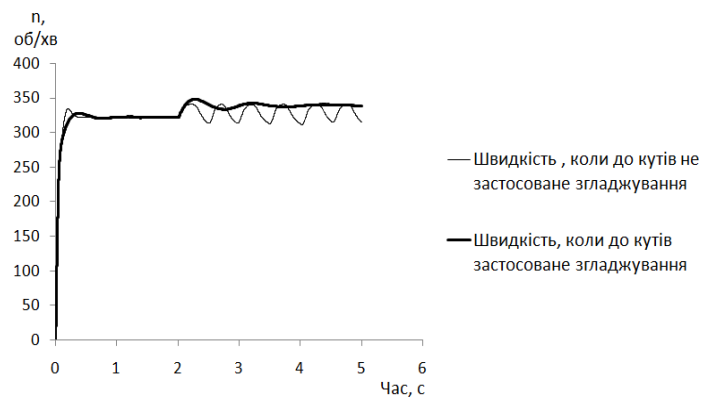


Рисунок 4 - Швидкість обертання ротора без і при застосуванні згладжування до результатів нейронної мережі при визначенні кутів комутації та вмикання

## ВИСНОВОК

З вище наведених даних можна зробити висновок, що згладжування даних нейронної мережі через зменшення пульсацій величин, що визначаються, в значній мірі сприяє стабільній і плавній роботі ВРД.

## ЛІТЕРАТУРА

1. В. І. Архангельський, І. М. Богаєнко, Г. Г. Грабовський, М. О. Рюмишн. *Нейронні мережі в системах автоматизації*. К.: "Техніка", 1999. – 364 с.
2. A. Bellini, F. Flipetti, G. Franceschini, C. Tassoni, and P. Vas. *Position sensorless control of a SRM drive using ANN-Techniques*. In Proc. IEEE IAS Annu. Meeting, 1998. Pp. 533–539.
3. Murat Kayri, Gurog Zirhlioglu. *Kernel Smoothing Function and Choosing Bandwidth for Non-Parametric Regression Methods*. *Ozean Journal of Applied Sciences* 2(1) – 2009. Pp. 49-54.

**Boiko O.A.** (National University, Kharkov, Ukraine)

## **APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR INTRUSION AND SECURITY VIOLATION DETECTION PURPOSES**

*Intrusion and security violation detection is a very difficult problem due to computer networks complicity and creativity of the hackers. Neural networks may cope with this task better than standard rule based expert systems. Artificial neural networks showed great results on DoS and Probe attacks detection but still have problems with R2L and U2R attacks. Future researches will be made to improve weak sides of neural networks and make strong one even stronger.*

*Виявлення вторгнень та порушень безпеки є дуже складною проблемою через співучасть комп'ютерних мереж та креативність хакерів. Нейронні мережі можуть впоратися з цим завданням краще, ніж стандартні експертні системи, засновані на правилах. Штучні нейронні мережі показали чудові результати при виявленні атак DoS та Probe, але все ще мають проблеми з атаками R2L та U2R. У майбутньому будуть проведені дослідження з метою покращення слабких сторін нейронних мереж та посилення міцної*

### **I. Introduction**

During the last years researches in field of neural networks usage for intrusion and security violation detection purposes increased significantly. This thesis describes the way such IDS are build, their advantages and disadvantages. The results of neural network testing are shown and recommendations to improve them are made.

Due to the fact that the corporate local area networks size and difficulty increase from year to year system and security administrators have difficulties in following the proper level of security on the network. Also, in classical LAN protection methodology (using rule-based IDS and firewalls) security is heavily dependent on the human factor: the attentiveness and professionalism of administrators, their subjective evaluation in the software selection etc. Majority of current approaches to intrusion and security violation detection involve use of rule-based expert systems to identify indications of known attacks. However, these techniques are less successful in identifying attacks which vary from expected patterns.

To eliminate the described deficiencies neural networks usage was proposed. Application of neural networks to solve the problems of information security is related in the first place, with analysis of network traffic and making decision if analyzed packet is normal(legitimate) or not. Another way to detect unauthorized activity is monitoring unusual user activity on the basis of his "handwriting"(for example: average typing speed, programs user obviously running etc). This technique involves the comparison of a user's activities with the known behaviors of attackers attempting to penetrate a system.

### **II. Advantages of neural networks usage**

Neural network conducts an analysis of the information and provides a probability estimate that the data matches the characteristics which it has been trained to recognize. Artificial neural network consists of a set of computing elements that are highly interconnected and transforms a set of inputs to the set of desired results. Resulting transformation determined by the characteristics of elements and associated weights with the relationships between them. By changing the connections between nodes network is able to adapt to the desired results.

Unlike expert systems that provide the user with a definitive answer, if the reviewed characteristics exactly match those that have been encoded in rule base, neural network analyzes information and provides the probability that data corresponds to the characteristics a neural network was trained to recognize for. Although the probability of a match determined by the neural network can be 100% accuracy of its solution depends entirely on the studying quality and experience of success in the analysis of examples of the problem. Artificial neural networks offer

the potential to solve a series of the problems faced by other modern techniques of intrusion detection.

### III. Application of neural networks in intrusion detection

In general neural network analyses the data from computer network and makes decision if this data is legitimate. Neural network can analyze the data from the network, even if the data is incomplete or distorted. Neural network analyzes data packet by packet. General network packet structure is shown on Fig. 1.

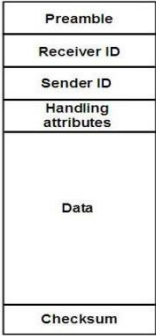


Fig.1 General network packet structure.

Generally there are two types of application of neural networks to detect misuse [1]. In the first case, the neural network is used as a differentiated system of protection against interference. The neural network analyzes the data to be transmitted within a computer network for the presence of security violations. Any cases of suspected breach of security are redirected to the system administrator or an automated responding system. This method provides high speed data analysis and the ability to track an attack that would have been passed the expert system based on rules. Also, later, this system can improve its efficiency by studying the characteristics of attacks.

Unlike the previous type of application, where the neural network is used as a replacement for existing systems, traffic analysis, in the second case the neural network is used together with the existing expert system. The neural network analyses the traffic and forwards all suspicious cases to the expert system. Typically, the sensitivity of expert systems is set at a low level to reduce the frequency of false alarms. As the expert system only receives data about events that are considered as suspicious, the sensitivity of the expert system can be increased. This configuration is useful for organizations that have invested heavily in expert systems based on a set of rules. The disadvantage of this approach is that it requires a timely update of expert systems in order to enable it to identify new threats. The most frequently used neural network architecture is multi-layer feed-forward.

Such neural network received data packet from computer network, spreads it to the hidden layer(s) and sends result to the output.

Neural networks aren't perfect. They have 2 main disadvantages: training requirement and "black box" nature. The ability of artificial neural networks to detect invasion completely depends on the precision of preparation step (accuracy of training system, training data and training methods). Training requires very large amounts of data to ensure that results are accurate.

The second (and main problem) is that unlike expert systems that have hard rules for event analysis, neural networks adapt their analysis of data in response to training which is held in network.

General feed-forward network architecture is shown on Fig. 2.

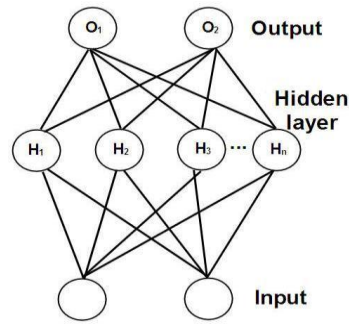


Fig.2 Feed-forward network architecture.

#### 4. Data preprocessing.

Neural network requires training before it can be used to monitor network traffic and detect attacks. One of the most comprehensive problems faced was training data preparation. It was decided to capture some amount of different network traffic (“normal” traffic + traffic during different types of attacks)[2]. Wireshark software has been used to solve task described above. Wireshark is a free and open-source network packet analyzer. Each captured packet was saved as CSV (comma separated value) file raw. Example of such file is shown in Table 4.1:

Table 4.1

Example of captured network packages (“normal” traffic)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0	Cisco_dd:2c:70	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.1.58? Tell 192.168.1.1
2	0.271073	192.168.1.27	192.168.1.25 5	NBNS	92	Name query NB THUNDERSTORM <20>
3	0.271974	192.168.1.25	192.168.1.25 5	NBNS	92	Name query NB THUNDERSTORM <20>
4	0.403026	SamsungE_21:b5 : 3a	Broadcast	LLC	60	S P, func=RNR, N(R)=64; DSAP NULL LSAP Individual, SSAP NULL LSAP Command
5	0.403758	SamsungE_21:b5 : 3a	Broadcast	XID	60	Basic Format; Type 1 LLC (Class I LLC); Window Size 1
6	0.403776	192.168.1.200	224.0.1.178	UDP	60	Source port: 802-11-iapp Destination port: 802-11-iapp

7	1.021393	222.122.213.35	192.168.1.44	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
---	----------	----------------	--------------	-----	------	---

To use captured traffic in neural network training it was processed. All alphanumerical values (source, destination, protocol and info) were mapped and replaced with float values from 0 to 1. This was done by program written on python. Incoming CSV file was parsed and all new alphanumerical values (that haven't been processed before) were mapped using key-value dictionary. All numerical values (time and length, except package number as it's useless for us) were normalized to fit into 0..1 range[3].

#### 5. Attacks detection results

Some contemporary researches showed that neural networks can determine some types of network attacks with very high triggering probability [4]. To show this lets carry out some testing. There are 4 general types of network attacks [5]: DoS, Probe, R2L, U2R. A denial-of-service attack (DoS attack) is an attempt to make a computer resource unavailable to its intended users. One common method of attack involves saturating the target machine with external communications requests, such that it cannot respond to legitimate traffic, or responds so slowly. Probe attack is an attempt to gather information about a network of computers for the apparent purpose of circumventing its security controls. It's made by hosts sweeping and port scanning. Remote to Local Attack (R2L): occurs when an attacker who has the ability to send packets to a machine over a network but who does not have an account on that machine exploits some vulnerability to gain local access as a user of that machine. User to Root Attack (U2R) is a class of exploit in which the attacker starts out with access to a normal user account on the system (perhaps gained by sniffing passwords, a dictionary attack, or social engineering) and is able to exploit some vulnerability to gain root access to the system.

The results of artificial testing of neural network with the comparison to the other intrusion detection systems are show in Table 5.1.

Table 5.1

Different attack types detection rate

Attack types	DoS, %	Probe,%	R2L, %	U2R, %
Neural network	98.0	92.8	36.5	30.8

As it can be seen from Table I the first two attacks (DoS and Probe) are recognised by neural network very efficiently while R2L and U2R attacks were recognised only in 1 of 3 cases. To improve attacks recognition another neural networks types and configurations will be tested. Also improved teaching algorithms can increase percent of detected attack. To increase network protection even when attack was skipped an unusual user activity monitoring algorithm will be implemented.

#### CONCLUSION

Intrusion and security violation detection is a very difficult problem due to computer networks complicity and creativity of the hackers. Neural networks may cope with this task better than standard rule based expert systems. Artificial neural networks showed great results on DoS and Probe attacks detection but still have problems with R2L and U2R attacks. Future researches will be made to improve weak sides of neural networks and make strong one even stronger

#### REFERENCES

1. J. Cannady, "Artificial Neural Networks for Misuse Detection" School of Computer and Information Sciences Nova Southeastern University, Apr. 1999.
2. 15. Han J., Kamber M. *Data Mining: Concepts and Techniques Second Edition*. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, San Francisco, CA, USA, 2006
3. Vasilyev V.I., Khafizov A.F. *Problems in application of neural network technology for intrusion detection in computer systems: the classification and solutions. // Proceedings of the 5rd International Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2003. Ufa, Russia, September 16-18, 2003. - Pp. 170-174.*
4. М. П. Комар, "Нейромережевий метод ідентифікації атак" Тернопільський національний економічний університет, Nov. 2010.
5. M. Tavallae, E. Bagheri, W. Lu, Ali A. Ghorbani, "A Detailed Analysis of the KDD CUP 99 Data Set" *IEEE Symposium on Computational Intelligence, 1999.*

**Бодяньський Є., Попов С., Антоненко Т.** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)

## ГЛИБОКА МЕРЕЖА НА БАЗІ НЕЙРО-ФАЗЗИ ЮНІТІВ

*Запропоновано архітектуру глибокої мережі на базі нейро-фаззи юнітів (NFU), яка має покращені властивості в порівнянні з глибокими мережами на базі нео-фаззи нейронів (NFN) і в той же час не має складностей обчислювального характеру в процесі навчання, характерних для глибоких мереж, які використовують сигмоїдальні активаційні функції. Навчання запропонованої мережі виконується за допомогою зворотного поширення похибок. Проведено моделювання для вивчення властивостей запропонованого підходу в порівнянні з відомими.*

*The architecture of a deep network based on neuro-fuzzy units (NFU) is proposed, which has improved properties in comparison with deep networks based on neo-fuzzy neurons (NFN) and at the same time has no computational difficulties in the learning process typical of deep networks which use sigmoidal activation functions. The training of the proposed network is performed by backpropagation algorithm. Simulations are carried out to study the properties of the proposed approach in comparison with the known ones.*

### Вступ

Останнім часом глибокі нейронні мережі (ГНМ) [1-5] набули великої популярності завдяки вагомим практичним результатам, які вдалося отримати з їх допомогою. Багато архітектур ГНМ є розширенням раніше відомих архітектур штучних нейронних мереж (ШНМ), але з більшою кількістю прихованих шарів та нейронів в них. Така відмінність призводить також до певних складностей обчислювального та часового характеру в процесі навчання ГНМ. Для уникнення цих проблем в [6-7], замість традиційних нейронів Маккалоха-Піттса, запропоновано використовувати в ГНМ нео-фаззи нейрони (NFN), які не мають сигмоїдальних активаційних функцій, властивості яких і призводить до вищезазваних складностей навчання.

NFN неодноразово використовувалися в різноманітних архітектурах ШНМ [8-12], а для надання їм більшої універсальності та апроксимуючих властивостей в [13-15] було запропоновано використання нейро-фаззи юнітів (NFU), які також мають сигмоїдальні активаційні функції. Для поєднання покращених властивостей NFU та простоти навчання NFN, замінимо в NFU сигмоїдальну активаційну функцію на *Rectified Linear Unit* (ReLU), тобто кусково-лінійну функцію, що має похідні-константи. Метою роботи є вивчення властивостей такого гібридного підходу до побудови ГНМ.

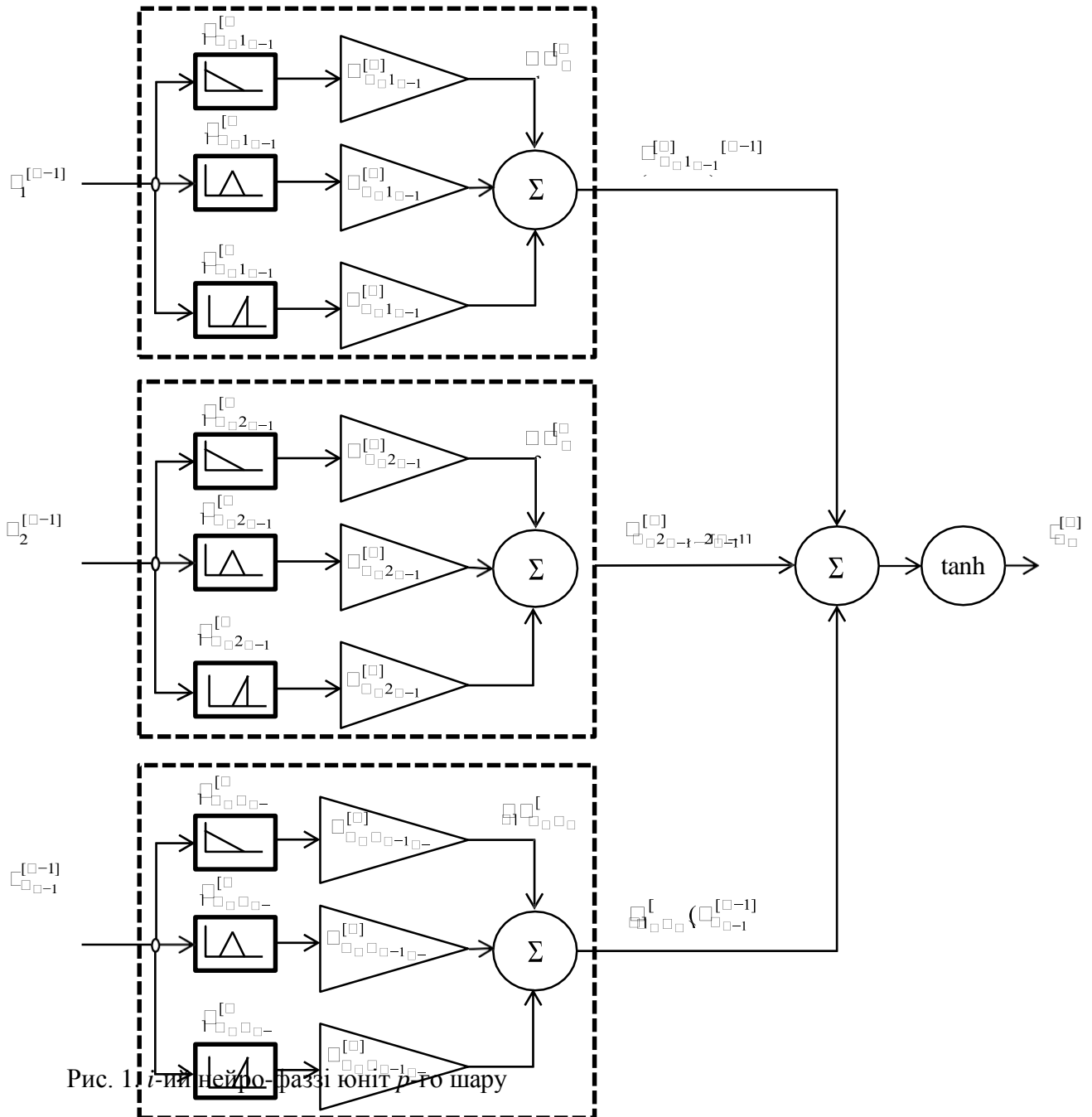
### 1. Архітектура глибокої мережі на базі нейро-фаззи юнітів

Для простоти будемо розглядати повноз'язну багат шарову архітектуру прямого поширення, яка має  $s$  шарів обробки інформації. Однак відзначимо, що можливо використання й спеціалізованих архітектур [16-18] з неповними зв'язками між шарами та зв'язками, що обходять один чи декілька шарів.

На вхідний (нульовий) шар подається  $\square(\square)\square\square\square$  вектор вхідних сигналів.  $\square(\square) = (\square_1(\square), \square_2(\square), \dots, \square_k(\square))\square$ , де  $k = 1, 2, \dots, N$  – номер спостереження в навчальній виборці або індекс поточного дискретного часу. Вихідним сигналом мережі є вектор  $\hat{\square}(\square) = (\hat{\square}_1(\square), \hat{\square}_2(\square), \dots, \hat{\square}_N(\square))\square \in \square\square$ . Далі, для спрощення запису позначень будемо також використовувати вид  $\square(\square) \equiv \square^{[0]}(\square) = (\square^{[0]}_1(\square), \dots, \square^{[0]}_{\square_0}(\square), \dots, \square^{[0]}_{\square_0}(\square))\square$ ,  $\hat{\square}(\square) \equiv \square^{[1]}(\square) = (\square^{[1]}_1(\square), \dots, \square^{[1]}_{\square_0}(\square), \dots, \square^{[1]}_{\square_0}(\square))\square$ . Таким чином, вхідним сигналом  $p$ -го шару ( $p=1, 2, \dots, s$ ) є вектор  $\square^{[p-1]}(\square) = (\square^{[p-1]}_1(\square), \dots, \square^{[p-1]}_{\square_{p-1}}(\square), \dots, \square^{[p-1]}_{\square_{p-1}}(\square))\square \in \square^{\square_{p-1}}$ , а вихідним – вектор

$\sigma^{[l]}(\sigma) = (\sigma_1^{[l]}(\sigma), \dots, \sigma_{n_l}^{[l]}(\sigma), \dots, \sigma_{n_l}^{[l]}(\sigma)) \in \mathbb{R}^{n_l}$ . Загалом мережа містить  $\sum_{l=1}^L n_l$  нейро-фаззі юнітів.

Нагадаємо, що нейро-фаззі юніт з  $n_{l-1}$  входами та одним виходом  $\sigma^{[l]}$  має архітектуру, зображену на рис. 1.



Кожен  $n_{l-1}$ -ий ( $n_l = 1, 2, \dots, n_l$ ) нейро-фаззі юніт  $p$ -го ( $p = 1, 2, \dots, P$ ) шару мережі містить  $n_{l-1}$  нелінійних синапсів  $\sigma_{i,j}^{[l]}$ , кожен з котрих включає  $h$  функцій належності  $\sigma_{i,j}^{[l]}(\sigma)$  ( $i = 1, 2, \dots, h$ ) і таку ж кількість синаптичних вагових коефіцієнтів  $w_{i,j}^{[l]}$ , які налаштовуються в процесі навчання. Таким чином, ця архітектура має  $\sum_{l=1}^L n_l n_{l-1}$



нелінійних синапсів та  $h \sum_{\square=1}^{\square} \square_{\square-1}$  функцій належності  $\square_{\square\square\square-1}^{[\square]}$  ( $\square_{\square-1}^{[\square-1]}$ ) та таку ж кількість налаштованих синаптичних вагових коефіцієнтів  $\square_{\square\square-1}^{[\square]}$ .

Вихідний сигнал кожного нелінійного синапсу  $\square_{\square\square\square-1}^{[\square]}$  може бути записаний у вигляді

$$\square_{\square\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}) = \sum_{\square=1}^h \square_{\square\square\square-1}^{[\square]} \square_{\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}), \quad (1)$$

а вихідний сигнал нейро-фаззи юніту  $\square_{\square\square}^{[\square]}$  в цілому

$$\square_{\square\square}^{[\square]} = \tanh \left( \sum_{\square_{\square-1}=1}^{\square_{\square-1}} \square_{\square\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}) \right) = \tanh \left( \sum_{\square_{\square-1}=1}^{\square_{\square-1}} \sum_{\square=1}^h \square_{\square\square\square-1}^{[\square]} \square_{\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}) \right). \quad (2)$$

Для вихідного шару мережі сигнал (2) можна також записати у формі

$$\hat{\square}_{\square} = \square_{\square\square}^{[\square]} = \tanh \left( \sum_{\square_{\square-1}=1}^{\square_{\square-1}} \square_{\square\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}) \right) = \tanh \left( \sum_{\square_{\square-1}=1}^{\square_{\square-1}} \sum_{\square=1}^h \square_{\square\square\square-1}^{[\square]} \square_{\square\square-1}^{[\square]}(\square_{\square-1}^{[\square-1]}) \right). \quad (3)$$

Далі, вводячи в розгляд синаптичні ваги та функції належності

$$\begin{aligned} \mathbf{w}_{i_p}^{[p]} &= (w_{i_p i_{p-1}^1}^{[p]}, \dots, w_{i_p i_{p-1}^{h-1}}^{[p]}, \dots, w_{i_p i_{p-1}^h}^{[p]})^T, \\ \mu_{i_p i_{p-1}}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}) &= (\mu_{i_p i_{p-1}^1}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}), \dots, \mu_{i_p i_{p-1}^{h-1}}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}), \dots, \mu_{i_p i_{p-1}^h}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]})) \end{aligned}$$

розмірності  $(h \times 1)$ , а також

$$\mathbf{w}_{i_p}^{[p]} = (w_{i_p i_{p-1}^1}^{[p]}, \dots, w_{i_p i_{p-1}^{h-1}}^{[p]}, \dots, w_{i_p i_{p-1}^h}^{[p]})^T$$

та

$$\mu_{i_p}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = (\mu_{i_p i_{p-1}^1}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}), \dots, \mu_{i_p i_{p-1}^{h-1}}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}), \dots, \mu_{i_p i_{p-1}^h}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}))$$

розмірності  $(n_p h \times 1)$ , можна записати

$$f_{i_p i_{p-1}}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = \mathbf{w}_{i_p}^{[p]T} \mu_{i_p}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]})$$

замість (1),

$$o_{i_p}^{[p]} = \tanh(\mathbf{w}_{i_p}^{[p]T} \mu_{i_p}^{[p]}(\mathbf{o}_{i_{p-1}}^{[p-1]}))$$

замість (2) і

$$\hat{y}_{i_s}^{[s]} = o_{i_s}^{[s]} = \tanh(w_{i_s}^{[s]T} \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}))$$

замість (3).

В якості функції належності нелінійних сигналів  $NS_{i_p i_{p-1}}^{[p]}$  зазвичай використовують традиційну трикутну функцію, яка задовольняє вимогам одиничного розбиття Руспіні:

$$\mu_{i_p i_{p-1}}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = \begin{cases} \frac{o_{i_{p-1}}^{[p-1]} - c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}}{c_{i_p i_{p-1}}^{[p]} - c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}} , \text{ якщо } o_{i_{p-1}}^{[p-1]} \in [c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}, c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}) \\ \frac{c_{i_p i_{p-1}}^{[p]} - o_{i_{p-1}}^{[p-1]}}{c_{i_p i_{p-1}}^{[p]} - c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}} , \text{ якщо } o_{i_{p-1}}^{[p-1]} \in (c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}, c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}) \\ 0, \text{ в інших випадках,} \end{cases} \quad (4)$$

де  $c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}, l = 1, 2, \dots, h$  – центри трикутних функцій належності. У випадку, коли всі нелінійні синапси мережі  $NS_{i_p i_{p-1}}^{[p]}$  мають однакове число  $h$  центрів, котрі розподілені рівномірно по осям вхідних сигналів, вираз (4) може бути переписаний у більш зручному вигляді:

$$\mu_{i_p i_{p-1}}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = \begin{cases} \Delta_{i_p i_{p-1}}^{-1}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]} - c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}), \text{ якщо } o_{i_{p-1}}^{[p-1]} \in [c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}, c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}) \\ \Delta_{i_p i_{p-1}}^{-1}(c_{i_p i_{p-1}}^{[p]} - o_{i_{p-1}}^{[p-1]}), \text{ якщо } o_{i_{p-1}}^{[p-1]} \in (c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}, c_{i_p i_{p-1}}^{[p]}) \\ 0, \text{ в інших випадках,} \end{cases} \quad (5)$$

при цьому:

$$\mu_{i_p i_{p-1} l-1}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) + \mu_{i_p i_{p-1} l}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = \mu_{i_p i_{p-1} l}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) + \mu_{i_p i_{p-1} l+1}^{[p]}(o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) = 1. \quad (6)$$

Умови (4)-(6) означають, що в кожен момент часу  $k$  в кожному нелінійному синапсі тільки дві сусідні функції належності можуть спрацювати. Це приводить до того, що в цей же момент налаштовуються тільки два сусідні синаптичні вагові коефіцієнти, тобто на кожному кроці навчання уточнюється тільки  $2 \sum_{p=1}^s n_{p-1} n_p$  синаптичних ваг замість  $h \sum_{p=1}^s n_{p-1} n_p$ . Оскільки кожен нелінійний синапс мережі реалізує по суті  $F$ -перетворення [19], це дозволяє як завгодно точно апроксимувати будь-яку обмежену одновимірну функцію при достатньо великому  $h$ . Збільшення числа функцій належності не ускладнює навчання мережі.

Як вже було відзначено вище, застосування сигмоїдальних активаційних функцій (в даному випадку – гіперболічного тангенсу) ускладнює навчання ГНМ. Тому використаємо спрощену архітектуру NFU з використанням функції активації ReLU, що дозволить записати вихідний сигнал нейро-фаззи юніту  $\mu_{i_p}^{[p]}$  у вигляді

$$\mu_{i_p}^{[p]} = \text{ReLU} \left( \sum_{i_{p-1}=1}^{i_{p-1}} \mu_{i_p i_{p-1}}^{[p]} (o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) \right) = \max(0, \sum_{i_{p-1}=1}^{i_{p-1}} \mu_{i_p i_{p-1}}^{[p]} (o_{i_{p-1}}^{[p-1]}) ). \quad (7)$$

## 2. Навчання глибокої мережі на базі нейро-фаззи юнітів

Навчання запропонованої мережі реалізується на основі зворотнього поширення похибки і зводиться до пошуку синаптичних вагових коефіцієнтів  $w_{i_p, i_{p-1}}^{[p]}$ ,  $p = 1, 2, \dots, s$ ;  $l = 1, 2, \dots, h$ ;  $i_p = 1, 2, \dots, n_p$ ;  $i_{p-1} = 1, 2, \dots, n_{p-1}$  шляхом мінімізації прийнятої цільової функції, в якості якої використаємо стандартну квадратичну функцію

$$E(k) = \frac{1}{2} \sum_{i_s=1}^{n_s} e_{i_s}^2(k) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m e_j^2(k), \quad (8)$$

де

$$e_j^2(k) = (y_j(k) - \text{ReLU}(w_{i_s}^{[s]}(k-1) \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k))))^2,$$

$y_j(k)$  – зовнішній навчальний сигнал.

Градентна мінімізація (8) для кожного синаптичного вагового коефіцієнту вихідного шару  $w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}$  може бути описана рекурентною процедурою

$$\begin{aligned} w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k) &= w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k-1) - \eta(k) \frac{\partial E(k)}{\partial w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k)} = \\ &= w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k-1) - \eta(k) \text{Step}(w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k-1) \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k))) \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k)) \end{aligned} \quad (9)$$

(тут  $\eta(k)$  – параметр кроку навчання,  $\text{Step}(z) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z > 0, \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$ , якщо  $z$  – вектор, то функція  $\text{Step}(z)$  застосовується поелементно), або у векторній формі

$$\begin{aligned} w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k) &= w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k-1) - \\ &- \eta(k) \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k)) (\text{Step}(w_{i_s, i_{s-1}}^{[s]}(k-1) \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k)))) \cdot \mu_{i_s}^{[s]}(o_{i_{s-1}}^{[s-1]}(k)), \end{aligned} \quad (10)$$

де  $(\cdot)$  – символ поелементного множення векторів.

Налаштування синаптичних вагових коефіцієнтів прихованих шарів реалізується за допомогою алгоритму зворотнього поширення похибки, аналогічно тому, як це реалізовано в [6-7], але з використанням функції  $\text{Step}(z)$ .

Таким чином, навчання глибокої мережі на базі нейро-фаззи юнітів (DNFU) з використанням функції ReLU з обчислювальної точки зору простіше в порівнянні з традиційними ШНМ та ГНМ, оскільки похідні трикутних функцій належності, а також самої ReLU є константами.

### 3. Експериментальні результати

Проведено порівняння якості розв'язання задачі класифікації на широко відомих даних Breast Cancer Wisconsin Data Set трьома мережами: багатошаровим перцептроном (MLP), глибокою нео-фаззи нейронною мережею (DNFN) та глибокою мережею на базі нейро-фаззи юнітів (DNFU). Всі мережі мали 3 прихованих шари. Мережа MLP мала по 100 нейронів в кожному прихованому шарі. Мережі DNFN і DNFU мали по 10 інтервалів в кожному нелінійному синапсі, тому, щоб загальна кількість параметрів була аналогічна мережі MLP, в кожному прихованому шарі мереж DNFN і DNFU було по 10 нео-фаззи

нейронів та нейро-фаззі юнітів відповідно. Всі мережі досягли мінімальних значень функції

втрат після 7 епох навчання (таблиця 1). При цьому DNFN показала кращі результати ніж MLP, а DNFU ще кращі, ніж DNFN, що підтвердило перспективність запропонованого підходу.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень

Тип мережі	MLP	DNFN	DNFU
Точність на тестовій вибірці на 7-ій епосі	92.1%	92.98%	93.85%
Значення тестової функції втрат на 7-ій епосі	0.163	0.418	0.154
Значення тренувальної функції втрат на 7-ій епосі	0.179	0.42	0.057

## ВИСНОВКИ

Запропонована глибока мережа на базі нейро-фаззи юнітів об'єднує простоту навчання, характерну для глибокої нео-фаззи нейронної мережі, з покращеними апроксимаційними властивостями мереж на базі нейро-фаззи юнітів, що підтверджено відповідними експериментальними даними. Подальші дослідження цієї архітектури варто спрямувати на використання її спроможності до спеціалізації на основі апріорної інформації про властивості даних, які обробляються. Це дозволить скоротити кількість настроюваних синаптичних ваг, покращити узагальнюючі властивості та підвищити швидкість навчання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bengio Y, LeCun Y, Hinton G. *Deep Learning – Nature – 2015-521 – p.436-444.*
2. Schmidhuber J *Deep learning in neural networks: An overview – Neural Networks – 2015-01 – p.85-117.*
3. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. *Deep Learning – MIT Press, 2016-787p.*
4. Graupe D. *Deep Learning Neural Networks: Design and Case Studies- New York: World Scientific, 2016 – 260p.*
5. Caterini A.L., Chang D.E. *Deep Neural Networks in a Mathematical Framework – Springer, 2018 –79p.*
6. Антоненко Т.Є. Бодянський Є.В. Глибока нео-фаззи нейронна мережа та її навчання // *Біоніка Інтелекта.* – 2019. – N. 1(92). – С. 3-8.
7. Antonenko, T., Bodyanskiy, Y. *Deep neo-fuzzy neural network and its accelerated learning // Proceedings of the 2020 IEEE 3rd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2020, 9204068, pp. 67-71.*
8. Yamakawa T, Uchino E, Miki T., Kusabagi H. *A neo fuzzy neuron and its applications to system identification and predictions to system behavior. – Proc. 2nd Int. Conf. on Fuzzy Logic and Neural Networks, pp. 477-483, 1992.*
9. Uchino E, Yamakawa T. *Neo-fuzzy neuron based new approach to system modeling with application to actual system - Proceedings Sixth International Conference on Tools with Artificial Intelligence – New Orleans, LA, USA, 1994 – p.564-570.*
10. Miki T, Yamakawa T, “Analog implementation of neo-fuzzy neuron and its on-board learning,” *In Computational Intelligence and Applications, Piraeus: WSES Press, 1999, pp. 144-149.*
11. Kolodyazhniy V, Bodyanskiy Ye. *Fuzzy Kolmogorov's network – Lecture Notes in Computer Science. – 3214 – Heidelberg: Springer Verlag, 2004. – p.764-771.*
12. Bodyanskiy Ye, Kolodyazhniy V, Otto P. *Neuro-fuzzy Kolmogorov's network for time series prediction and pattern classification – Lecture Notes in Artificial Intelligence – 3698 – Heidelberg: Springer Verlag, 2005. – p.191-202.*
13. Bodyanskiy Ye., Popov S. *Neuro-Fuzzy Unit for Real-Time Signal Processing // Proc. IEEE East-West Design & Test Workshop (EWDTW'06). – Sochi, Russia, September 15-19, 2006. – P. 403-406.*

14. *Bodyanskiy Ye., Popov S. Multilayer Network of Neuro-Fuzzy Units in Forecasting Applications // Research Papers of Wrocław University of Economics. Knowledge Acquisition and Management. – 2008. – №25. – P. 9-14.*
15. *Bodyanskiy Ye., Popov S., Titov M. Robust Learning Algorithm for Networks of Neuro-Fuzzy Units // Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering / Ed. by T. Sobh. – Dordrecht: Springer, 2010. – P. 343-346.*
16. *Bodyanskiy Ye., Popov S., Rybalchenko T. Feedforward neural network with a specialized architecture for estimation of the temperature influence on the electric load // Proc. 4th International IEEE Conference "Intelligent Systems". – Varna, 2008. – Vol. I. – P. 7-14-7-18.*
17. *Perfilieva T. Fuzzy transforms: Theory and applications – Fuzzy Sets and Systems – 2006 – 157 – p.993-1023.*

**Dragan Vukasović, Darko Martinov, Živa Žebeljan** (*Independent University of Banja Luka, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina*)

## METHODS MAKING AN INVESTMENT DECISION

*For the needs of investment analysis and investment management, ie project evaluation and ranking, classification into independent and mutually exclusive investment projects is of special importance. In theory and practice, there are two basic approaches to assessing and measuring the financial benefits or effects of investment projects: the traditional or accounting approach and the modern or financial approach. The investment decision will be either the acceptance or rejection of the proposal based on the 4th method of determining the required capital: the method of estimating the rate of return; eturn period methods; the internal rate of return method and the net present value method. Therefore, the development of improvements and predictions should be a top priority in the process of reaching the optimal decision.*

*Для потреб інвестиційного аналізу та управління інвестиціями, тобто оцінки та ранжування проектів, особливе значення має класифікація на незалежні та взаємовиключні інвестиційні проекти. У теорії та практиці існує два основних підходи до оцінки та вимірювання фінансових вигоди чи наслідків інвестиційних проектів: традиційний або бухгалтерський підхід та сучасний або фінансовий. Інвестиційним рішенням буде або прийняття, або відхилення пропозиції на основі 4-го методу визначення необхідного капіталу: метод оцінки норми прибутку; методи зворотного періоду; метод внутрішньої норми прибутку та метод чистої теперішньої вартості. Тому розробка досконалих прогнозів повинна бути головним пріоритетом у процесі досягнення оптимального рішення.*

### 1. INTRODUCTION

The main goal of every company is to preserve its existence and ensure the permanent desired development. The company strives to ensure its current and future survival, to ensure the continuity of current and future efficient operation. Usually, this synthesized basic goal of the company is further specified through two additional goals:

- ensuring the continuity of functioning, ie. ensuring the existence of the business system;
- ensuring the continuous continuation of efficient functioning, ie. ensuring the continuous desired development of the business system.

The company is trying to realize its goal in the current conditions and the present time, and having in mind the near and distant future. In addition to providing conditions for its current survival, the company is in a situation to develop and that development is long-term oriented, defined qualitatively. The company defines its long-term development policy, which contains its basic goals and ways of achieving them. Investment goals and investment policy, as a direct consequence of the company's goals, are retained in the long-term development policy of the company. On the other hand, only concrete investment actions within the defined investment policy can establish the realization and development of company policy. The investment selection criterion is a measure of the validity of individual investment shares, a measure of achieving the set investment goals and based on it it is determined which of the available investment shares should be realized. Like other economic phenomena, investments have their micro and macro aspect. At the macro level, these are different variants of the capital ratio as a relationship between investment and production, in the financial literature and practice, these are usually the average and marginal capital ratio. The average capital ratio shows how many units of capital (fixed and current assets), ie total investments are engaged in the creation of production units, while the marginal capital ratio represents the ratio between the increase in investment and the increase in production. Investment management at the micro level, ie at the company level, aims to allocate limited investment capital to optimal purposes, programs in order to maximize the achievement of its economic goals. In the conditions of a developed financial market and the company's access to that market, investing must be understood in a broader sense. In addition to investing in projects, business ventures in the company, either in the modernization of existing or new production, plants, factories or activities,

and the company can also place uncommitted free capital in the securities of the financial market and thus make a profit. Investments, as an integral part of the totality of the process of allocation of economic resources over time, are one of the most important areas of economic theory in general, from two basic economic characteristics:

- limitation and possibility of alternative use of economic resources;
- future development, as a precondition for more complete satisfaction of future needs.

## **2. INVESTMENT PROJECTS AND INVESTMENT CRITERIA**

Investment proposals or projects, as alternative opportunities for internal investment within the company, can be classified into:

- new production or expansion of existing ones;
- relocation of equipment or facilities;
- research and development;
- investigative works;
- other projects.

For the needs of investment analysis and investment management, ie project evaluation and ranking, classification into independent and mutually exclusive investment projects is of special importance. Independent projects are considered to be those that do not compete with each other, ie if the choice of one project does not imply the simultaneous rejection of another. In contrast, mutually exclusive projects are mutually exclusive, so choosing one project means automatically rejecting another.

### **2.1 CAPITAL INVESTMENTS INCLUDE:**

- generating investment proposals;
- an estimate of cash or cash flows for those proposals;
- valuation of cash flows;
- project selection based on accepted criteria;
- continuous revaluation of investment projects after their acceptance.

Each of these activities, ie the correctness of its implementation, improves the objectivity and quality of investment management and the chance to choose the optimal placement of capital. In theory and practice, there are two basic approaches to assessing and measuring the financial benefits or effects of investment projects:

- traditional or accounting approach;
- with time or financial approach.

The first involves the projection of the annual financial result to the economic life of the project and their comparison with imported funds - capital. The return on investment in this way depends on the sources used and their combination, and on whether it is reported on the basis of gross or net profit. Modern financial theory has therefore promoted, the practice has accepted the approach of expressing the effects of investment projects through their effect on cash flows. The advantage of net cash flow, ie financial access to net cash flows, in relation to accounting, based on its differential profit are:

- intelligibility of decision makers, even those who are not sufficiently financially educated;
- the determination of the future investment activity of the company manages the net cash flows.

In this paper only the basic elements of cash flow projection in the function of budgeting and evaluation of the effects of investment programs will be pointed out and they are:

- initial, as well as any subsequent capital investment in the realization of a given project as a cash outflow;
- net increase in future cash flow expected from the project, ie the flow of annual financial benefits in the economic life of the project;



- the amount of cash that will be released when the project is liquidated according to its lifetime system as a cash inflow.

The basic investment criteria in the financial literature are the price of capital and the standard rate of return. The price of capital as an investment criterion is based on the indisputable fact that capital, regardless of its sources, has its price on common sense logic that it is worth investing if the expected earnings will be based on other realistically available alternative investment opportunities. In doing so, determining the price of the company's capital is essential for each company only in the function of the investment criterion, but in the optimal composition of its financial structure.

Unlike the cost of capital, standard rates of transfer to invested funds are a more empirically based criterion, which nevertheless has a fairly widespread practical application. As standard rates of return are met or used:

- the desired rate of return on new investment;
- actual rate of return on existing investments;
- average rate of return for a given industry;
- target rate of return on existing investments

### 3. ASSESSMENT METHODS

The investment decision will be either the acceptance or rejection of the proposal based on the 4th method of determining the required capital:

1. methods of estimating the rate of return;
2. return period methods;
3. internal rate of return method;
4. net present value method

#### 3.1. ESTIMATION OF THE RATE OF RETURN

This calculation measure represents the ratio of the average annual profit after tax and investment in the project. In the previous example of a new machine, the average annual book salary for a five-year period is \$ 2,100, and the initial investment in the project is \$ 18,000. Therefore: Average rate of return =  $2100/18000 = 11.76\%$ . If the income were variable for the observed 5 years, the average would be calculated and included in the meter. Once the average rate of return for an investment proposal has been calculated, it can be compared to the required rate of return in order for a particular investment proposal to be accepted or rejected. Assuming there are 3 investment proposals, each costing \$ 9,000, follows

**Table 1:** Example of three investment projects

PERIOD OF TIME	PROJECT A		PROJECT B		PROJECT C	
	profit	initial investment	profit	initial investment	profit	initial investment
1	3000	6000	2000	5000	1000	4000
2	2000	5000	2000	5000	2000	5000
3	1000	4000	2000	5000	3000	6000

Each proposal will have the same average return rate of  $\$ 2999 / \$ 9000$  or 22.22%, and yet, few companies will view projects as equally favorable. Most companies would give priority to project A, which provides higher overall cash benefits in the first year. Therefore, the average rate of return does not satisfy all desires as a method of project selection. The payback period of an investment project speaks to the number of years it takes to recoup the initial cash investment. It is the ratio of initial investment to annual cash income in the payback period. In the example it is:

Payback period =  $18000/5700 = 3.16$  years. If the annual cash income is not equal, the work around the calculation is somewhat more difficult. Assuming an annual cash income of \$ 4,000 in the first year, \$ 6,000 in the second and third years, and \$ 4,000 in the fourth and fifth years, in the first three years the \$ 16,000 initial deposit will be returned and in the fourth year the next \$ 4,000. In relation to the initial investment of \$ 18,000, the payback period is 3 years + \$ 2,000 / \$ 4,000 or 3.5 years.

### 3.2. INTERNAL RATE OF RETURN

It is generally agreed that due to various shortcomings of the internal rate of return and the payback period method, discounted cash flow methods provide a more objective basis for evaluating and selecting investment projects. These methods take into account the size and timing of cash flows over each project life period. The discounted flow method is the internal rate of return and the present value method. It should be recalled that the internal rate of return on an investment proposal is a discount rate that equates the present value of expected expenditures with the present value of expected receipts.

It is denoted by  $r$ , so that:

$$\sum_{i=0}^n (A_i / (1+r)^i) = 0$$

where:  $A_i$  - refund in period  $t$ , whether it is expenses or income,

$n$  - period in which cash inflow is expected.

If the average cash cost occurs in time 0, the previous expression can be displayed as:

$$A_0 = A_1 / (1+r) + A_2 / (1+r)^2 + \dots + A_n / (1+r)^n$$

Therefore,  $r$  is the rate that discounts future cash inflows -  $A_1$ - $A_n$  to reduce them to the initial cost in period 0. In the example, the problem is solved as follows:

$$1800 \text{ NJ} = 5700 / (1+r) + 5700 / (1+r)^2 + 5700 / (1+r)^3 + 5700 / (1+r)^4 + 5700 / (1+r)^5$$

Solving this task, it is decided that the internal rate of return is 17.57%.

The criterion on the basis of which the project is accepted or rejected is the comparison of the internal rate of return with the required rate of return. If the internal rate is higher than the requested rate, the project is accepted, if it is lower, the project is rejected. If the required rate is 12%, if this criterion is applied, the investment proposal under consideration will be accepted. Acceptance of a project whose internal rate of return is higher than the required rate of return should result in an increase in market share prices, because the company accepts the project with a return higher than required.

### 3.3. NET PRESENT VALUE

The internal rate of return method and the present value method, in which cash returns are discounted, have a similar approach in planning the required capital. With the present value method, all refunds are discounted to present value, using the required rate of return. The net present value for the proposed investment is obtained by the form:

$$NSV = \sum_{t=0}^n A_t / (1+k)^t$$

where:  $k$ - the required rate of return.

If the sum of these discounted cash flows is 0 or more, the proposal is accepted, if the sum is less than 0, the proposal is rejected. Another way in which the acceptance criterion can be expressed is as follows: The project will be accepted if the present value of cash income is greater than the present value of cash expenditure. The approach to the acceptance criteria in this case is the same as the principle for the internal rate of return. If the required rate of return is such as to ensure the return that investors expect the company to earn on the investment project, and the company accepts the proposal with a net present value greater than 0, the market price of the shares should

increase. The Company will accept a project whose return on assets is greater than the return that would be required to keep market share prices unchanged.

Assuming that the required rate of return after tax is 12%, it is easy to determine the net present value in a given example using the following expressions:

$$NSV = -18000 + 5700 / (1 + 0.12) + 5700 / (1 + 0.12)^2 + 5700 / (1 + 0.12)^3 + 5700 / (1 + 0.12)^4 + 5700 / (1 + 0.12)^5 = -18000 + 20547 = \$ 2547$$

### 3.4. PROFITABILITY INDEX

The profitability index of a project, or the ratio of utility to cost, is the ratio of present value to future cash inflows and initial costs. It is calculated with the following form:

$$Pi = \frac{\sum_{t=1}^n At / (1 + k)^t}{Ao}$$

and for a given example, the profitability index is:

$$Pi = 20547 \text{ NJ} / 18000 \text{ NJ} = 1.14$$

As long as the profitability index is 1 or higher, the investment proposal is acceptable. When calculating the profitability index, the net index is calculated, not the aggregate index. The aggregate index is the ratio of the present value of cash income and the present value of cash expenditure. The net index is used to distinguish between the initial cost and subsequent cash costs.

## 4. CONCLUSION

Investing is a dynamic and complex process that requires a lot of knowledge and commitment, where it is sometimes difficult to distinguish when the investment process begins and when it ends. In order to be able to manage investments efficiently one needs to know and understand numerical determinants of the investment process. The development of new technologies, especially computer technologies, the active involvement of an increasing number, raising the level of knowledge of participants in financial markets, has produced a number of investment strategies thanks to which investors strive to achieve their investment goals.

## REFERENCES

- [1] Dedović M., Milačić S., (2003), *Finansijska tržišta i berze*, EF, Priština
- [2] Grozdanović R., Radojičić M., Vesić J., (2006), *Ekonomija preduzetništva*, Tehnički Fakultet, Čačak
- [3] Ristić Ž., Komazec S., Ristić K., (2013), *Finansijska tržišta i berzanski menadžment*, EtnoStil,
- [4] Beograd,
- [5] Ristić Ž., Komazec S., i dr. (2006), *Berze i berzansko poslovanje*, izdavač Nenad Jelesijević Madura, J. (2003) *Financial Markets and Institutions*. Mason: Thomson/South-Western
- [6] Mishkin, F.S. (2002) *The economics of money: Banking and financial markets*. Reading, MA, itd: Addison-Wesley
- [7] Šoškić D. (2000), *Hartije od vrednosti, upravljanje portfoliom i investicioni fondovi*, EF, Beograd

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЧАСОВИХ РЯДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*У статті розглядається можливість застосування засобів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для аналізу поведінки часових рядів. Проаналізовано один із способів аналізу часових рядів, а саме проєкція часового ряду або метод «вікон». Для реалізації зазначеного підходу вибрані найбільш поширені типи прямостворених нейронних мереж, а саме перцептрон та РБФ-мережі. Проаналізовано чинники, що впливають на кількість нейронів кожної мережі. Визначається мінімально необхідне для вирішення задачі число нейронів. Для тестування мереж використовуються дані по продажам продукції одним із металургійних підприємств регіону. Для визначення оптимальної архітектури нейромережі побудовано низку перцептронів і РБФ-мереж для досягнення прийнятної похибки.*

*The article considers the possibility of using artificial intelligence tools, in particular neural networks, to analyze the behavior of time series. One of the methods of time series analysis, namely time series projection or the "windows" method, is analyzed. To implement this approach, we selected the most common types of direct neural networks, namely perceptron and RBF-networks. Factors affecting the number of neurons in each network are analyzed. The minimum number of neurons required to solve the problem is determined. For testing networks, data on sales of products by one of the metallurgical enterprises in the region is used. To determine the optimal neural network architecture, a number of perceptron and RBF-networks are constructed to achieve an acceptable error.*

При рішенні задачі прогнозування багатовимірних стохастичних часових рядів в умовах структурної і параметричної невизначеності в загальному випадку природа спостережуваної послідовності невідома [1].

У часових рядах, на відміну від випадкових вибірок, дані розглядаються як послідовність вимірів, впорядкованих в невідповідні моменти часу, тобто часовий ряд включає два обов'язкові елементи – час і конкретне значення показника (рівень ряду). Як правило, значення показника фіксуються через рівні проміжки часу.

Останнім часом для прогнозування часових рядів досить часто застосовують нейронні мережі, тому що вони володіють такими перевагами:

- можливість обліку сезонності попиту при підготовці навчальної вибірки;
- нейронна мережа є універсальним апроксиматором, що дозволяє підібрати функцію будь-якої складності, не скуту строгим аналітичним виразом [2].

Метою роботи є дослідження впливу архітектур і параметрів нейронних мереж на точність моделювання часових рядів.

У задачах аналізу часових рядів метою являється прогноз майбутніх значень змінної, залежної від часу, на основі попередніх її значень. При цьому не ставиться задача виявити неявно відбиті в часовому ряду залежності цільового показника від істотних для нього значень інших характеристик предметної області.

Чергове значення часового ряду прогнозується по деякому числу його попередніх значень (прогноз на один крок вперед в часі). Проте можна виконувати прогноз на будь-яке число кроків (при зниженні точності прогнозування).

Після того, як вичислено чергове прогнозне значення, воно підставляється назад і з його допомогою виходить наступний прогноз. Такий спосіб називається проєкцією часового ряду або методом «вікон». Вікно має фіксований розмір і здатне переміщатися по часовій послідовності.

Штучні нейронні мережі є одним з найбільш адекватних інструментів прогнозування часових рядів, що дозволяють за минулими спостереженнями відновлювати нелінійне відображення виду [3]

$$x(t) = F(x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-k)) + e(t) = \hat{x}(t) + e(t), \quad (1)$$

де  $\hat{x}(t)$  – оцінка (прогноз) значення  $x(t)$ , отримана на виході нейромережі;

$e(t)$  – помилка прогнозування;

$k$  – порядок моделі (ширина вікна).

Нейромережа представляє в даному випадку нелінійну авторегресійну модель (NAR-модель).

Можливість і ефективність використання NAR-моделі в задачах прогнозування визначається теоремою Текенса, що встановлює існування порядку моделі, який забезпечує скільки завгодно мале значення помилки  $e(t)$ , і універсальними апроксимуючими властивостями нейромереж [4].

В якості основи для побудови NAR-моделей доцільно використовувати багатопшарові мережі з прямою передачею інформації.

Кількість входів мережі дорівнює ширині вікна, а кількість виходів – величині зміщення вікна при ковзанні (числу часових періодів прогнозування). При прогнозуванні на один крок вперед в часі вікно зміщується на одну позицію.

Мережа дозволяє сформулювати на виході сигнал, що є функцією часу. Такі мережі належать до нейромереж з часовими затримками. Вони отримали широке поширення в задачах прогнозування часових послідовностей найрізноманітнішої природи.

Проте при використанні такого підходу виникають наступні труднощі:

- неможливість точного визначення потужності мережі (тобто кількості нейронів);
- складність в підборі оптимальної ширини вікна. За наявності чітко вираженої циклічності в поведінці часового ряду може виявитися істотна залежність результатів прогнозування від кореляції між шириною вікна і циклом коливань часового ряду;
- забезпечення актуальності прогнозів. Послідовність значень часового ряду є відображенням прихованих залежностей, значення яких з часом може змінюватися (збільшуватися або навпаки, практично повністю зникати). Тому в мережу постійно треба вводити нові дані, знаходячи правильний баланс із старими даними [2].

До прямокутних нейронних мереж відносяться перцептрони та РБФ-мережі. Ці дві архітектури найбільш придані до відтворення NAR-моделі і мають свої переваги та недоліки.

Перевагою RBF-мереж є те, що параметри лінійної комбінації у вихідному шарі можна оптимізувати за допомогою швидкісних методів лінійного моделювання. Тому RBF-мережа навчається дуже швидко (на порядок швидше за еквівалентний багатопшаровий перцептрон).

Проте зазвичай для досягнення однієї і тієї ж точності РБФ-мережа вимагає більшого числа елементів, ніж багатопшаровий перцептрон. Тому РБФ-мережа працює повільніше і вимагає більше пам'яті. Крім того, мережі РБФ чутливіші до «прокляття розмірності» (швидке зростання розмірів мережі при збільшенні числа входів) і важко застосовні, коли число входів велике. Але при реалізації методу вікон цей недолік не буде надто впливовим, тому що ширина вікна не буде дуже великою.

Також РБФ-мережа погано екстраполює, оскільки при видаленні від навчальної множини значення функції відгуку швидко падає до нуля. Хоча в конкретній задачі це може виявитися гідністю: краще не отримати відповідь, чим отримати неправду.

Проте ефективність застосування тієї чи іншої мережі залежить від умов конкретної задачі. Тому потрібно провести експериментальні дослідження на предмет того, яка з запропонованих архітектур буде більш ефективною у вирішенні задачі прогнозування вибраного показника.

На першому етапі потрібно визначити необхідну кількість нейронів кожної мережі.

Оскільки обчислювальна потужність нейромереж залежить від числа зв'язків між нейронами, то при використанні мереж з перехресними зв'язками для апроксимації однієї і тієї ж функції потрібно менше число нейронів в прихованих шарах, чим при використанні мереж з прямими зв'язками.

Проте швидкість збіжності при навчанні мереж з перехресними зв'язками набагато нижче, ніж при навчанні мереж з прямими зв'язками. Тому нейронні мережі з перехресними зв'язками доцільно застосовувати при їх апаратній реалізації, а мережі з прямими зв'язками при використанні програмної емуляції [5].

Експериментально доведено, що якість роботи нейронної мережі з прямими зв'язками монотонно зростає при збільшенні числа шарів і числа нейронів в кожному шарі.

Визначення оптимального числа нейронів в прихованому шарі по заданій навчальній вибірці нині не має математичного рішення (під оптимальним тут розуміється мінімально необхідне для вирішення задачі число нейронів).

При числі нейронів нижче оптимального мережа не навчиться і помилка при роботі мережі залишиться великою, а також не зможе апроксимувати різкі коливання вихідної функції.

Чим більше кількості нейронів, тим вище апроксимуючі можливості мережі. Проте надмірне число нейронів приводить до

- ускладнення і уповільнення навчання нейронної мережі;
- перенавчання, при якому нейромережа відображатиме несуттєві деталі в залежності, що вивчається, наприклад шум або помилкові дані;
- зниження узагальнювальних властивостей мережі [6].

Кількість нейронів прихованого шару пов'язана із складністю завдання, з кількістю даних для навчання та з необхідною кількістю входів і виходів мережі.

Оцінити число нейронів в прихованих шарах можна за допомогою нерівності для оцінки числа вагових коефіцієнтів в мережі необхідного для освоєння заданого числа прикладів в навчальній вибірці [7]:

$$\frac{N_y N_p}{1 + \log_2 N_p} \leq N \leq N_w \left( 1 + \frac{N_p}{N_x} \right) \left( N_x + N_y + 1 \right) + N_y, \quad (2)$$

де  $N_w$  – число вагів в мережі;

$N_p$  – число елементів навчальної вибірки;

$N_x$  і  $N_y$  – відповідно розмірність вхідного і вихідного сигналу.

Тоді число прихованих нейронів ( $N_n$ ) в двошаровій мережі можна визначити по формулі

$$N_n = \frac{N_w}{N_x + N_y}. \quad (3)$$

Підставляючи граничні значення  $N_w$  можна отримати мінімальне ( $N_{wmin}$ ) і максимальне ( $N_{wmax}$ ) число нейронів в прихованому шарі мережі.

Для тестування мереж були використані дані по продажам продукції одним із металургійних підприємств регіону.

При плануванні обсягу продажів металів слід враховувати сезонний фактор, оскільки від нього залежить попит на металеву продукцію. Тому у NAR-моделі доцільно прирівняти порядок моделі до кварталу, тобто ширина вікна буде дорівнювати трьом позиціям. Тоді число входів нейронної мережі також складе 3.

Теоретично найбільш точні результати дасть модель із найменшим періодом планування, тобто величиною у 1 місяць. Тоді число виходів нейронної мережі також складе 1.

Вихідні дані представлені 5 роками, тобто 60 місяцями. Тоді кількість навчальних прикладів складе 57.

Підставляючи ці значення у формулу (2), отримано наступну кількість вагових коефіцієнтів нейромереж:  $N_{wmin} = 9$ ,  $N_{wmax} = 101$ .

Підставляючи кількість вагових коефіцієнтів у формулу (3), отримано наступну кількість нейронів:  $N_{nmin} = 3$ ,  $N_{nmax} = 26$ .

Усі значення округлені до найближчого більшого цілого.

Точність, що досягається, залежить від конкретної задачі. Тому можна спробувати розширити горизонт планування на 2 місяці. Проте для компенсації похибки слід також пропорційно розширити величину вікна. Тоді кількість входів нейромережі складе 6, а виходів – 2. Кількість навчальних прикладів при цьому скоротиться до 27.

Підставляючи нові параметри у формули (2) і (3), отримано наступні результати:  $N_{wmin} = 10$ ,  $N_{wmax} = 101$ ;  $N_{nmin} = 2$ ,  $N_{nmax} = 13$ .

Для визначення оптимальної архітектури нейромережі було побудовано низку перцептронів і РБФ-мереж для досягнення прийнятної похибки (5 %). При цьому підбор кількості скритих нейронів починався з мінімальних значень, тобто використовувався конструктивний підхід.

Результати досліджень побудованих нейромереж наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати досліджень побудованих нейромереж

Архітектура нейромережі	Кількість вагів	Кількість нейронів	Середня погрішність першої позиції, %	Середня погрішність другої позиції, %	Загальна погрішність, %
Перцептрон 3-3-1	12	4	7,5	8,3	7,9
Перцептрон 3-4-1	16	5	3,8	4	3,9
РБФ-мережа 3-3-1	12	4	9,4	10,2	9,8
РБФ-мережа 3-4-1	16	5	6,3	6,7	6,5
Перцептрон 6-2-2	16	4	8,1	8,4	8,25
Перцептрон 6-3-2	24	5	4,3	4,8	4,55
РБФ-мережа 6-2-2	16	4	8,9	9,2	9,05
РБФ-мережа 6-3-2	24	5	5,5	5,6	5,55

Як видно з таблиці, перцептрон з 4 скритими нейронами задовольняє рівню похибки у 5 % і при цьому має найменшу кількість нейронів.

На рис. 1 показана гістограма відносної погрішності тестування нейронних мереж.

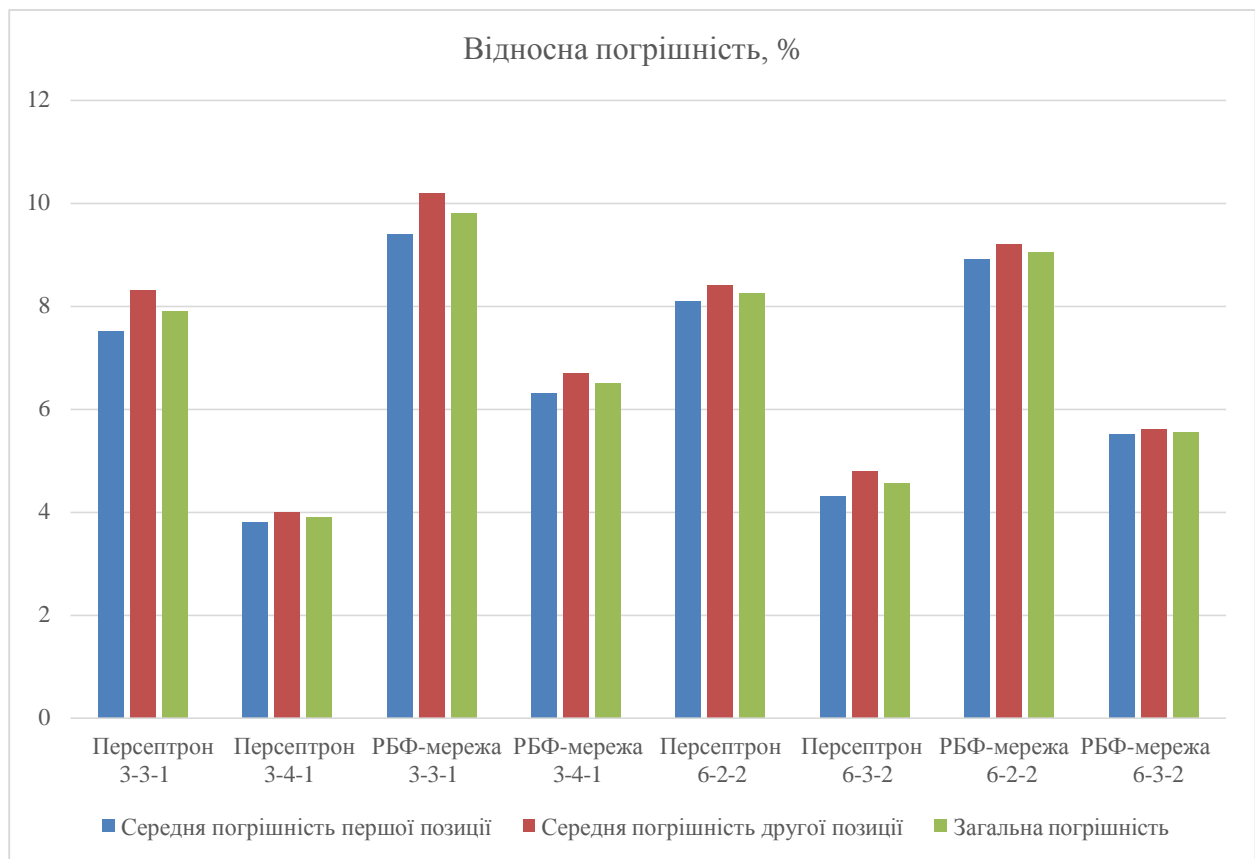


Рис. 1. Гістограма відносної погрішності тестування нейронних мереж

## ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження оптимальності характеристик і параметрів NAR-моделі на прикладі оцінювання обсягів продажу металургійного виробництва довели ефективність даного підходу до прогнозування динаміки часових рядів.

2. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень різноманітних парадигм та архітектур нейронних мереж, для реалізації NAR-моделі оцінювання обсягів продажу металургійного виробництва доцільно використовувати персептрон з архітектурою 3-4-1.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Руденко О.Г. Штучні нейронні мережі: [навч. посіб.] / О. Г. Руденко, Є.В. Бодяньський. – Харків : Компанія СМІТ, 2006. – 404 с.
2. Wong F. S. Time series forecasting using backpropagation neural networks / Wong F. S. // *Neurocomputing*. – 1990/91. – Vol. 2. – P. 147–159.
3. *Geometry from a time series* / Packard N., Crutchfield J., Farmer J., Shaw R. // *Phys. Rev. Lett.* – 1980. – Vol. 45. – P. 712–716.
4. Widrow B. 30 years of adaptive neural networks: perceptron, madaline and backpropagation / Widrow B., Lehr M. A. // *Proceedings of the IEEE*. – 1990. – Vol. 78, №. 9. – P. 1415–1442.



**Jasmina Gligorijević, Filip Cvetković, Marina Mitrović, Miloje Jelić, Milosav Stojanović**  
(Faculty of Applied Sciences, Niš, Niš Business School, Niš, Serbia)

## MANAGEMENT CONSULTING PROFESSION

*Management consulting is one of the dynamic service sectors, for which there is a very high level of growth and development and that changes in accordance with customer needs. Consulting activities must be based on professionalism in the provision of services including expertise, competence, good reputation, efficiency, recognition through accreditation and the work complied with the ethical code of conduct. The customer satisfaction in the services they received depends on the professionalism of a consultant which is the backbone of a good consulting.*

*Управлінський консалтинг - це один із динамічних секторів послуг, для якого існує дуже високий рівень зростання та розвитку, який змінюється відповідно до потреб споживачів. Консультаційна діяльність повинна базуватися на професіоналізмі у наданні послуг, включаючи досвід, компетентність, добру репутацію, ефективність, визнання через акредитацію та роботу, що відповідає етичному кодексу поведінки. Задоволеність споживачів послугами, які вони отримали, залежить від професіоналізму консультанта, який є основою хорошого консалтингу.*

### 1. INTRODUCTION

Economically developed, Western countries have legally formalized consulting as a profession at the national level, in several key markets. Other countries (certainly not all) have either developed laws in four markets that are important to them to fully recognize consulting as a profession, or it is in full swing at the moment. International activity is now focused on making qualifications and recognition based on a globally accepted "common body of knowledge." There is still a dilemma among skeptics as to whether consulting is a business or a profession, but, for experts in this field, there is no dilemma, modern consulting is a profession that is experiencing rapid growth with a rate of 15-20 percent per year and high incomes. The goal of a professional consultant is not to increase the income of the consulting company, but to improve the success of the client's business. Providing professional services with consulting as an intellectual stimulation should show professionalism in work while insisting on knowledge, marketing orientation, respect for the organizational culture of the company to which consulting is provided, and raising the overall level of quality of consulting services.

### 2. ACCREDITATION

Accreditation verifies the acquired name, image, respect and trust for successful business and self-confident investment in the business world. Through this process, consultants provide a power of attorney in terms of the necessary competence and qualifications for business activity in service activities. Since it is issued by a qualified third party, accreditation is all the more than a simple qualification. It is firmly grounded in an internationally recognized body of knowledge, with recognized qualifications and knowledge, that directly addresses practical needs in terms of providing value-added solutions for clients in a real business environment.

In these, relatively early years, the desire to speed up the accreditation process may seem wrong, but such a process can only be in the interest of both the profession and the clients. The consultant will be bound by a code of ethics, and he will be educated to offer an integrated approach to consulting. Such an integrated approach will support a common body of knowledge or, as we tend to call it, a "core of expertise".

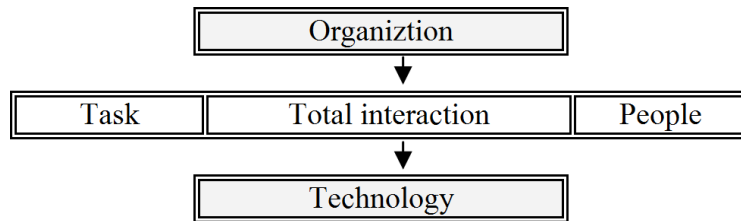
There is still much more to be done before the dream of fully qualified consultants operating globally, with internationally recognized qualifications (accreditation) and a common core of knowledge and skills is realized, but that time is coming. Once the qualification process is fully defined, it is possible that certified consultants will work side by side with non-certified, but in an increasing number of markets. The right to practice will be based on recognized qualifications.

### 3. ORGANIZATION AS AN ORGANISM

The functions and sectors that solve organizational problems and reduce their uncertainty act as an organism.

Common sense tells us that a business organization is an integrated system in which change in any part, no matter how tiny, means change in every part of it. The most famous model of organization that shows the interdependence of parts is the Leavitt's diamond (Fig. 1) [2].

By extrapolating Leavitt's model, one can easily prove the similar integration that exists between sectors, regardless of bureaucracy models. The development in recent years through parent organizations to today's concept of "firms without borders" and the simultaneous increase in the importance of information, as determinants of business success will continue to intensify this relationship of interdependence.



**Fig. 1.** Leavitt's diamond [2]

Observed in the medium term, the reality of the business climate is dictated by the need for knowledge of those who want to serve the business, and these realities are encapsulated in Leavitt's diamond.

Driven by the dual concepts of accreditation based on the knowledge of a commercial organization, the consultant strives to give clients a more integrated offer. Such an approach is considered by the farsighted to be good for the client, good for the profession, and good for the job. Every effort to encourage some desirable, and ultimately inevitable tendency in one short period of time, is great. But the belief is that what is difficult should always be tried, because the outcome should be positive.

### 4. LOOKING AT THE FUTURE

There is convincing evidence that professional bodies (various official international institutions) around the world want to prescribe a common code of ethics for consultants. The Institute of Management Consultants, in its April 1992 issue of Management Consultancy magazine, announced the establishment of an "ethics guidance panel" to provide advice to members facing ethical uncertainties. Professional bodies in the United States consider adherence to their code of conduct to be a vital precursor to the certification process, believing that the code will emerge in the light of the latest and best international practice [7].

At the same time, the Institute of Management Consultants in London is working to simplify and improve its code and encourage its members to respect it by registering for the BS 5750 quality standard (BS 5750 is the British Quality System Standard introduced in 1979 in the UK as equivalent to European (EN29000) and international standards (ISO9000). In July 1994 this standard was formally renamed BS EN ISO 9000). All of this is fine, but ethics and consistency alone do not do as much as many would like to ensure a level of professionalism.

Canada now leads in the field of quality, followed immediately by the American National Bureau of Professional Management Consultants. Canada has established an education and exam program, leading to early-based certification of what a common body of knowledge should be. Some aspects of a company's operations are so vital to its survival that it is to be believed that all consultants must have better than working knowledge of each of these aspects. While such tendencies toward a "market" influenced by official policy show no signs of waning, these aspects are of growing importance for what was once called the "nonprofit sector".

What and where consultants work in a commercial practice is of limited relevance. To be efficient not only in their own, but above all, in the interest of clients, everyone must understand the following dimensions:

- *Background (through):*
  - Socio-political-economic environment in which the consultant's clients operate,
  - Relevant legislation.
- *Organization (from the aspect of):*
  - The organization's structure and construction,
  - Marketing concept,
  - Managerial accounting,
  - Total quality management (TQM),
  - System and information theory.

Most importantly, it is necessary to know how people behave in organizations. Any attempt to describe the above level of expertise would require many more examples and explanations.

Therefore, consultants who want to enrich their knowledge in this specific area should be educated for a long time through the relevant literature. An overview of some already established ways of thinking can help raise the level and quality of specialist knowledge in this area.

## 5. UNDERSTANDING THE TOTAL ENVIRONMENT OF THE COMPANY

The consultant, before establishing what is achievable with any client, must have a good understanding of the environment as it is. At a time when the importance of information is beginning to be realized, there is an abundance of misinformation by "stakeholders". It is advisable for any consultant worthy of his name to seek basic information and form his own conclusions based on available statistics, before taking on the rhetoric and unfounded optimism or pessimism of his favorite political party or its media spokespersons [4].

A consultant as an intelligent layman is expected to be aware of the legal constraints surrounding a firm. Legal requirements must be met so that the consultant, as part of his intervention, will facilitate their implementation. From the aspect of building a company, the law brings with it advantages and limitations, and the consultant must find and use such opportunities, both for the client and for himself. For example, in helping carmakers protect themselves and their distributors by meeting legal liability provisions for their product, it has been shown that it is possible to motivate placement and incorporate "original parts," into a market that has become too competitive and price sensitive, which led to a dangerous drop in standards when the fellows whose motto was "produce as much as possible and sell cheaply" was given too large a piece of cake making the market [8].

A consultant should not intervene in an *organization* without knowing and understanding its culture and structure, as well as the relevance of both to the markets it serves. This means that, in addition to the basic requirement that the business plan must be understood, and the intervention designed to contribute to that plan, the following areas of knowledge are vital:

- vision,
- mission,
- values,
- structure,
- climate, etc.

**The vision** is the goal the organization is heading towards, and the plan is the way to reach it. If people have it, the vision will motivate them to action. The vision is defined as the detailed "ideal future" of the organization. Usually, money in organizations creates a nice feeling and motivation, and even too much money will ensure that people are satisfied, but it will not ignite their passion or imagination, because they need a vision for which they work. The vision is a concise endeavour. It gives strength to people; it has the power to make people believe that they can do what they imagine [5].

Creating a vision should be resorted to by organizations that are embarking on a process by which they will oblige staff to realize the vision, to be more efficient and effective. An efficient department will provide a lot, and an effective sales department aligns sales with the capacity of the organization's capabilities and sends feedback from the customer to production, marketing and accounting. Research has shown that the key elements for achieving change in service culture show how crucial it is to have a motivating, unifying vision. It is not enough to have a vision and nothing else, little will be achieved and it is difficult to achieve success. However, if a training, research or motivational campaign is conducted without a strong central business vision, everything indicates that it will also be a bad investment. An effective vision should be short and in the first phase it should be comprehensive.

A true vision statement should be available to everyone, and a shorter one to be visible in the workplace. A vision statement has many goals. It provides clear evidence of the organization's priorities and responsibilities. It clearly calls on the members of the organization and concentrates them on the task before them. The statement creates excitement, inspires and concentrates corporate consciousness.

Within the organization, there is a core business, and it is reflected through the management of departments and sectors in which there is a core business for those segments of the organization that should fit into the core business of the entire company. In order to achieve the set organizational goals, management in combination with other organizational resources should connect the process of planning, organizing, directing and controlling the activities of employees [1]. The organization's orientation towards the future defines why the company is in business, what distinguishes it from its competitors and what it believes in and what is stimulated in its attitude towards clients, employees and the community.

**The mission** is an essential purpose for which each company differs and which, in the relations between products and markets, determines the domain of its business. It creates the basis for defining policies and objectives, and must therefore [9]:

- be compatible with the environment and expectations of key stakeholders (suppliers, customers, creditors, employees, government, etc.),
- be realistic, in the sense that it corresponds to the nature of the business and the resource possibilities of the company,
- be distinctive, in terms of image recognition,
- inspire and appeal, and be suitable for defining goals and policies.

Therefore, in formulating it, it is necessary to consider the role of the organization and the factors that are critical for success in the business in question.

**The value** from the aspect of understanding the environment of the organization, should be understood as a common initiative that drives the organization. It is the result of consulting, i.e. providing additional value to the organization through various performances.

**The structure** reflects the formal and informal relationship of superiority, patterns of communication, decision-making and problem-solving practices, and the internal reward system. From the consultant's point of view, **the climate** is an important segment of knowledge about the company, in the possible client-organization interaction and represents the psychological environment, which includes: morality, trust, creativity, risk-taking, openness, confrontation, intrigue, clarity of goals, common goals, understanding of interdependence. competition, support and authenticity.

Finally, how important is it to consultants who are those who are considered "business owners" whose needs need to be met? The answer to this question from the consultant's point of view is quite simple. Regardless of who is the majority owner of the company, whether they are: shareholders, senior managers, general board, workers, workers' families, customers, suppliers, community - local or wider, etc., the goal is the same, profit. Internal elements that strive to achieve change or set barriers to change are usually some external force.

## 6. MARKETING CONSULTING CONCEPT

The worst service that functional models have done to an organization is to alienate marketing from other activities and put it in a "department". Marketing is, or should be, a philosophy that, like total quality, either pulls the whole company, or pulls no part of it. Regardless of the fact that we can talk about purely marketing functions, it is, above all, an integral activity of the entire organization (firm) aimed at creating, identifying and meeting the needs of customers at a profit [6, 10].

Marketing functions understood in the present context can be briefly interpreted as follows:

- starts from market research (planning) of the market (activities) and establishing the postulates of the company's mission, defines the organization and its scope, clarifies the observed differences in the market, adopts an explicit philosophy of quality and marketing and creates guidelines for customer relations or employees,
- goals or market positions are identified, R.O.C.E.; take measures to improve people, products / services, public responsibilities, etc.,
- assessment and testing of strategic alternatives in relation to the goals is done,
- verification is done through staff (policies and levels), finance (funding and objectives), techniques (equipment and facilities) and products / services - customer requirements (current and future),
- then a detailed analysis is performed, ie the establishment of relevant USP, comparative analysis, competition analysis and the market strategy of performance with a defined marketing program is adopted.

A consultant cannot do anything in an organization that truly respects the concept of marketing without affecting its function. Given that this is so, it is wise to at least understand the concept. Those who sell their services in the field of total quality, or within the more limited specialty BS 5750, must know marketing in detail for two main reasons.

Total quality, defined as "consistently meeting customer needs that are constantly changing, with minimal costs," is not much more than a refined market concept promoted more than seventy years ago by Mac Kitterick et al. That is, if someone wants to attach special importance to it, "top marketing strategy," and since marketing techniques are well established and proven by many years of experience, then they should be available to those who apply total quality [3].

Contrary to the claims of some consultants, BS 5750 is an expensive, time-consuming activity. Opinions are divided, but most consultants agree that the long road to accreditation rarely needs to be tackled before it can be established what benefits, which will justify the expenditure, can be expected. This information should be as specific, accurate, and time-bound as can be provided by rapidly changing professional techniques in the world. In addition, the transition to BS 5750 must be supported by a clear idea of how much it costs the organization at that time not to comply with that standard.

In order to understand this, as well as the critical role of profitability as a prerequisite for continuous business activity, it is necessary to know the following entities:

- management and accounting,
- total quality management (TQM),
- systems and information theory,
- organization behavior.

Thus, the purpose of management consulting is to meet the needs of clients. As a result, a fee comes. Hence, the marketing concept reflects and nurtures the essential connection between the consulting firm (consultant) and its (his) clients.

As today the field of consulting services belongs to the service industry with the highest degree of growth and development, in order for a marketing concept to be considered successful, it should enable the consulting firm to meet the needs of its clients, but at the same time make a profit that satisfies the needs [3].

Many activities in consulting services involve simultaneity and innovation, which means that the contact staff from the consulting firm or a personally independent consultant must be involved in marketing. In such conditions, consulting can bring good results if the consultants are competent to provide services to clients and the clients are competent to use consultants. The competence of users of consulting services depends on:

- understanding the essence of consulting,
- selection of the best (professional) consultant with a good reputation,
- active participation of clients in the work of consultants,
- monitoring clear goals,
- enriching knowledge on each project,
- development and diversification of own sources of expert knowledge, etc.

## 7. CONCLUSION

Management consulting is primarily a transfer of knowledge necessary for the management, business and organization of the company. Experience and know-how are the results of cooperation with clients and analysis of business practice. The consultant does not have to know more than that, but he must see beyond his clients.

Consulting is part of consulting services, which does not mean that the consultant will take on the role of management and decision-making, or the implementation of business solutions. The consultant may also perform certain complementary consulting services, such as training, support, negotiation, and participation in the client's organizational activities.

Defining problems and their causes is a key consulting factor. Innovative and systematic thinking, the principle of uniqueness of each business problem and the involvement of executors and users in the decision-making process, are the basis for the success of the whole process. Monitoring the applied solutions in the conditions of continuous business changes ensures vitality and topicality.

Consulting must include monitoring economic and social trends, anticipate changes that may affect the client's business, as well as provide services that will help the client to achieve and maintain high performance of its business in a complex, competitive and serious business environment reflected in the professionalism of consultants.

## REFERENCES

- [1] Dorđević, B.: *Management*. 4th Edition. Priština/Blace (Serbia): University of Priština, Faculty of Economics, 2003.
- [2] Garguilo, M.: Two steps leverage: Managing constraint in organizational politics. *Administrativne Science Quartely*, Vol. 38, Issue 1 (March 1993), pp. 1–19. ISSN 0001-8392. doi: [10.2307/2393252](https://doi.org/10.2307/2393252).
- [3] Glückler, J. & Armbrüster, T.: Bridging uncertainty in management consulting: The mechanisms of trust and networked reputation. *Organizational Studies*, Vol. 24, Issue 2 (February 2003), pp. 269–297. ISSN 0170-8406. doi: [10.1177/0170840603242004](https://doi.org/10.1177/0170840603242004).
- [4] Handy, C.: *Understanding Organisations*. 4th Edition. London (United Kingdom): Penguin, 1993. – 448 pp. ISBN 978-0-14-015603-4.
- [5] Higgins, J.M. & Vincze, J.W.: *Strategic management*. Harconst Brace Jovanovich, 1983.
- [6] Housden, M.: *CIM Coursebook: Marketing Research and Information 2003-2004*. Oxford (United Kingdom): Butterworth-Heinemann, 2003. – 304 pp. ISBN 978-0-7506-5961-1.
- [7] Institute of Consulting (IC) (Management Consultancy), 1992.
- [8] Kotler, P.: *Principles of Marketing*. European Edition. Harlow (Essex – United Kingdom): FT Prentice Hall, 2001.
- [9] Lambert, T.: *High Income Consulting*. London (United Kingdom): Nicholas Breawley Publishing, 1994.
- [10] Pearce, J.A. & Robinson, R.D.: *Strategic management*. Homewood (Illinois – USA): Richard Irwin, 1995.

**Jasmina Gligorijević, Albina V. Kecman, Filip Cvetković, Marina Mitrović, Miloje Jelić**  
(Faculty of Applied Sciences, Niš, Niš Business School, Niš, Serbia)

## THE KEY PRINCIPLE OF A SUCCESSFUL PRIVATIZATION PROCESS

*Privatization means the transfer of funds that were once state-owned and socially-owned property into the hands of the private sector. The state and social ownership structure was common and took a far greater number of forms in the former socialist countries than was the case with the western countries. The goals of privatization are diverse and numerous, so that they differ primarily economically, politically and socially, at the macro and micro level. The effects of privatization are considered in a broader and narrower sense, both regarding the impacts on general economic development and the consequences observed in the group of privatized companies of strategic interest in the field of their operation and implementation, social aspect (employees) and modernization (investment inflow). The aim of this paper is to provide guidelines for the continuation and selection of further activities in the function of the successful completion of the privatization process in the Republic of Serbia through a comprehensive review of the results of the privatization of companies of strategic interest and their impact on structural changes.*

*Приватизація означає передачу коштів, які колись були державною та соціальною власністю, в руки приватного сектору. Структура державної та соціальної власності була загальною і набула значно більшої кількості форм у колишніх соціалістичних країнах, ніж у західних країнах. Цілі приватизації різноманітні та численні, так що вони відрізняються насамперед економічно, політично та соціально, на макро- та мікрорівні. Ефекти приватизації розглядаються в більш широкому та вузькому розумінні як щодо впливу на загальний економічний розвиток, так і наслідків, що спостерігаються у групі приватизованих компаній, що мають стратегічний інтерес у сфері їх функціонування та реалізації, соціальному аспекті (наймані працівники) та модернізації (приплив інвестицій). Метою даної роботи є надати керівні принципи для продовження та вибору подальшої діяльності у функції успішного завершення процесу приватизації в Республіці Сербія шляхом всебічного огляду результатів приватизації компаній, що мають стратегічний інтерес, та їх вплив на структурні зміни.*

### 1. INTRODUCTION

The development of the private sector in the economy is called the privatization process [4, 6-7, 13, 17], which can be defined in a narrower and broader sense. Privatization, in Western literature, in its narrower sense, means the transfer of funds that were once state-owned into the hands of the private sector. The state and social ownership structure was common and had a far greater number of forms in the former socialist countries than in the West, so the task of returning the company to its original form of ownership is more demanding and different in character than in Western Europe. For this reason, a broader definition of privatization must be introduced [10]. The broader notion of privatization encompasses ownership relations throughout the economy and explains privatization as the growth of the private sector until at some point private ownership becomes the dominant form of ownership [15]. In a broader sense, privatization means selling state or social property, but also abandoning any state control and abolishing state monopolies in certain economic sectors, returning confiscated property that was illegally taken from its rightful owners, encouraging the development of private companies and trying to attract foreign funds. By a broader definition, privatization can also be called "restructuring of the independent and private sector" [19].

Privatization process and policies in Central and Eastern Europe is given in papers [5, 10, 12, 15, 17], in Serbia in papers [1, 3, 6-7] and in Montenegro in papers [2].

### 2. OBJECTIVES OF PRIVATIZATION

The goals of privatization can be numerous, and it is convenient to divide them into economic and political. At the same time, one should keep in mind the fact that privatization is not a universal remedy, so too many goals should not be set, because then conflicts between them are inevitable.

The basic and most important goal of privatization is to create an efficient economy, based on the dominance of private property, instead of the irrational one, based on inefficient social and

state property. The decades-long experience of the former SFRY and its successor, the FRY, clearly shows that it is not possible to achieve economic progress on social and state property and their unhealthy incentives, but that stagnation or crisis are inevitable consequences.

This goal is based on the expectation that private owners and the managers they appoint will bring performance improvements and increase the chances of the company surviving the competitive competition through the introduction of new technologies and products, new financial resources, better organization and work discipline and, in general, better company management.

The second economic goal is to improve the financial condition of the state. Through the sale of social and state capital, the state can obtain significant funds, which can either finance general useful activities or service its debts. The poor state must not give, but must sell. The financial position of the state is positively affected by two other things: the abolition of subsidies that it gave to socially-owned and state-owned companies until privatization, and an increase in tax revenue due to higher and more efficient production.

The third goal is to eliminate the constant favouring of the social and state sector at the expense of the private sector, which is a great limitation of the latter and hinders development. The state constantly, but almost inevitably, saved inefficient socially-owned and state-owned enterprises with subsidies of various kinds (loans and foreign exchange below market price, import favouritism, non-payment of debts, tax benefits, etc.), which led to redirecting modest resources from more productive to less productive or unproductive companies.

Among the political goals are the expansion of private property as the foundation of the liberal-democratic order, the strengthening of the middle class, the depoliticization of the economy and society, and the like. It is not good, although it is often, to use privatization as a means by which the ruling party wants to increase its political rating, because then decisions on privatization are not made on the basis of economic, but media-marketing criteria.

The basic goals of privatization in the literature are:

- creating conditions for economic development through increasing budget inflows;
- maximizing investments in the real sector;
- social stability;
- establishing a clear ownership structure over the companies and a new corporate governance in which the management will be accountable to the owners, or the owners will be the management at the same time;
- creating an institutional and favourable environment for the inflow of foreign investments by privatizing existing or forming completely new companies, using the resource potential of socially-owned and state-owned enterprises.

All models of enterprise privatization can be systematized in two ways: first, from the point of view of the type of new owner, i.e. whether it is an internal (employees in the company) or external new owner (owner who comes from outside the company) and other, from the point of view of the manner of transfer of ownership, i.e. with a fee (the appropriate price is paid) or without a fee (transfer of ownership is free). In fact, each specific model could be defined as any combination of these basic privatization models. (see Cerović, Savas, Milanović, etc.).

Certainly, the speed of the process will vary depending on the method of payment. Free privatization can be faster and the one with compensation slower, regardless of whether it is internal or external privatization.

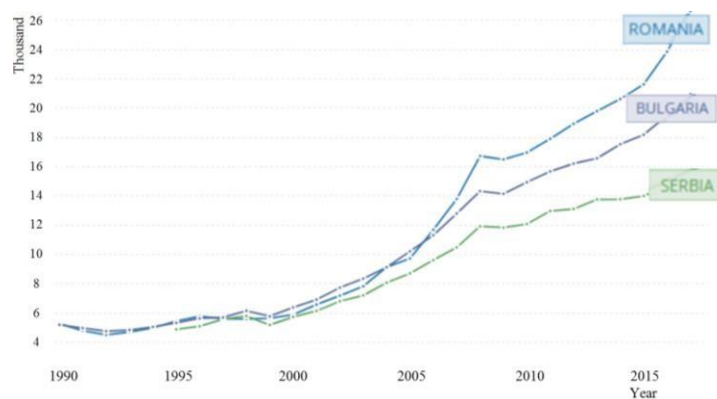
### **3. THE EFFECTS OF PRIVATIZATION OF COMPANIES OF STRATEGIC INTEREST IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

The growth and recovery of the Serbian economy began in early 2001, following the political changes of October 2000, when intensive transitional reforms were initiated. In the previous period, satisfactory macroeconomic stability was established, prices and foreign trade were liberalized, significant progress was made in the reform of the tax system, labour market and social sector, justice system, and in the area of real sector privatization and banking sector rehabilitation.



The economy of Serbia in the period from 2001 to 2008 WAS characterized by a dynamic growth of gross domestic product (GDP) at an average rate of 5.4% per year, which is mainly determined by the growth of the so-called tertiary sector (services), followed by an increase in foreign trade and strong domestic demand, and the growth of investment, based on a high inflow of foreign capital on various bases. Gross domestic product (GDP) per capita in Serbia in 2008 reached a level of about Eur 4,661 [18].

In Fig. 1 is given gross domestic product (GDP) per capita PPP in Romania, Bulgaria and Serbia for the period 1990-2017.



**Fig. 1.** Gross domestic product (GDP) per capita PPP in Romania, Bulgaria and Serbia for the period 1990-2017

[Source: World Bank (WB), International comparison program database]

However, after a long period of growth, the Serbian economy entered a phase of recession in 2009, primarily under the influence of the global financial crisis. In the past two years, there has been a decline in gross domestic product, and a decrease in industrial production, construction activity, retail trade turnover, the volume of foreign trade, investment and the like. Unfavourable trends in the real sector of the economy were accompanied by extremely unfavourable trends in the financial markets of Serbia, which were primarily reflected in the decline in turnover and value of shares on the Belgrade Stock Exchange, and the stagnation in the inflow of foreign capital. The transition from the expansion phase to the recession phase highlighted many weaknesses of the domestic economy (high foreign trade deficit, low level of economic competitiveness, high unemployment rate, etc.), and highlighted the issue of high budget deficit and ways of its "coverage".

Given that privatization under the new Law on Privatization began in 2001, we will look at the coming years in order to consider the economic development of Serbia in the post-privatization period. The tables below provide an overview of the GDP of the Republic of Serbia in the period from 2000.

It can be noticed that the highest GDP growth rate in the privatization period was in 2004 and 2007, which can be related to the fact that the largest inflow of foreign investments in privatization was in 2006, as well as significant revenues in privatization (especially tender sales) were realized in 2003, i.e. years preceding those marked with the highest GDP growth rate. It is concluded that the growth of privatization revenues and the inflow of foreign investments was reflected in the increase of the GDP growth rate in the following years.

Regarding the growth rate in certain economic activities, from the previous table it should be noted that a significant growth rate in industrial production was achieved in 2004 and 2006, which again may be a consequence of privatizations that took place in this sector in these and previous years. Significant growth rates in agriculture were achieved in 2004 and 2008. In the field of construction, an extremely high growth rate was achieved in 2002, and in the following years, ending in 2008, this economic activity constantly showed a balanced growth rate. In terms of growth rates in the provision of postal services and telecommunications, an exceptional growth rate

was reported in 2006, which can again be linked to the privatization of the large mobile operator (Mobtel) in that year.

The consequences of the global economic crisis, which also affected our country, resulted in a fall in GDP, as well as negative growth rates in 2009 in almost all economic activities. Already in 2010, a tendency to improve the observed parameters was shown, with a gradual recovery from the consequences of the financial and economic crisis in the country.

At the macroeconomic level, the results of the ten-year transition in Serbia are mostly positive. Economic growth was achieved, inflation was reduced, foreign exchange reserves were increased and exchange rate stability was relatively maintained. What presents a major macroeconomic problem is the high level of unemployment and poverty.

Let us consider as a key period in the process of transition in Serbia the period from 2001 to 2008, i.e. the period before the effects of the economic crisis, especially because in the last period from 2009 a very small number of privatizations and a weak inflow of foreign investments were recorded.

As a result of economic growth, which was achieved in Serbia from 2000 to 2008, the level of GDP per capita increased significantly and reached 4,700 euros. However, a comparison of the level of economic development at the international level should be made, using the data of the World Bank on the amount of gross national income (GNI). According to these data, GNI in Serbia amounted to \$4.730 in 2007, which ranked Serbia as a middle-income country, along with Croatia (10.460), Montenegro (5.180) and B&H (3.790) [19]. Slovenia has a far higher level of GNI (20.960), joining developed countries with high industrialization and high incomes, while Macedonia still has a lower middle-income level.

According to estimates by the European Bank for Reconstruction and Development, the level of GDP in transition countries exceeds on average by 20% the corresponding level from 1989, when the transition process began in this part of the world. However, Serbia has just reached just over 70% of its GDP since the start of 1989, and as such is even more sensitive and vulnerable to the negative effects of the economic crisis that followed in 2009. This is clearly seen in the chart below, with the top line representing the average for countries in transition.

The average GDP growth per capita from 1952 to 1965 was 7.5%, in the period from 1965 to 1980 it was 4.9%, from 1980 to 1990 zero growth was registered, and from 1990 to 2000 GDP has declined by an average of 2.5% per year. From 2001 to 2008 GDP growth rate per capita was 5.1% per year. GDP growth in the years of transition since 2001 was not enough to simply reverse the long-running downward trend. All that remains is for Serbia to try to achieve far more positive results in terms of GDP growth in the years to come, in order to catch up with some neighbouring countries that have achieved better results in the transition process.

The foreign direct investment (FDI) is an investment made by a firm or individual in one country into business interests located in another country. In paper [8, 11-12, 16, 20] is given FDI in Serbia.

#### **4. THE FISCAL EFFECTS OF PRIVATIZATION OF COMPANIES OF STRATEGIC INTEREST IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

The positive fiscal effects of privatization in Serbia can be identified through three categories:

- increase in budget revenues, which comes either directly through the transfer of privatization revenues to the budget or indirectly through the profitability/liquidity of privatized companies that are able to pay taxes, which increases the efficiency of tax collection by the state;
- financial inflows from privatization revenues that are transferred for the recovery of the pension fund (10% of the sales revenue generated by the Privatization Agency and previously 10% of the Share Fund revenues);
- reduction of subsidies and other forms of financial assistance to socially-owned and state-owned enterprises.

In accordance with the Law on Privatization, the funds generated from the sale of capital in the privatization process are paid into the account of the Privatization Agency. After settling the costs of sale in the privatization procedure and special fees realized by concluding the contract on sale of capital, i.e. property (commission), as well as the primary settlement of creditors of privatization entities in which restructuring was carried out, the remaining funds are paid to the budget of the Republic of Serbia.

The funds, which are transferred to the budget as direct income from privatization, are used to finance:

- 1) the republic fund responsible for pension and disability insurance of employees;
- 2) encouraging development;
- 3) payment of compensation to persons whose property has been nationalized;
- 4) repayment of debts whose obligor or guarantor is the Republic of Serbia;
- 5) a special program for economic development and environmental protection adopted by the local self-government body; and other purposes.

These funds are allocated in accordance with the law as follows:

- 1) 10% of the funds shall be paid to the Republic Fund in charge of pension and disability insurance;
- 2) 50% of the funds will be used to finance the restructuring and development of the economy in the territory of the Republic of Serbia;
- 3) If the seat of the subject of privatization is located on the territory of the Autonomous Province of Vojvodina, 50% of the funds in that case will be used to finance the restructuring and development of the economy on the territory of the Autonomous Province of Vojvodina;
- 4) 5% of funds for the payment of compensation to persons whose property has been nationalized;
- 5) 5% of funds for financing the development of local self-government infrastructure according to the seat of the subject of privatization.

Significant revenues from privatization were realized in 2003 and 2005, while the maximum of realized revenues from privatization was in 2006. After that, privatization revenues declined successively in the following years. This is the result of poorer and more problematic socially-owned enterprises (largely in the process of restructuring) that remained for privatization, as well as the economic crisis that raged in Serbia in 2009 and 2010.

After reaching the maximum in achieving direct revenues from privatization (in 2006), the further increase in budget revenues resulted through the indirect effect of privatization, i.e. through now private companies (formerly socially-owned) that pay taxes and contributions.

## **5. CONCLUSION**

It is concluded that Serbia, in order to improve the rating and attract foreign investors, all with the aim of more successful privatization and attractiveness for foreign investors, should seriously improve legislation and practice in the field of planning and construction laws, property registration, legalization and other issues in this area. Work should be done to provide greater protection for investors, increase competitiveness and promote antitrust policy, as well as the sustainability of contracts, while facilitating all steps related to the establishment of new companies and attracting foreign investors.

Completion of the privatization procedure and attraction of foreign direct investments in the conditions of economic crisis must be aimed at ensuring institutional and macroeconomic stability, but also at providing financial and non-financial incentives that will be available to foreign investors, even domestic ones, in the process of privatization and attracting investors. It is necessary to create a favourable investment climate, and better in relation to the countries in the region, bearing in mind that some countries, especially the new EU members, have introduced special state aid programs for investments. Therefore, it is necessary to provide greater incentives for these purposes and to develop a model of their distribution.

As preconditions for attracting foreign investors and successfully completing the privatization process, in addition to providing a clear legal and regulatory framework, the country's

economic, political and social stability should be ensured and maintained, state policy should be pursued towards international agreements on foreign direct investments, tax incentives and other types of incentives for investors should be provided, work on harmonizing the regulations with EU regulations, with the provision of investment incentives and services before and after investment, social benefits, as well as provide good infrastructure and ancillary services.

## REFERENCES

1. *Analysis of business operations of public companies in 2006* [in Serbian]. Belgrade (Serbia): Republički zavod za razvoj Republike Srbije / Republic Institute for Development of the Republic of Serbia, 2007.
2. *Analysis of the effects of previous privatization in Montenegro* [in Montenegrin]. Summary. Podgorica (Montenegro): Faculty of Economics, University of Montenegro, 2008. – 118 pp.
3. Begović, B.; Živković, B. & Mijatović, B.: *A new model of privatization in Serbia* [in Serbian]. Smederevska Palanka-Belgrade (Serbia): Centar za liberalno-demokratske studije (CLDS) / Center for Liberal-Democratic Studies, 2000. – 63 pp.
4. Bennett, J.; Estrin, S. & Maw, J.: Why did transition economies choose mass privatization? *Journal of the European Economic Association*, Vol. 3, Issue 2-3 (April-May 2005), pp. 567–575. ISSN 1542-4766. doi: [10.1162/jeea.2005.3.2-3.567](https://doi.org/10.1162/jeea.2005.3.2-3.567).
5. Bolton, P. & Roland, G.: Privatization policies in Central and Eastern Europe. *Economic Policy*, Vol. 7, Issue 15 (October 1992), pp. 275–309. ISSN 0266-4658. doi: [10.2307/1344544](https://doi.org/10.2307/1344544).
6. Cerović, B.D.: Privatization and development – The beginning of privatization and development perspectives of Serbia [in Serbian]. *Ekonomski anali*, Vol. 46, Spec Issue (2002), pp. 11-27. ISSN 0013-3264.
7. Drakić, M.: Privatization in economic theory. *Panoeconomicus*, Vol. 54, Issue 1 (2007), pp. 103–118. ISSN 1452-595X.
8. Dudić, B.; Smoleň, J.; Dudić, Z. & Mirković, V.: Support for foreign direct investment inflows in Serbia. *Economic Annals*, Vol. 169, Issue 1-2 (July 2018), pp. 4–11. ISSN 1728-6220. doi: [10.21003/ea.V169-01](https://doi.org/10.21003/ea.V169-01).
9. Elgar, E.: Chapter 4: The reasons for privatization. In: *Privatization in Eastern Europe: A Critical Approach*. Aldershot (United Kingdom) and Brookfield (Vermont – USA): Edward Elgar Publishing Ltd., 1993. ISBN 978-1-85278-887-2.
10. Estrin, S. (editor): *Privatization in Central and Eastern Europe: What lessons can be learnt for Western experience*. London (United Kingdom): Longman Group. 1994. – 368 pp. ISBN 978-0-582-22766-8.
11. Grandov, Z.; Đokić, M. & Jovanović, V.: Transition process and foreign direct investment flows in Serbia. *Technics Technologies Education Management*, Vol. 7, Issue 1 (2012), pp. 28–38. ISSN 1840-1503.
12. Kalotay, K. & Hunya, G.: Privatization and FDI in Central and Eastern Europe. *Transnational Corporations*, Vol. 9, Issue 1 (April 2000), pp. 39–66. ISSN 1014-9562.
13. Kikeri, S. & Nellis, J.: An assessment of privatization. *The World Bank Research Observer*, Vol. 19, Issue 1 (Spring 2004), pp. 87–118. ISSN 0257-3032.
14. Kiš, T.; Čileg, M.; Vugdelića, D. & Sedlak, O.: *Quantitative methods in economics* [in Serbian]. Subotica (Serbia): Faculty of Economics, at the University of Novi Sad, 2005. – 707 pp. ISBN 978-86-7233-101-1.
15. Kornai, J.: Chapter 2: The principles of privatization in Eastern Europe. In: *The Evolutionary Transition to Capitalism*. Boulder (Colorado – USA): Westview Press, 1995. ISBN 978-0-8133-2270-4.
16. Kvirgić, G.; Čilerdžić, V. & Lutovac, B.: Analysis of foreign direct investments of Balkan countries. In: *Proceedings of the 9th International Conference "Economics and Management-Based on New Technologies" (EMoNT-2019)*; Vrnjačka Banja, Serbia; 23-26 June 2019. Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2019, pp. 54–63. ISBN 978-86-6075-067-1.
17. Uhlenbruck, K. & Castro, J.O.D.: Foreign acquisitions in Central and Eastern Europe: Outcomes of privatization in transitional economies. *Academy of Management Journal*, Vol. 43, Issue 3 (June 2000), pp. 381–402. ISSN 0001-4273. doi: [10.5465/1556401](https://doi.org/10.5465/1556401).
18. Web site: <http://www.priv.rs/>.
19. *World Development Report 2009 – Reshaping Economic Geography*. Washington (District of Columbia – USA): World Bank (WB), 2009.
20. Živković, S.; Karić, D.; Barjaktarović, M. & Zečević, R.: Analysis of trends in foreign direct investment in Serbia as a factor of the industrial development. *Technics Technologies Education Management*, Vol. 7, Issue 4 (December 2012), pp. 1847-1855. ISSN 1840-1503.

Данчук В.Д., Олійник О.І., Олійник Р.В., Тарабан С.М. (Національний транспортний університет, м. Київ, Україн)

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

*Запропоновано підхід моделювання складних полів вітрових потоків в умовах урбанізованих територій, який базується на використанні математичного апарату самонавчальної на основі емпіричних даних нейронної мережі. Отримані в рамках даного методу значення параметрів вітру дають можливість розкласти вектор швидкості на проєкції  $v_x$  й  $v_y$  у створеній системі координат досліджуваної сітки.*

*An approach for simulating complex fields of wind flows in urban areas is proposed. This method is based on the use of mathematical tools of self-learning of the neural network based on empirical data. The results obtained in the framework of the method parameters of wind made it possible to decompose the velocity vector on the projection of  $v_x$  and  $v_y$  in the created coordinate system some grid.*

Дослідження метеорологічних полів на основі методів, які базуються на дистанційних засобах вимірювання з високою просторово-часовою роздільністю [1], достатньо впевнено довели, що в атмосфері досить часто зустрічаються об'єкти руху з горизонтальними масштабами порядку  $1-10^2$  км, які на відміну від рухів синоптичного масштабу не фіксувалися існуючою метеорологічною мережею. Серед фахівців-метеорологів, що займаються моделюванням мезомасштабних процесів існує класифікація цих процесів, згідно якої поля вітрових потоків в масштабах індивідуального вуличного каньйону міста являється мезо- $\gamma$  масштабними (1-10 км). Даний напрямок дослідження є нетривіальним і водночас актуальним. Необхідно відмітити, що прогнозування мезо- $\gamma$  циркуляцій в атмосфері ускладнено відсутністю достатньої інформації про мезомасштабну структуру атмосферних рухів. Певні складності обумовлені тим, що методи моделювання суттєво залежать від того, якими засобами спостереження отримувалася метеорологічна інформація.

На сьогодні, детерміновані методи моделювання мезо- $\gamma$  масштабної циркуляції в атмосфері, є важливими як для чисельного, так і для синоптичного моделювання, оскільки невідомий точний стан атмосфери. Однак відомо, що процеси, які тут розглядаються, часто відбуваються у відкритих системах, є суттєво нелінійними, і тому досить чутливими до початкових умов. Це означає, що горизонт прогнозу поведінки таких систем може бути суттєво обмеженим внаслідок прояву ефектів біфуркації або, навіть, детермінованого хаосу. Більш того з аналізу, в рамках уявлень однорідної турбулентності, спектра атмосферних рухів [2,3] впливає, що в мезо- $\gamma$  масштабі відбувається швидкий перенос енергії, і тому похибки та невизначеності, що виникають в рухах малого масштабу, поширюються далі в рухах більшого масштабу (мезо- $\beta$ ). Отже, застосування в таких випадках строго детермінованих методів для мезомасштабного моделювання уявляється проблематичним. Проте існує ряд контраргументів: емпіричні атмосферні спектри являють собою статистичний опис структури атмосфери і містять усереднення в просторі та часі, тоді як атмосферні структури, коли вони утворюються, є добре організованими і не уявляються такими випадковими, як трьохмірна турбулентність. Крім того показано, що навіть в залежних від часу вітрових потоках, що вважаються турбулентними, присутні когерентні структури, які хоча і піддаються просторово-часовій модуляції, проте спостерігаються на протязі тривалого проміжку часу. Крім того, важливим чинником, що впливає на поведінку мезо- $\gamma$  масштабних систем, є дія підстильної поверхні. Її термічна та механічна неоднорідність генерує флуктуації в полі вітру. Відмінною особливістю також є те, що будучи локально збуреною, система розвивається також локалізовано і поведінка її найбільш

передбачувана, оскільки ті сили, що збуджують, є або постійними (механічне збурення), або мають добовий хід (термічне збурення).

Моделювання метеорологічного режиму міста передбачає використання одного із двох підходів. Перший підхід – математичне моделювання, що базується на розв'язку рівнянь газової термодинаміки й притоку тепла в міській забудові. Даний метод вимагає дуже високої просторової деталізації в моделях. Інший підхід полягає в параметризації атмосферних процесів. Методи цього типу можуть бути залучені до моделей мезо-у масштабу для представлення в них вітрових процесів. Існуючі емпіричні моделі [4] не дозволяють в повній мірі врахувати перебіг метеорологічних процесів в умовах міської забудови, так як вітрові потоки у вуличних каньйонах характеризуються наявністю відривних зон та ділянок рециркуляції. Пошук нових методів та моделей прогнозування вітрових потоків на основі емпіричних даних, що дозволяють уникнути недоліків, властивих для існуючих методик, обумовлює актуальність проведення даних досліджень в цьому напрямку.

Метою даної роботи є створення методу відтворення та прогнозування складних полів вітрових потоків, на основі емпіричних даних в умовах урбанізованих територій, який базується на використанні математичного апарату нейронні мережі.

Дослідження взаємозв'язків вітрових потоків з підстильною поверхнею неможливе без відомостей про аеродинамічні властивості поверхні. Основним динамічним параметром поверхні є її шорсткість  $z_0$ , тобто нульовий рівень, від якого відраховується логарифмічний профіль вітру. Нижче рівня шорсткості середній поступальний рух вітрового потоку відсутній, так як потік піддається дії сил тиску, що виникають поблизу елементів шорсткості.

Над шаром шорсткості можуть бути присутні шари "проникаючої шорсткості" [5] різної висоти, які містять випадково або закономірно розподілені перешкоди, що чинять опір вітровим потокам. У цих шарах спостерігається зменшення середньої швидкості вітру, порівняно з шарами в яких відсутні перешкоди.

Коректне моделювання метеорологічних процесів у приземному шарі вимагає виділяти підстильний приземний шар, в якому детально розглядаються такі елементи шорсткості, як забудова, зелені насадження тощо. Для моделювання процесів на цьому рівні вводиться поняття внутрішнього приземного шару, в якому враховуються властивості шорсткості та термічні характеристики, форма та розмір вуличних каньйонів міста.

Вертикальне направлення підстильного приземного шару моделюється за допомогою параметру шорсткості  $z_h$ , який змінюється в діапазоні від 0 до середньої висоти елементів шорсткості. В даному шарі застосовуються моделі високої розмірності для опису руху середовища, в яких враховується форма забудови, термічні властивості поверхонь, умови руху транспортних потоків. Дане моделювання надає суттєву інформацію про градієнти величин між навітряними та підвітряними сторонами вулиці. Потім, враховуючи геометричні параметри вуличних каньйонів можна судити про процеси, що протікають в підстильному приземному шарі.

Підстильний приземний шар міста включається в підшар шорсткості. Висота даного підшару  $z$  залежить від висоти та щільності елементів шорсткості. В даному шарі спостерігається суттєва залежність параметрів вітрових потоків та властивостей шорсткості. Над підшаром шорсткості знаходиться внутрішній підшар, вище якого – міський граничний шар, що являє собою зону перемішування та зв'язує всі попередні шари.

Моделювання полів вітрових потоків в приземному шарі шорсткості урбанізованих територій спирається на прямі вимірювання вектора швидкості вітру. З цією метою було створено координатну сітку місцевості ( $0,5 \times 0,5$  км), лінії якої проведені на карті з інтервалом 0,1 км (просторовий крок сітки). Точки перетину ліній координатної сітки на карті – вузли, які послужили пунктами спостереження в даних дослідженнях. Таким чином, неперервний простір і час замінюється дискретною множиною точок – вузлами сітки, а поля функцій (швидкість вітру) задається у вигляді множини дискретних – сіткових значень функцій

Складність, експерименту полягає в його обмеженості, оскільки неможливо технічно провести одночасне вимірювання вектора швидкості вітру в усіх вузлах сітки. Внаслідок мезо-γ масштабної циркуляції атмосфери вектор швидкості вітру постійно змінюється. У осінньо-зимовий період спостерігається більш різка мінливість вітру порівняно з теплим періодом. Так, восени (вересень, жовтень) переважає вітер західного напрямку, його повторюваність становить близько 23 % [6]. У зв'язку з цим, дні проведення експерименту узгоджувалися за погодними умовами так, щоб вітер залишався слабо-поривчастий, близьким до постійного. Такі обмеження дозволили виділити механічний вплив підстильної поверхні на викривлення поля вітру.

Вимірювання швидкості вітру проводилося за допомогою портативних чашечкових анемометрів Skywatch METEOS (крок за часом – 1 хв. ). Експериментально встановлено спектр швидкості вітрового потоку на однорідній ділянці вулично-дорожньої мережі міста, який має типовий часовий розподіл (Рис.1).

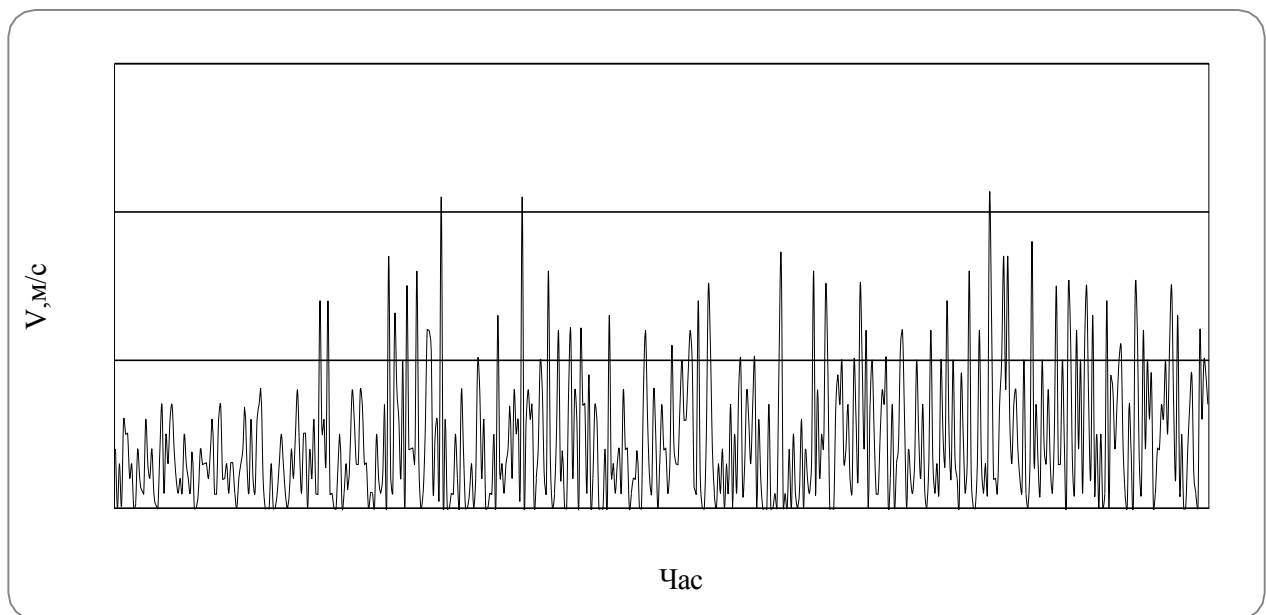


Рисунок 1 - Спектр швидкості вітру на однорідній ділянці вулично-дорожньої мережі

Моделювання скалярного поля вітру в даній роботі базується на застосуванні математичного апарату нейронної мережі [7], фундаментальною властивістю якої є навчання.

У контексті штучних нейронних мереж процес навчання розглядається як налаштування архітектури мережі й ваг зв'язків для ефективного виконання поставленого завдання. Зазвичай нейронна мережа повинна налаштувати ваги зв'язків по наявній навчальній вибірці. Функціонування нейронної мережі поліпшується в міру ітеративного налаштування вагових коефіцієнтів. Для конструювання процесу навчання, перш за все, необхідно мати модель атмосферного середовища, в якій функціонує нейронна мережа – знати доступну для мережі інформацію. Ця модель визначає парадигму навчання. По-друге, необхідно зрозуміти, як модифікувати вагові параметри мережі - які правила навчання управляють процесом налаштування. Алгоритм навчання – це процедура, в якій використовуються правила навчання для налаштування ваг.

Моделювання скалярного поля швидкості вітру за допомогою нейронних мереж відбувалося у вузлах координатної сітки, які були попередньо експериментально досліджені натурними спостереженнями. За вхідні значення моделі нейронної мережі були прийняті емпіричні виміри швидкості вітру, які збиралися в окремих вузлах координатної сітки, що прив'язані до модельних вузлів за допомогою орієнтирів на місцевості.

При моделюванні скалярного поля вітрових потоків завдання нейронної мережі полягає у відтворенні та передбаченні майбутньої реакції системи за її попередньою поведінкою. Для вирішення цього завдання було обрано нейронну мережу типу багат шаровий перцептрон. Особливість нейронної мережі типу багат шаровий перцептрон полягає в тому, що кожний елемент мережі буде зважену суму власних входів з поправкою у вигляді доданку, а потім пропускає цю величину активації через передаточну функцію, і таким чином отримується вихідне значення цього елемента. Мережу даного типу легко можна інтерпретувати як модель «вхід-вихід», в якій ваги й порогові значення (зміщення) являються вільними параметрами моделі.

Таким чином було побудовано низки нейронних мереж, серед яких обрану ту, що має найменшу похибку навчання (0,090361). Архітектура обраної мережі має наступну структуру: кількість нейронів у першому прихованому шарі становить 27; у другому – 30.

Отримані значення параметрів вітру дали можливість розкласти вектор швидкості на проєкції  $v_x$  й  $v_y$  у створеній системі координат досліджуваної сітки (вертикальний зріз на рівні 2 м ) (рис.2).

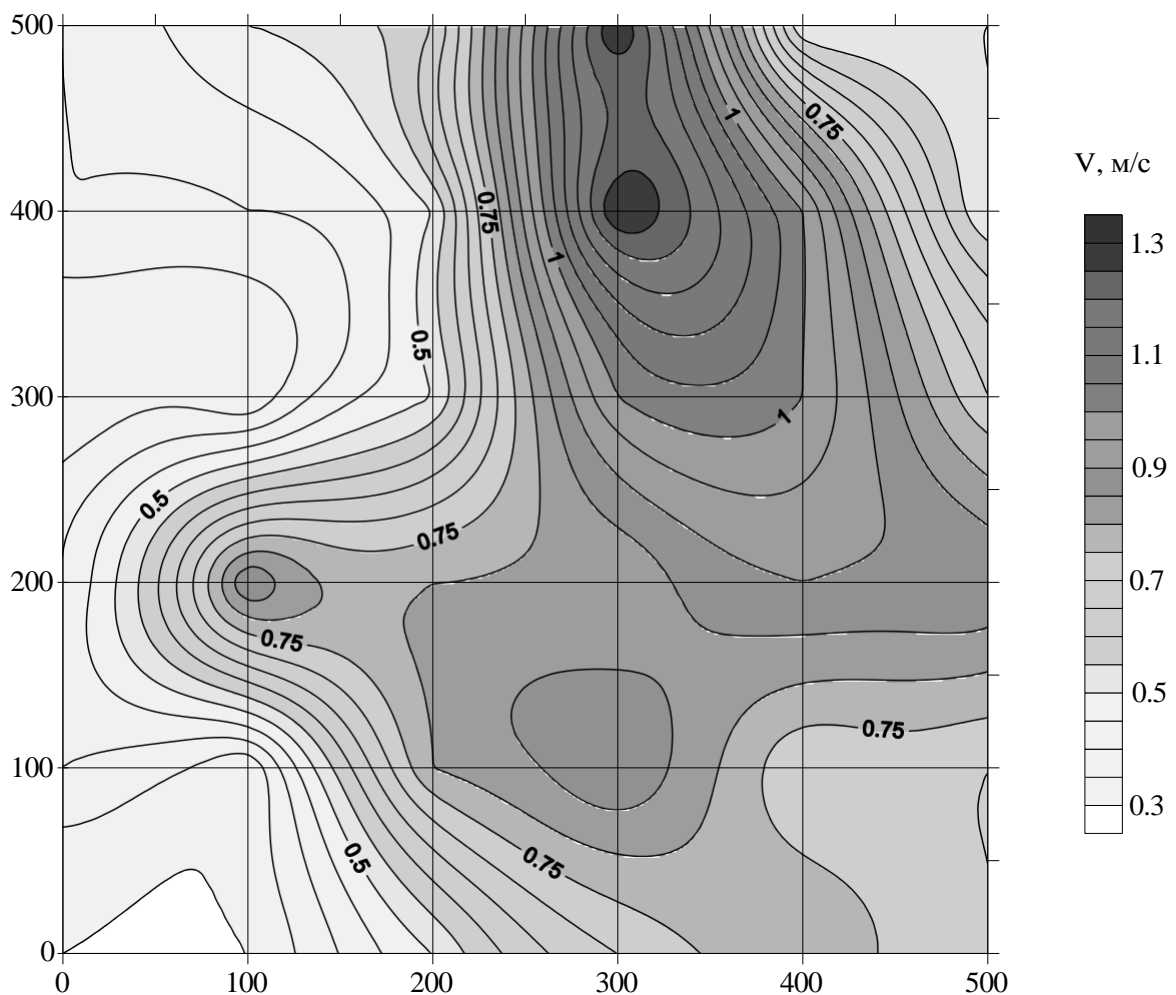


Рисунок 2 - Ізоплети швидкості вітру однорідної ділянки вулично-дорожньої мережі

Для оцінки точності та адекватності результатів моделювання, а також структури нейронної мережі було проведено обчислення статистичні показників для всіх вузлів сітки (табл.1).

Таблиця 1  
Статистичні показники прогнозу швидкості вітру для вузла



### координатної сітки

Середнє значення	0,397000
Стандартне відхилення	0,503876
Середнє значення похибки	0,013670
Стандартне відхилення похибки	0,101442
Середнє значення абсолютної похибки	0,077039
Відношення стандартного відхилення	0,201323
Кореляція	0,979871

Для всіх точок досліджуваного поля швидкості вітру коефіцієнт кореляції перебуває в області сильного зв'язку (Рис.3) при цьому значення абсолютної похибки для метеорологічних величин, яким властива певна непередбачуваність, в цілому можна вважати задовільним.

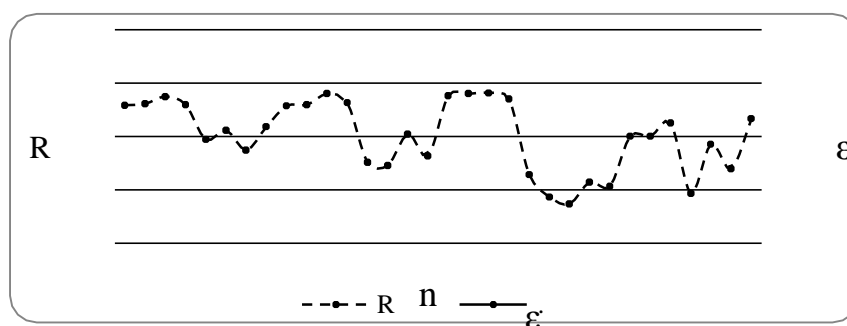


Рисунок 3 - Середнє значення абсолютної похибки ( $\epsilon$ ) та коефіцієнта кореляції (R) у вузлах сітки

### ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто результати розробки методу відтворення та прогнозування складних полів вітрових потоків в умовах урбанізованих територій, який базується на використанні математичного апарату самонавчальної на основі емпіричних даних нейронної мережі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Chen F. *Developing an Integrated Urban Modeling System for WRF // NCEP EMC Seminar, Camp Springs, 18 October 2005.*
2. Brutsaert W. *Evaporation into the Atmosphere. Theory, History and Applications.*: D. Reidel Publ. Co, 1982.—320 p.
3. *Клімат Києва / за ред. В.І. Осадчий, О.О. Косовець, В.М. Бабіченко – К.: К49 Ніка-Центр, 2010. – 320 с.*

Дихтяренко В.Н., Козуб А.Н., Кучеров Д.П. (Національний авіаційний університет, Україна)

## АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*В статье рассматривается задача настройки нейроконтроллера, который принимает участие в управлении динамическим объектом с неизвестными параметрами. Настройка нейроконтроллера осуществляется путем его обучения по результатам очередного испытания. Особенностью алгоритма является фиксация ошибочных ситуаций управления, которые вводятся в алгоритм обучения, придавая ему свойства самообучения. Предлагаемый алгоритм обучения обеспечивает квазиоптимальность по времени и точности управления в системе управления динамическим объектом. Предлагается вариант технической реализации системы управления с нейроконтроллером, а также приводятся результаты ее моделирования.*

*The paper considers the problem of setting neurocontroller taking part in the control of a dynamic object with unknown parameters. Setting neurocontroller carried out by his learning as a result of the next test. Feature of the algorithm is to fix the faulty control situations that are introduced in the learning algorithm, giving it the properties of the self-learning. The proposed algorithm provides a quasi-optimal on time and accuracy of control in the control of a dynamic object. A version of the technical implementation of the control system neurocontroller is proposed, as well as the results of its modeling.*

### **Постановка проблемы.**

В последнее время в машиностроении широко используется подход построения систем управления динамическими объектами с нейросетевым регулятором в контуре управления. Основным преимуществом таких систем является обеспечение заданного качества управления в условиях, когда происходят изменения условий функционирования системы или же изменение параметров объекта, вызванные изменением нагрузки на исполнительные механизмы системы. Такие условия функционирования возникают в устройствах управления летательных аппаратов, робототехнических устройств, ядерных реакторов и др.

Система управления с нейросетевым регулятором представляет собой некоторую информационно–управляющую систему, которая включает вычислительные устройства, регуляторы, исполнительные устройства и другие элементы, которые могут использоваться для автоматического управления некоторым динамическим объектом, математическая модель которого может быть представлена системой дифференциальных уравнений.

Наиболее распространенные требования, которые предъявляются к системе управления, – это точность и время отработки заданий объектом управления. Значения этих показателей существенно зависят от полезной нагрузки, исполнительного элемента и методов управления, которые применяются, а также от условий функционирования.

Различают методы управления с полной информацией о параметрах исполнительного элемента и нагрузки и адаптивные подходы, которые позволяют системе функционировать в условиях смены ее параметров в широком диапазоне или же в целом допускают отсутствие априорной информации об этих параметрах, что является наиболее распространенным случаем. Резкая смена параметров и возмущений расстраивают систему управления, которая удовлетворительно работает в средних расчетных условиях, при этом цель управления может не достигаться. Именно в таких случаях целесообразно использование адаптивных подходов.

К таким подходам относится и подход, основанный на построении нейросетевого регулятора, обеспечивающего коррекцию параметров регулятора с целью оптимизации его работы в сложившихся условиях функционирования. Достоинствами регулятора данного типа могут быть отсутствие эталонной модели, возможность функционирования с

возмущающими воздействиями различной природы, простота технической реализации. В связи с этим задача синтеза нейросетевого управления динамическим объектом в условиях варьирования параметров исполнительного элемента, нагрузки и влияния возмущающих факторов представляется актуальной.

#### **Анализ последних публикаций.**

Известные подходы реализации адаптивных систем базируются на методах построения самонастраивающихся систем, таких как методы построения экстремальных и нейросетевых систем. Целесообразность использования того или иного способа построения системы определяется особенностями объекта управления и условиями его функционирования. Так, в случае экстремальной зависимости параметров объекта от сигнала управления и при условии непрерывной смены параметров оборудования существует возможность использования экстремальных способов управления. В тех же системах, где экстремальность характеристик не обнаруживается, целесообразно использовать методы, которые базируются на регулировании по нейросетевым принципам.

Большинство разработок, связанных с построением нейроконтроллеров в контуре управления [1-4], опираются на результаты работы [5], где представлены результаты работы системы "Adaline" при управлении динамическими объектами. Система Adaline (Adaptive linear neurone) состоит из усилителей с переменными коэффициентами передачи (весовыми коэффициентами, настроенными параметрами), которые настраиваются в процессе функционирования, и сумматора сигналов. Идея коррекции вектора параметров основана на результатах очередного испытания и применения их к эталонной функции решающего блока системы "Adaline". По результатам сравнения полученной реакции и ожидаемой принимается решение о коррекции вектора параметров. Основным недостатком такого способа настройки являются продолжительность настройки и точность отработки задания динамическим объектом после проведения настройки. Способ настройки существенно опирается на отличия, которые имеются в решающей функции эталонной модели и системе "Adaline". Наличие этих различий определяет величину и направление изменения весовых коэффициентов, а с другой стороны для обеспечения точности настройки необходимо осуществлять коррекцию малым шагом, что в целом определяет длительность процесса их настройки. При этом подстройка осуществляется к параметрам обучающей модели, которая не учитывает динамические свойства объекта управления в условиях функционирования. Таким образом, если параметры эталонной модели отличаются от параметров управляемого объекта, то желаемой точности и быстродействия достигнуто не будет.

В [1] система "Adaline" применена для управления ядерным реактором. Управляющее устройство состоит из нейроконтроллера и ПИД – регулятора в качестве эталонной модели. Для настройки нейроконтроллера (исполненного по принципам построения системы "Adaline") в качестве эталонной модели применен ПИД-регулятор. Для настройки весовых коэффициентов системы нейроконтроллера используются выходные данные ПИД-регулятора, которые в соответствии с алгоритмом работы нейроконтроллера меняют его весовые коэффициенты. Когда реакция нейроконтроллера становится такой же, как и выход ПИД-регулятора, ПИД-регулятор выключается.

Недостатками подхода следует считать низкую скорость настройки весовых коэффициентов и недостаточные как точность, так и быстродействие предложенной системы управления, в которой ПИД-регулятор используется в качестве эталонной модели для настройки нейроконтроллера. Точность и быстродействие системы в значительной мере определяются качеством настройки ПИД-регулятора и влияют на скорость настройки нейрорегулятора, требующего времени для обучения.

Работа [2] представляет стратегию управления прямой адаптации нейронной сети для нелинейной системы с неизвестными параметрами типа регрессии. Предполагается, что система обучается путем минимизации выходных значений нейронной модели. Для систем с переменной структурой в [3] предполагается использование скользящего режима в целях повышения устойчивой работы системы управления.

Как показано в [4], при нейрорегуляторном управлении динамическим объектом существует возможность избавиться от необходимости использования скользящего режима, который приводит не просто к затягиванию процесса управления, но и обеспечивает щадящий режим исполнительской части системы управления за счет сведения к минимуму числа переключений сигнала управления.

Целью статьи является синтез алгоритма настройки весовых коэффициентов нейроконтроллера в контуре управления динамического объекта, обладающем достаточными показателями точности и быстродействия при отсутствии эталонной модели.

**Формулировка задачи управления.** Рассматривается динамический объект, описываемый дифференциальным уравнением вида

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t), \quad (1)$$

в котором  $x(t) \in R^n$  – вектор переменных состояния,  $u(t)$  – управляющий сигнал,  $A$  –  $n \times n$  матрица и  $b$  –  $n$ - мерный вектор, т.е.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ k \end{pmatrix}. \quad (2)$$

В (2) коэффициенты  $a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nn}, k$  – определяются параметрами системы, которые конструктору системы заранее неизвестны. Предполагается только, что система (1), (2) комплексных корней не имеет, а коэффициенты  $a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nn}, k$  могут находиться в интервалах

$$\underline{a}_{ni} \leq a_{ni} \leq \bar{a}_{ni}, \quad \underline{k} \leq k \leq \bar{k}, \quad (3)$$

границы  $\underline{a}_{ni}, \bar{a}_{ni}, \underline{k}, \bar{k}$  считаются известными.

Известно также, что объект в момент, связанный с пуском системы, т.е. когда  $t=0$ , находится в состоянии  $x(0)$ . Считается, что измерение состояний системы производится малозумящими датчиками или же они могут быть с достаточной точностью оценены. Ставится задача о перемещении объекта из начального состояния  $x(0)$  в конечное  $x(t_k)$  за минимальное время  $T \in [0, t_k]$ .

**Моделирование алгоритма управления.** В соответствии с требованиями задачи, и введя предположение об известности параметров, будем считать, что алгоритм управления должен обеспечить оптимальный режим работы системы по времени за счет использования сигнала управления вида  $u(t) = \{+U, -U\}$ , а также его переключении в некоторые моменты времени с числом интервалов управления, определяемых известной теоремой об  $n$ -интервалах. Будем предполагать, что и в условиях задачи с неопределенными параметрами рассматриваемая система имеет близкий режим работы, причем число переключений сигнала управления не должно значительно превосходить  $n$ .

Режим работы системы, имеющий количество переключений сигнала управления близкое к оптимальному и обеспечивающий требуемое качество управления, будем называть квазиоптимальным. В этом случае управления скользящий режим динамической системы не предусматривается.

Как и в [1, 2] нейроконтроллер по данным  $c_0$  и  $\Delta(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  вычисляет значение некоторой решающей функции  $F(c, X(t))$ , где  $X(t)$  – вектор, компоненты которого определяются

цифровым кодом сигналов  $\Delta(t)=x_3(t)-x(t)$  і  $x&(t)$ . Знак функции  $F(c, X(t))$  определяет знак сигнала управления  $u(t)$ , который формируется коммутирующим элементом, а именно

$$u(t) = \begin{cases} +U, & \text{если } F(c, X(t)) > 0, \\ -U, & \text{если } F(c, X(t)) < 0, \\ |u(t-0), & \text{если } F(c, X(t)) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Коммутирующий элемент переключает напряжение величины  $+U$  или  $-U$  на входе динамического объекта по закону (4). В (4) значение управляющего воздействия  $u(t)$  также сохраняется равным предыдущему значению, если фазовая точка системы находится на поверхности переключений, то есть когда  $F(c, X(t))=0$ . Функция  $F(c, X(t))=0$  в фазовом пространстве геометрически интерпретируется поверхностью переключений, рис. 1, которая делит все фазовое пространство на области управлений противоположных знаков. На рис. 2 введены обозначения  $e_1, e_2, e_3$  – фазовое пространство,  $U_+$  - управляющее воздействие положительного знака,  $U_-$  управляющее воздействие отрицательного знака,  $O$  – начало координат.

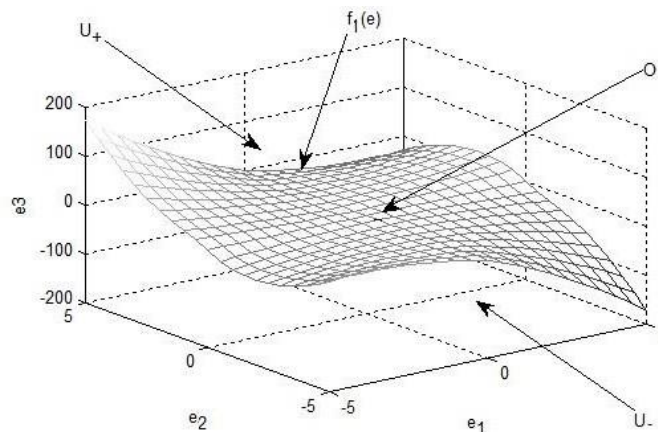


Рис.1. Вид функции  $F(\cdot)$  в пространстве координат  $e_1, e_2, e_3$ .

Сигнал  $u(t)$  заставляет объект двигаться в сторону уменьшения ошибки  $\Delta(t)$ , что соответствует положению точки  $O$  рис.2.

Основной сложностью подхода является определение вида функции  $F(\cdot)$ . Если известен точный вид математической модели (1), (2) и  $n \leq 3$ , то функция  $F(\cdot)$  получается в аналитическом виде. В других случаях функцию  $F(\cdot)$  следует либо упрощать математическую модель процесса управления либо строить ее в виде линейной модели относительно измеряемых координат  $X(t)$ .

При организации вычислительного процесса следует исключить влияние с конечной точности вычислений, что проявляется в бесконечном цикле управления в окрестности начала координат. Устранение таких циклов приводит к необходимости введения в окрестности начала координат некоторой области  $\Omega_u$ , где действие закона управления (4) прекращается, будем называть областью достижимости.

Неопределенность параметров объекта (1), (2) влечет произвольную установку весовых коэффициентов  $c$  функции  $F(\cdot)$ , что может приводить к таким ситуациям в работе системы:

- 1) "скользящий" режим;
- 2) режим автоколебаний;
- 3) попадание объекта в круг допустимых ошибок  $|\Delta_i(t)| \leq \Delta^*$  за требуемое число переключений  $N^*$  управляющего воздействия  $u(t)$ .

Первые две ситуации являются ошибочными, последняя является желательной.

Различие ошибочных ситуаций осуществляется на основании логики, опирающейся на подсчете количества переключений коммутирующего элемента и измерении сигнала ошибки  $\Delta(t)$ . Если в результате подсчета числа переключений фиксируется изменение управляющего воздействия с высокой частотой  $N \gg N^*$ , а сигнал ошибки  $\Delta(t)$  уменьшается по величине, но знак ее относительно  $\Delta^*$  не изменяется, то распознается ситуация 1, то есть система управления функционирует в "скользящем" режиме.

Если вместе со сменой знака управляющего воздействия осуществляется смена знака сигнала ошибки  $\Delta(t)$  относительно  $\Delta^*$ , то распознается ситуация 2 – режим автоколебаний.

Коррекцию весовых коэффициентов следует проводить по правилу обучения однослойного перцептрона

$$c_i = c_{i-1} - X_1(t) \text{sign} \Delta_{i-1}, \quad (5)$$

где  $X_1(t)$  – значения фазовой точки,  $c_{i-1}$  – весовой коэффициент на  $(i-1)$ -м шаге настройки системы,  $\Delta_i$  – значение ошибки коррекции, а функция  $\text{sign}(\cdot)$  имеет вид

$$\text{sign}(l) = \begin{cases} +1, & \text{если } l > 0, \\ -1, & \text{если } l < 0, \\ 0, & \text{если } l = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Выбор  $X_1(t)$  и  $\Delta_i$  существенно влияет на сходимость процесса обучения. С целью повышения скорости сходимости к правильному решению предлагается фиксировать значения координат  $\Delta(t)$  и  $X_1(t)$  первого переключения. Тогда расчет весовых коэффициентов  $c_i$  будет происходить не по выходным значениям, а по значениям зафиксированных координат.

Правило (5) действует каждый раз, когда не удовлетворяются условия оптимального режима объекта, то есть не выполняются условия  $N \leq N^*$  и  $\Delta \leq \Delta^*$ . Работа системы может быть закончена, если удовлетворяются условия  $N \leq N^*$  и  $\Delta \leq \Delta^*$ .

В случае, когда распознана одна из ошибочных ситуаций, не следует дожидаться, когда система остановится и конечных значений фазового вектора, которые находятся в районе допустимых ошибок  $\Delta^* \in \Omega_{ц}$  потому, что информация для проведения коррекции вычислителем уже имеется, то есть числа  $N$  и  $X_1$ , уже известны. Значит, при распознавании ошибочной ситуации система может быть остановлена и приведена в начальное состояние для последующего испытания.

Таким образом, алгоритм работы системы состоит в том, что на каждом испытании производится подсчет количества смены знака сигнала управления и фиксирования ошибки системы, эта информация используется в (5), если результаты испытания отличаются от ожидаемых.

**Реализация системы управления.** Описанный подход управления динамическим объектом можно реализовать с помощью прибора, который содержит (см. рис. 2), как вариант конструктивного исполнения, исполнительную часть ИЧ, в составе нейроконтролера НК, релейного элемента РЭ, динамического объекта ОУ; измерительный канал ИЧ, который состоит из датчика положения ДП, датчика скорости ДС, вычислителя ошибки ВО; системы настройки нейроконтролера СН, состоящей из блоков кодирования КУ, блока памяти УП, вычислителя В; логического устройства УЛ, в составе счетчика количества переключений КП, фиксатора первого переключения Ф, компаратора числа переключений КП, компаратора ошибки КО, а также могут быть включены блоки останова и начальных уставок БОНУ.

Операция перевода объекта в начальное состояние  $X(0)$  осуществляется блоком останова и начальных уставок, в которые информация поступает от вычислителя ошибки, датчика скорости и компаратора количества переключений. Выходной сигнал блока

действует на релейный элемент, который устанавливает динамический объект в начальное состояние, при этом фазовый вектор становится равным начальному значению  $X(t)=X(0)$ . Устройство, с помощью которого реализуется данный подход настройки весовых коэффициентов системы "Adaline" при управлении динамическим объектом, работает следующим образом.

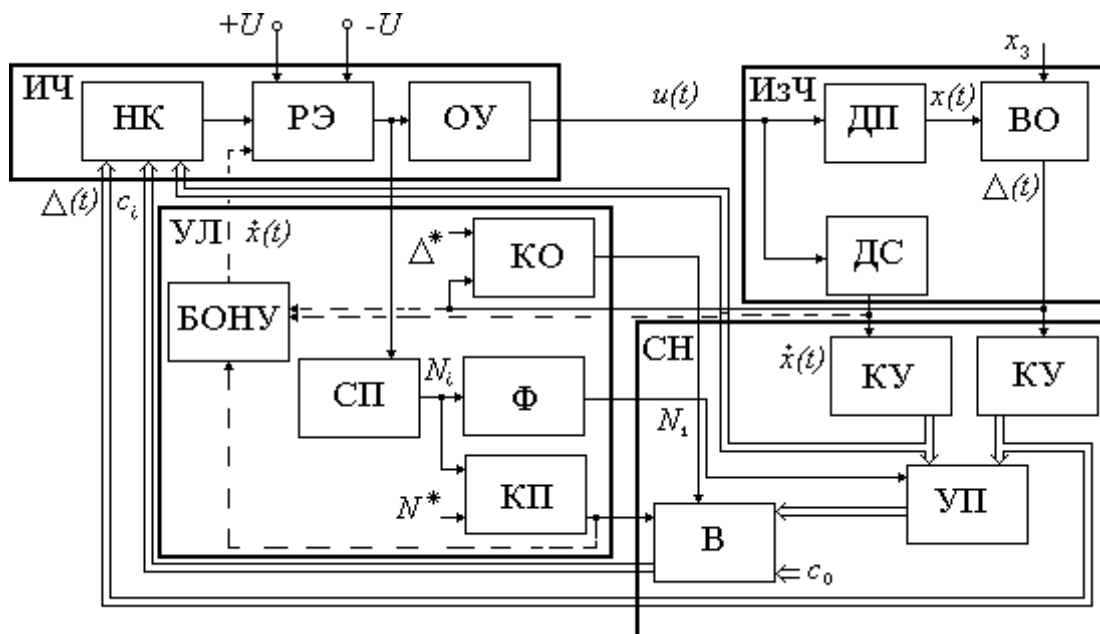


Рис.2. Структура системы управления с нейроконтроллером

Перед началом работы система управления (см. рис. 2) объекта, который находится в начальном состоянии  $x(0)$ , устанавливают допустимые значения ошибки  $\Delta^*$  и точные значения минимального количества переключений  $N^*$ . Устанавливают также произвольные значения весовых коэффициентов нейрорегулятора  $c_0$ . На вход системы подают задание  $x_3$  для отработки. Момент времени  $t$  подачи задания на систему управления считают как начальный, то есть  $t=0$ . С этого момента осуществляют расчет ошибки по положению и скорости нагрузки с помощью датчиков положения, скорости и вычислителя ошибки. Их значения поступают на блоки кодирования, которые преобразуют текущие значения ошибок положения и скорости нагрузки объекта в цифровой код. Этот код поступает на сигнальные входы  $\Delta(t)$  и  $\dot{x}(t)$  нейроконтроллера. На входы весовых коэффициентов  $c_i$  нейроконтроллера поступают значения  $c_0$  от вычислителя.

#### Исследование основных свойств алгоритма.

Для моделирования системы настройки и исследования основных свойств алгоритма проводилось изучение динамики объекта (1), в котором матрица  $A$  и вектор  $b$  имеют вид

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ k \end{pmatrix}. \quad (7)$$

В данном случае элементы матрицы  $a_{21}$ ,  $a_{22}$ ,  $k$  в соответствии с условиями эксперимента считаются неизвестными. Функция  $F(\cdot)$  для объекта (1), (7) имеет вид

$$F(c, X(t)) = c_1 \Delta(t) + c_2 \dot{x}(t).$$

Результаты моделирования предлагаемого алгоритма настройки представлены на рис. 3, 5, 7. Так, на рис. 3 представлено первоначальную расстройку весовых коэффициентов нейроконтролера  $c_1, c_2$  в сторону увеличения, которая приводит к "скользящему" режиму динамического объекта; расстройка  $c_1, c_2$  в сторону уменьшения коэффициентов приводит к режиму автоколебаний (см. рис. 7).

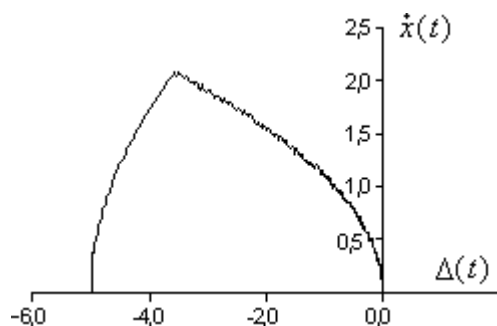


Рис.3 Скользящий режим динамического объекта в фазовой плоскости

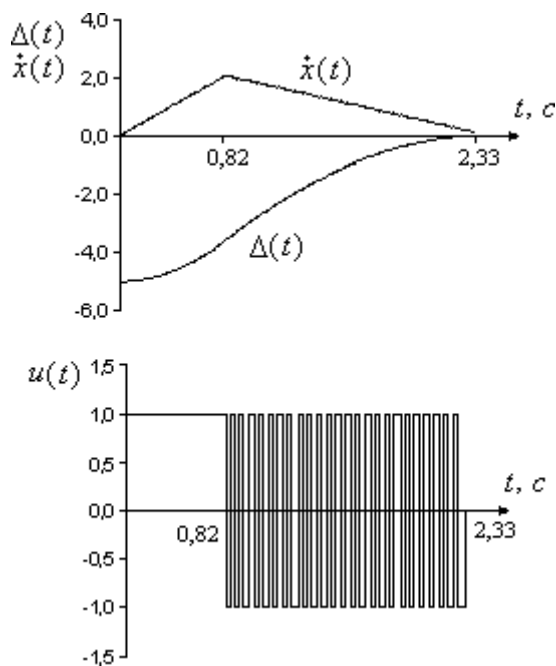


Рис. 4. Сигналы  $\Delta(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  и  $u(t)$  динамического объекта во временной плоскости при скользящем режиме

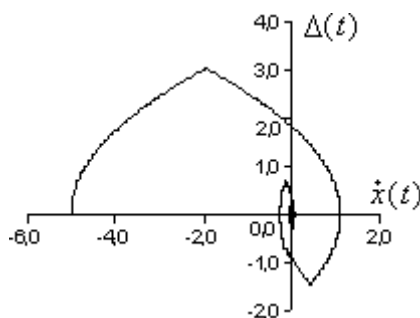


Рис. 5. Автоколебательный режим динамического объекта в фазовой плоскости



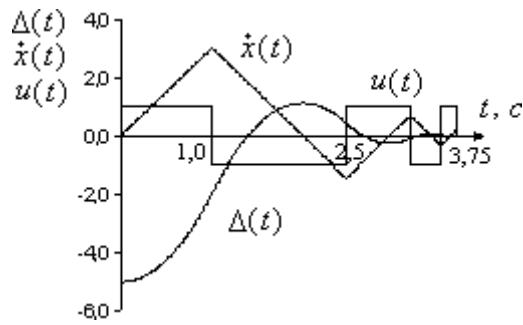


Рис.6. Сигналы  $\Delta(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  и  $u(t)$  динамического объекта во временной плоскости при автоколебательном режиме

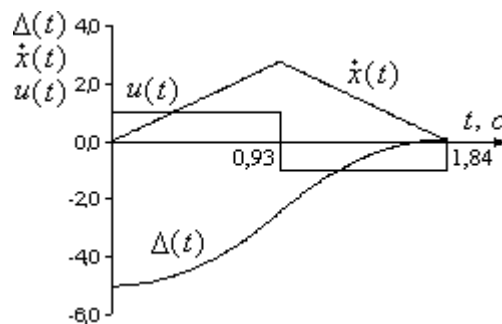


Рис.7. Сигналы  $\Delta(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  и  $u(t)$  динамического объекта в квазиоптимальном режиме

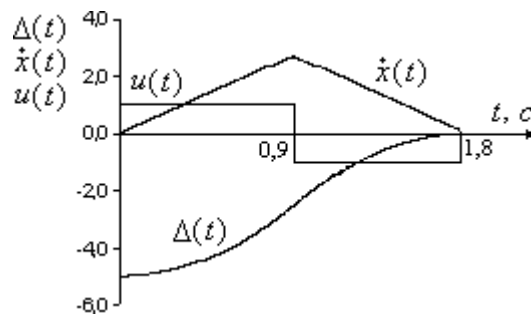


Рис.8. Сигналы  $\Delta(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  и  $u(t)$  динамического объекта в оптимальном режиме

После завершения процесса настройки получен квазиоптимальный по быстродействию процесс управления (см. рис. 7). Сравнение "скользящего" режима (см. рис. 3) с оптимальным (см. рис. 8) позволяет оценить проигрыш в длительности "скользящего" режима, в данном случае он составляет 29%. В то же время квазиоптимальный режим работы, который получен после процесса настройки, проигрывает оптимальному режиму только 3%. На процесс обучения нейроконтролера для динамического объекта, который исследовался, затрачено 5 итераций при начальной расстройке весовых коэффициентов в 100%, которую показано на рис. 9.

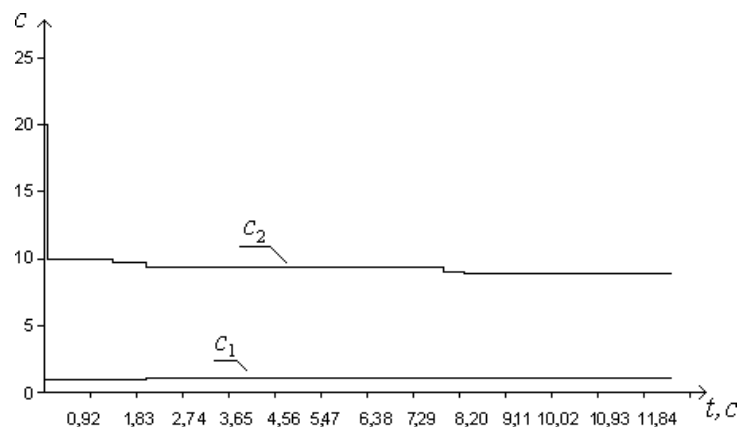


Рис.9 . Коррекция коэффициентов  $c_i$  нейрорегулятора в процессе обучения.

### Выводы.

Повышение эффективности настройки весовых коэффициентов системы "Adaline" при управлении динамическим объектом в алгоритме, который предлагается, в сравнении известными, состоит в том, что достигается точность отработки заданий с минимальными временными затратами и уменьшается длительность настройки нейроконтролера за счет дополнительного контроля количества переключений и использования в качестве обучающей точки - фазовых координат точки первого переключения сигнала управления. При этом информация для обучения нейроконтролера берется по текущей линии переключения  $F(c, X(t))$ , которая выстраивается на каждом шаге обучения. Такой алгоритм настройки кроме лучших характеристик отработки объектом задания имеет дополнительную возможность обучаться в процессе функционирования системы при смене параметров объекта, которые проявляются, например, при изменении нагрузки или его начального состояния. В случае постоянно действующего задания можно значительно уменьшить время обучения нейроконтролера за счет определения ошибочных ситуаций и досрочной коррекции весовых коэффициентов нейроконтролера.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ashour M., Aboshosha A. Adaptive neural control of NPR // Proceeding of A1 Azhar Engineering Fifth International Conference AEIC-97, Cairo, Egypt, December 19-22, 1997.
2. Noriega J.R., A direct adaptive neural network control for unknown nonlinear system and its application / Noriega J.R., Wang H. // IEEE Trans. Neural networks. – 9. - №1. – 1998. – P.27-34.
3. Efe M.O. A novel error critic for variable structure control with an ADALINE / M.O. Efe // Transactions of the Institute of Measurement and Control 24,5. – 2002. – P. 403-415.
4. Пат. № 81997 Україна, МПК G 05 B 13/00, G 05 B 11/00. Спосіб настроювання вагових коефіцієнтів системи "Adaline" при керуванні динамічними об'єктами / Кучеров Д.П.; заявник та патентовласник ЦНДІ ОБТ ЗС України. – Заявл. 2.06.06; опубл. 25.02.08, Бюл. № 4. – 6 с.
5. Widrow B., Groner G.F., Hu M.J., Smith F.W., Specht D., Talbert L.R. Practical application for adaptive data processing systems. – WESCON Techn. Papers, No 7, 11/4, 1963.

Кікалов В.А., Сердюк О. О. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ГЕМОДІАЛІЗУ КРОВІ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДІАЛІЗНОЇ РІДИНИ

*У роботі описується комплексна система автоматизованого формування параметрів для проведення гемодіалізу пацієнтам з нирковою недостатністю. Показано, що створена система дозволяє сформувати параметри гемодіалізу, адекватні поточному стану і динаміці стану пацієнта, навіть в ситуації, коли гемодіаліз раніше не проводився. В системі використовується нейронна мережа. Наведено загальну схему побудованої системи і її детальний опис.*

*The paper describes a comprehensive system of automated parameter formation for hemodialysis in patients with renal failure. It is shown that the created system allows forming hemodialysis parameters adequate to the current state and dynamics of the patient's condition, even in a situation where hemodialysis was not previously performed. The system uses a neural network. The general diagram of the built system and its detailed description are given.*

В процесі гемодіалізу відбувається очищення крові поза організмом з використанням спеціального фільтра, який називається діалізатором. При проведенні процедури гемодіалізу потрібно очистити від токсинів великий обсяг крові за відносно короткий період часу. Як правило, режим діалізу - це три процедури гемодіалізу в тиждень, кожна з яких триває приблизно 4-5 годин. Іноді потрібне збільшення частоти або тривалості діалізу. На даний момент виникає проблема з вибором параметрів для провидіння гемодіалізу особливо для нових пацієнтів бо поточні методи оцінки якості дози гемодіалізу можна розрахувати тільки після проведення гемодіалізу.

Сучасна концепція оцінки ефективності гемодіалізу базується на понятті дози, яка є недостатньо коректною для планування процедури та оцінки її ефективності за наступних причин. У багатьох дослідженнях доведено, що летальність серед пацієнтів різко підвищується, якщо одержана ефективна доза менше 1,2. Тоді виникає питання, а якщо доза перевищує 1,2, наприклад, 1,6, 1,8, ....10, то це добре чи погано для пацієнта? З точки зору фізики процесу детоксикації можна міркувати, що чим більше продуктів метаболізму буде видалено із організму за час гемодіалізу, тим більший час буде потребуватись на накопичення гранично допустимої концентрації токсичної речовини в організмі, і тим більше можливий інтрадіалітичний період. Але вже сьогодні з'явилися дослідження, де автори на основі статистичного аналізу виживання великої популяції пацієнтів роблять висновок, що летальність підвищується при перевищенні деякої дози  $K_{max}$  [1]. Інші фахівці доводять, що проведення гемодіалізу на протязі 6 год, а не 4 год, набагато покращує якість життя пацієнтів, деякі вважають, що краще проводити його щодня по 2—3 год. Виходячи з фізіології нирки, можна стверджувати, що найкраще для пацієнта бути постійно підключеним до апарату штучна нирка. Метою гемодіалізу є не тільки видалення продуктів метаболізму, а й приведення рідинного об'єму організму до оптимального значення, корекція електролітного складу та ін. На ці запитання не дається кількісної відповіді у понятті  $Kt/V$  при спробі підвищити показник часто погіршується стан пацієнта.

Метою даної роботи є розробка комплексної системи автоматизованого формування параметрів для проведення гемодіалізу, яку можна використовувати для прогнозування параметрів на основі певних заздалегідь визначених даних для конкретного стану здоров'я. Основою системи є штучна нейронна мережа.

Основні параметри для оцінки якості гемодіалізу які будуть використовуватися в нейронній мережі, як вхідні параметри є вага, зріст та вік пацієнта, рівень сечовини до проведення гемодіалізу, а також кількість діалітичної рідини. Швидкість крові та швидкість діалітичної рідини ураховувати недоцільно, тому що дуже багато різних методів проведення гемодіалізу з різними швидкостями, але при однаковому витраченні діалітичної рідини

показали, що коефіцієнт при оцінці дози гемодіалізу однаковий. Час проведення і швидкість діалізату можна буде розрахувати після того, як визначиться кількість потрібного розчину.

Вихідним параметром нейронної мережі буде рівень сечовини після проведення гемодіалізу. При цьому кількість діалізної рідини для проведення гемодіалізу краще буде визначати методом підбору при коректуванні роботи нейронної мережі.

Поставлена задача є задачею регресії, так що топологію мережі, функцію активації і метод навчання слід підбирати, відштовхуючись із цього.

При виборі топології мережі було прийнято використовувати багатошаровий персептрон, тому що сигнал в таких мережах поширюється в прямому напрямку, від шару до шару.

Кількість вхідних і вихідних елементів в багатошаровому персептрона визначається умовами завдання. В якості функції активації нейрона вибрано лінійну функцію. Це обумовлено тим що в задачах регресії не бажано сильно змінювати вхідні та вихідні дані, щоб зменшити впливи на результат.

Для навчання мережі обраної топології раціонально метод зворотного поширення помилки. Алгоритм зворотного поширення – це метод чисельної оптимізації, який може бути використаний у багатьох алгоритмах, де потрібно знайти екстремум функції.

Алгоритм зворотного поширення помилки визначає стратегію підбору ваг багатошарової мережі із застосуванням градієнтних методів оптимізації. Оскільки цільова функція, зазвичай визначається як квадратична різниця суми між фактичними і очікуваними вихідними значеннями, є безперервною, градієнтні методи оптимізації є ефективними при навчанні мережі. При навчанні багатошарової нейронної мережі необхідно обчислити вектор градієнта щодо параметрів всіх верств мережі. Зміна ваг в алгоритмі відбуваються за такою формулою:

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_j x_i \quad (1)$$

де:  $w_{ij}$  - вага зв'язку між  $i$ -м і  $j$ -м нейронами;  $a$  - режим, приймає значення 1 або -1;  $r$  - коефіцієнт, що задає швидкість навчання;  $\phi_j$  - функція зворотного поширення помилки для  $j$ -го нейрона;  $x_i$  - похідна функції активації  $i$ -го нейрона;  $\phi_j$  – функція для обчислення помилки, поширюваної від вихідних нейронів.

Для випадку  $a = 1$  функція має вид:

$$\phi_j = \phi_j(1 - \phi_j)(\phi_j - \phi_j) \quad (2)$$

де  $\phi_j$  і  $\phi_j$  - актуальний і бажаний вихід вихідного нейрона, відповідно. Для випадку  $a = -1$  функція  $\phi_j$  обчислюється за формулою:

$$\phi_j = \phi_j(1 - \phi_j) \frac{1}{2\phi_j^2} (\phi_j - \phi_j) \quad (3)$$

Вираз  $\phi_j(1 - \phi_j)$  в цій формулі являє похідну активаційної функції. Експоненціальна функція забезпечує максимальне значення  $\phi_j$  за однакової кількості актуального і бажаного стану  $j$ -го нейрона. Величина  $\sigma$  задає чутливість близькості до вихідного вектору. Коефіцієнт  $k$  може інтерпретуватися як рівень «страху» і може використовуватися при моделюванні емоцій і використанні їх для навчання нейронної мережі

Для тестування мережі використовувалась програма STATISTICA 12. Вибірка даних складала 600 елементів. Завданням тестування було визначення кількості нейронів прихованого шару. Експериментами встановлено, що найкращі результати отримані для мережі із 5 вхідних нейронів, 8 нейронів у скритому слої та одного вихідного нейрона.

Результати експериментів за 1000 епох з вибіркою даних 90 елементів наведені в табл.

1.

Таблиця 1

Результати тестування роботи нейромережі.

	Середня помилка в %	Мінімальна помилка в%	Максимальна помилка в%
Навчання	0,495	0,003	2,388
Тест	0,513	0,388	0,657

Завдяки застосуванню нейронної мережі користувач програмного продукту може розрахувати параметри для проведення процесу гемодіалізу. Підібравши параметри для проведення гемодіалізу, зокрема кількість діалізної рідини, і, побачивши заздалегідь результат, можна підрахувати кількість необхідних витратних матеріалів (чиста вода, концентрати), а також час необхідний для проведення гемодіалізу.

### ВИСНОВОК

В роботі було проведено аналіз процесу гемодіалізу та засобів оцінки дози діалізу. Також було спроектовано та перевірено на працездатність штучну нейронну мережу для формування параметрів проведення гемодіалізу, яку можна використовувати для прогнозування параметрів на основі певних заздалегідь визначених даних для конкретного стану здоров'я.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Zhensheng Li, MD, Nancy L. Lew, SM, J. Michael Lazarus, MD and Edmund G. Lowrie, MD // Comparing the urea reduction ratio and the urea product as outcome-based measures of hemodialysis. —Am. J. of Kidney Disease. — 2000. —V. 35, №4. —P. 598—605.
- 2.
3. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep learning. MIT press; 2016 Nov 10.
4. LeCun, Yann; Bengio, Yoshua; Hinton, Geoffrey. Deep learning (англ.) // Nature. — 2015. — Vol. 521. — P. 436—444. — doi:10.1038/nature14539.

**Ковалевська О.С., Ковалевський С.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИНАХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*В роботі надані основні напрямки робіт Проблемної лабораторії Мобільних інтелектуальних технологічних машин Інституту проблем штучного інтелекту і Донбаської державної машинобудівної академії в контексті створення сучасних кінематичних систем мобільного спрямування, а також деякі результати з використанням нейромережних підходів.*

*The paper presents the main directions of work of the Problem Laboratory of Mobile Intelligent Technological Machines of the Institute of Artificial Intelligence and Donbas State Machine-Building Academy in the context of creating modern mobile kinematic systems, as well as some results using neural network approaches.*

Важливими напрямками формування технологічних рішень є комплексні концепції розвитку технологій: технологічне (технічне) переозброєння, комплексна автоматизація і механізація різних процесів трудової діяльності. Технологічне переозброєння повинне розглядатися як основа більш масштабних проектів - проектів реконструкції, так і самостійних проектів докорінної перебудови технологій - проектів технічного переозброєння. Автоматизацію в даний час найчастіше розглядають як застосування технічних засобів, методів і систем управління, які звільняють людину частково або повністю від безпосередньої участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів і інформації.

Таким чином, розвиток машинобудівного виробництва нерозривно пов'язано з процесами оновлення парку технологічних машин, що забезпечують виготовлення продукції. Це безпосередньо стосується металообробного обладнання механоскладальних цехів. Від технологічних можливостей такого обладнання залежать основні показники ефективності машинобудівного виробництва. Тому пошук рішень в області створення технологічних машин, що мають підвищену точність і високі динамічні показники поряд з їх малою метало- та енергоємністю при високій продуктивності є актуальною проблемою.

У зв'язку з викладеним представляє особливий інтерес група механізмів, заснованих на принципах паралельної кінематики і можливості їх використання для вирішення завдань пов'язаних із зазначеною проблемою.

Механізми паралельної структури відрізняються тим, що утворюють кінематичну групу стрижнів змінної (регульованої) довжини, з'єднаних за допомогою шарнірів і формують систему стійких трикутних елементів конструкцій виконавчих механізмів технологічних машин.

Побудова координатної системи механізмів з паралельною кінематикою для реалізації складних просторових переміщень з підвищеними точносними і динамічними характеристиками вимагає проведення динамічного аналізу виконавчої ланки системи, під якими розуміється виконавчий механізм паралельної кінематики, що здійснює технологічні операції переміщення, обробки або вимірювання. В процесі динамічного аналізу виконавчого механізму в координатній системі переміщень вирішуються завдання розробки і безпосередньо реалізації математичної моделі, яка описує динамічний стан і поведінку механізму в русі і рівновазі при наявності зовнішніх силових впливів. На базі побудованої динамічної моделі виконавчого механізму вирішуються пряма і зворотна задачі динаміки в середовищі моделювання - проводиться симуляція роботи динамічної моделі для конкретних випадків відпрацювання виконавчим механізмом заданих переміщень. На підставі результатів, отриманих під час проведення динамічного аналізу, приймаються рішення щодо управління двигунами приводів рухомих штанг в координатній системі переміщень у вигляді вихідних характеристик зміни обертаючих моментів, швидкостей, прискорень,

пікових навантажень, необхідних для реалізації заданого закону руху виконавчого механізму. Таким чином, динамічна модель використовується для настройки і верифікації регулятора системи управління, оскільки враховує одночасно і динамічні, і кінематичні особливості виконавчого механізму.

У порівнянні з управлінням звичайними технологічними машинами, управління технологічним обладнанням на базі механізмів з паралельною структурою є в багатьох аспектах непростим завданням. Це пов'язано з більш складною структурою і формою робочої зони такої машини. Розробка універсального алгоритму є на даний момент актуальним завданням. Найбільш перспективним варіантом в цьому напрямку є розробка системи управління, яка здатна адаптуватися до нових поставлених завдань і навчатися на них. Найбільш доцільним є створення такої системи на базі принципів побудови нейромережній обчислювальної платформи. Така платформа реалізована з використанням каскадних структур, що здатна адаптуватися до постійно змінних умов існування системи управління технологічними машинами з механізмами паралельної структури. Слід підкреслити, що в наслідку побудови такої системи управління суттєво змінюється підхід до постановки задачі оптимізації руху виконавчого органу такої машини, а саме, цільовою функцією пропонується прийняти суму переміщень всіх елементів механізму з паралельною структурою при обмеженнях щодо виконання робочих переміщень технологічно інструменту.

В цьому напрямку працює Проблемна лабораторія мобільних інтелектуальних технологічних машин (МІТМ), що створена на кафедрі «Технології машинобудування» Донбаської державної машинобудівної академії і яка є прогресивною формою співпраці НАНУ і вищого навчального закладу. Основні напрями та завдання роботи МІТМ:

- теоретичне обґрунтування множин структурних, виконавчих і керуючих вузлів мобільних інтелектуальних технологічних машин (МІТМ)
- розробка технічних завдань на проектування базуючих, що позиціонують і виконавчих систем МІТМ;
- розробка перспективних технологічних процесів із застосуванням МІТМ;
- проектування вузлів виконавчих механізмів МІТМ;
- розробка алгоритмів інтелектуального управління вузлами і механізмами МІТМ;
- проектування керуючих систем МІТМ.
- проектування систем технологічних інструментів МІТМ.
- створення дослідних зразків елементів МІТМ (виготовлення, комплектація, складання, налагодження).
- випробування дослідних зразків МІТМ.
- дослідження ринку споживачів МІТМ.
- організація і супровід виготовлення промислових зразків МІТМ.
- забезпечення рекламно-виставкової діяльності.
- ведення наукового розділу профільного періодичного видання (журналу), присвяченого МІТМ.
- проведення тематичних семінарів і конференцій за тематикою теорії, створення та експлуатації МІТМ.
- розробка технологічних процесів виготовлення та ремонту виробів в умовах застосування систем МІТМ
- кадровий супровід створення, впровадження та експлуатації МІТМ.

Розробка і дослідження технологічних машин на основі механізмів паралельної структури є важливим кроком в напрямку вдосконалення сучасного машинобудування, так як таке обладнання дозволяє досягти високих показників продуктивності та гнучкості виробництва за рахунок особливостей своєї структури.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СИГНАТУР ЇХ ЗОБРАЖЕНЬ

*В роботі запропонований спосіб обробки зображення для подальшого розпізнавання об'єктів різних структур на основі зображень (фотографій). Цей метод дозволяє зробити інваріантними невраховані фактори, які можуть вплинути на якість фотографії. Як об'єкт дослідження виступають зразки шліфов сталей після термічної обробки. Час витримки і умови охолодження ідентичні для всіх випадків. Обробка зображень передбачає їх попереднє поліпшення, а саме видалення шумів і виставляння автоуровней, подальше перетворення в цифровий масив даних, отримання гістограми зображення з подальшим виділенням більш інформативної частини сигнатури. Перетворення безперервного сигналу (зображення) в сигнатуру за допомогою дискретизації і квантування виконано в системі MatLab 6.1 і дозволило виключити суб'єктивні фактори візуального аналізу і класичних методів розрахунку співвідношення структур в металі. Кількість інтервалів приймається рівним 10. Тестове і навчальне безлічі формуються в програмі Microsoft Access на основі даних про зображення, термічної обробки, склад і співвідношенні структур. Збільшення кількості інтервалів може дати можливість відтворити прогнозовану структуру в якості зображення.*

*The paper proposes an image processing method for further recognition of objects of various structures based on images (photographs). This method allows you to make invariant unaccounted for factors that can affect the quality of the photo. The object of research is samples of thin sections of steels after heat treatment. The holding time and cooling conditions are identical in all cases. Image processing presupposes their preliminary improvement, namely, removing noise and setting autolevels, then converting them into a digital data array, obtaining an image histogram with further highlighting the more informative part of the signature. The transformation of a continuous signal (image) into a signature using sampling and quantization was carried out in the MatLab 6.1 system and made it possible to exclude the subjective factors of visual analysis and classical methods for calculating the ratio of structures in metal. The number of intervals is assumed to be 10. Test and training sets are formed in Microsoft Access based on data on images, heat treatment, composition and ratio of structures. Increasing the number of intervals can make it possible to recreate the predicted structure as an image.*

Комп'ютерна обробка і розпізнавання об'єктів (обличчя людини, лікарські рослини, засоби пересування) за допомогою механізмів формування та виведення зображень знайшло застосування в багатьох сферах діяльності – у промисловості, медицині, мистецтві (оцінка достовірності картин, контроль якості виробів, виявлення та супроводження об'єктів). Це дозволяє підвищити рівень автоматизації на виробництві, виключити суб'єктивні чинники при оцінці параметрів, зменшити ресурсомісткість операцій контролю. [1, 2, 3]. У практиці аналізу зразків сигналів, якими, зокрема, є зображення візуальних об'єктів, проводиться ідентифікація різних характеристик об'єктів, наприклад, приналежність до певного кластеру. Авторами робіт [4, 5] запропоновані методи визначення всіх розмірів зразків по акустичному сигналу, який представляє собою амплітудно-частотну характеристику їх власних коливань (частотному спектру або сигнатурі). Точність такої діагностики розмірів досягає 0,1 мм. Такі ж оцінки координат конфігурації важільних механізмів [6].

Застосовуючи такий же підхід, становить практичний інтерес ідентифікація об'єктів для встановлення взаємозв'язку між потрібними фізико-механічними властивостями сталей та технологічними параметрами режимів їх термічної обробки. Така процедура важлива для будь-яких заготовок, наприклад, отриманих за допомогою обробки тиском (холодне об'ємне штампування, пресування, волочіння), через суттєвий вплив зміцнення металу на підвищення експлуатаційних властивостей і життєвого циклу виробів.

Метою роботи є дослідження інформативності частотних спектрів діагностичних сигналів зображення (фотографій) при ідентифікації об'єктів. За об'єкти досліджень прийняти приклади зразків сталей після термообробки зі структурами фериту та перлітуна фотографіях у відтінках сірого (табл.1) [7].

Використання зображень вимагає перетворення безперервного (аналогового) сигналу в цифровий масив. Це включає виконання двох перетворень – дискретизація (заміна



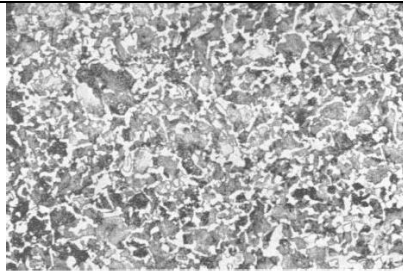
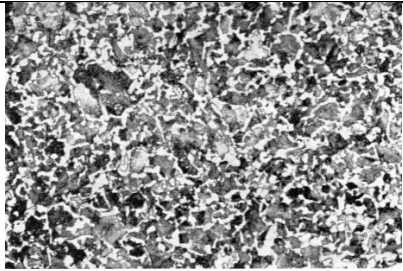
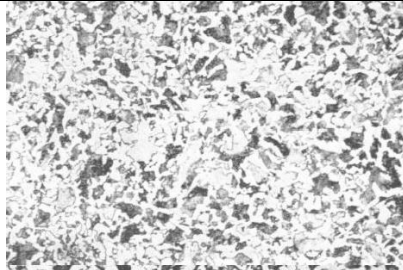
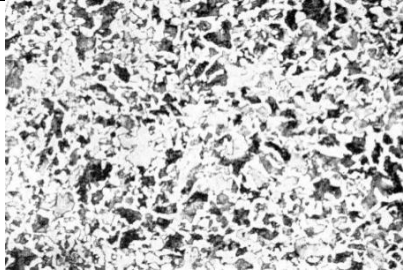
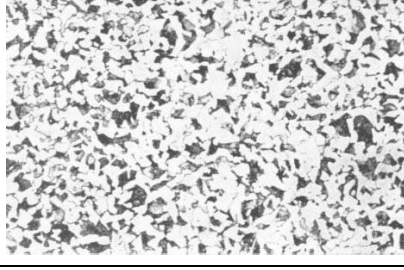
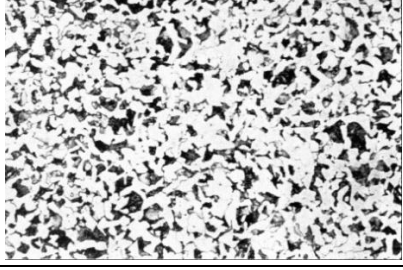
реального безперервного зображення набором відліків в дискретні моменти часу) і квантування (заміна безперервної безлічі значень яскравості безліччю квантованих значень), тобто, створення сигнатури зображення [8]. Однак, кожне зображення, окрім корисної інформації про структури у сплавах, несе ряд неконтрольованих параметрів (шуми від основного носія зображення (папір), умови рівню освітлення, параметрів камери та сканеру), вплив яких потрібно виключити.

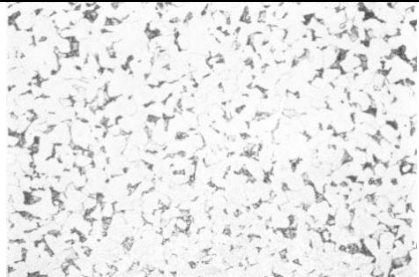
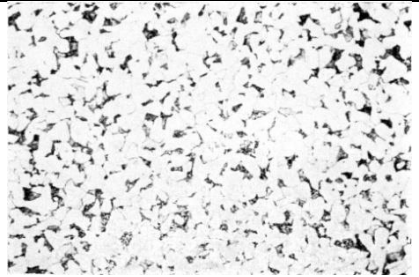
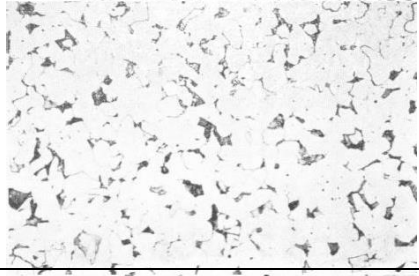
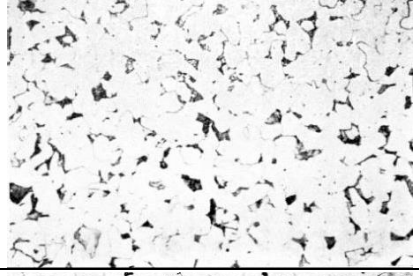


Таблиця 1

Зразки сталей після термічної обробки

Матеріал	Фото без обробки [8]		Обробка «Видалення шуму + Поставити авторівні»	
	Зразок	Зображення	Зразок	Зображення
1	2	3	4	5
Сталь №118 (0,76% C)	1		1-1	

Продовження таблиці 1.

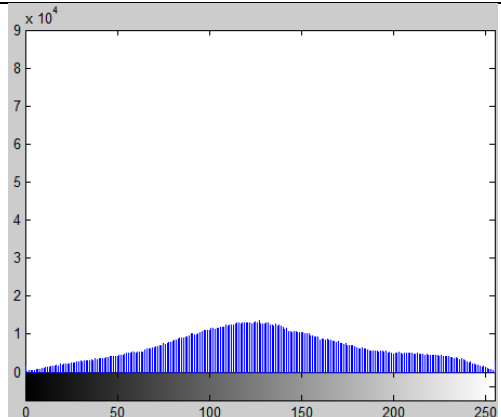
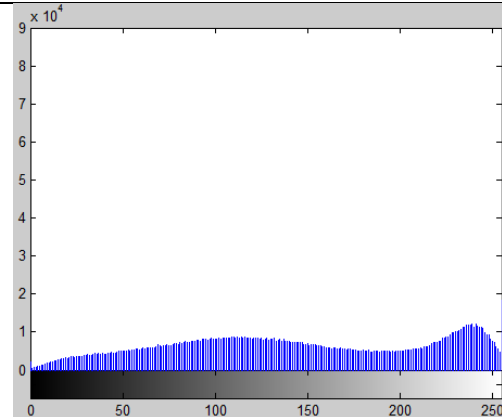
1	2	3	4	5
Сталь №117 (0,6 % C)	2		2-1	
Сталь №116 (0,44% C)	3		3-1	
Сталь №115 (0,33% C)	4		4-1	

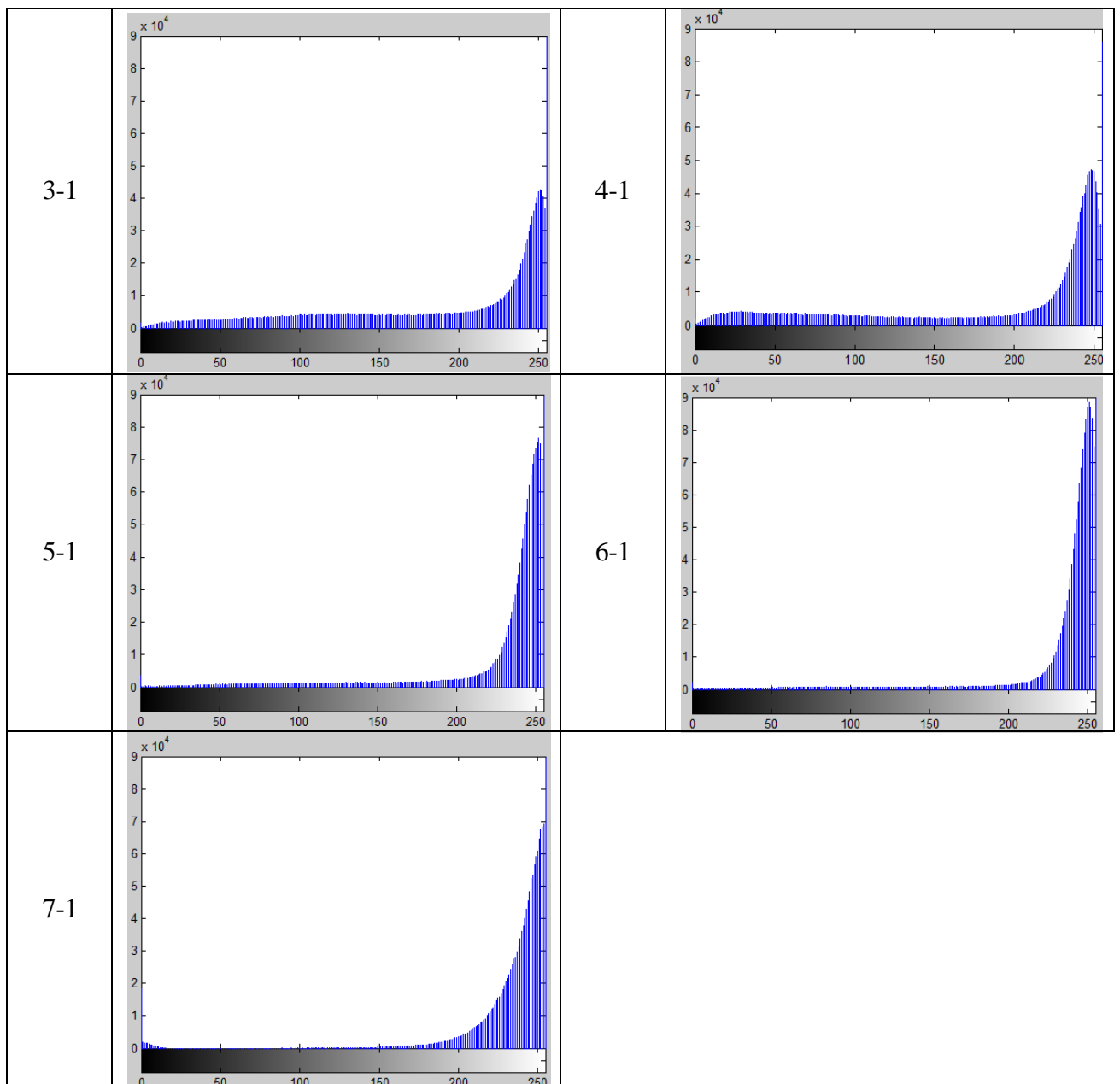
Сталь №114 (0,25 % C)	5		5-1	
Сталь №113 (0,15% C)	6		6-1	
Сталь №112 (0,057% C)	7		7-1	

Кожному з мікрошліфів відповідають сигнатури зображень, що представлені в табл.2.

Таблиця 2

Гістограми зображень з інтервалом  $n=255$

Зразок	Гістограма зображення	Зразок	Гістограма зображення
1	2	3	4
1-1		2-1	



Для вирішення задачі ідентифікації сигнатур зображень і технологічних параметрів термічної обробки з фазовими перетвореннями у структурі запропоновано інструмент нейромережного моделювання [9, 10]. Створення нейромережної моделі, при умові застосування оптимальних об'ємів навчаючої та тестової множин, дозволяє встановити зв'язок між зображеннями і технологічними параметрами. Але, зображення потребує кількісної оцінки, якими прийняти цифрові масиви сигнатур розподілу пікселів зображень.

Перетворення зображення в цифровий масив (рис.1) виконано у середовищі пакету прикладних програм MatLab 6.1 [8] за допомогою команди читання зображень `imread('filename.png')`.

0	216	191	185	202	230	249						
243	235	216	197	195	205	214	219	225	237	250	255	
229	238	241	236	236	236	229	218	215	225	241	251	
240	227	216	211	196	213	233	244	248	249	247	245	
222	203	199	207	233	242	250	248	245	244	245	244	
252	243	246	255	249	254	255	247	240	240	243	245	
211	219	238	253	249	255	255	255	251	252	255	255	
248	251	245	252	250	249	246	241	238	241	250	255	
240	247	250	255	252	251	248	243	240	243	250	255	
243	249	255	253	250	249	246	241	238	240	246	251	
254	253	255	250	255	255	254	250	248	249	253	255	
255	250	255	251	255	254	251	248	246	247	249	251	
249	242	253	251	250	249	246	244	243	243	244	245	
249	243	251	253	255	255	255	254	254	254	255	255	
254	251	255	255	255	253	251	250	251	251	251	251	
255	251	253	255	253	255	255	253	253	255	255	253	
239	254	255	255	251	253	253	251	251	253	253	251	
239	249	253	253	254	255	255	254	254	255	255	254	
255	238	255	249	251	254	254	251	251	254	254	251	

Рисунок 1 – Результат команди A=imread('image.jpg')

Для перетворення цього масиву з ціллю побудови прогнозної моделі на нейромережному базисі, запропоновано використання команди  $h = \text{hist}(A, n)$  і отримання найбільш інформативної за умовою мінімуму показника ентропії гістограми розподілу пікселів за яскравістю. Вирішення цього запропоновано на підставі показника ентропії гістограми, що відповідає зразкам табл.1 згідно формулам (1) і (2):

$$H(p) = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i \quad (1)$$

$$p_i = \frac{h_i}{n} \quad (2)$$

де  $H(p)$  – показник ентропії розподілу пікселів зображень зразків за яскравістю;

$p_i$  – вірогідність i-ої ступені гістограми розподілу пікселів зображень зразків за яскравістю;

n – кількість ступенів гістограми розподілу пікселів зображень зразків за яскравістю.

Приклад розрахунку показника ентропії у залежності від кількості інтервалів гістограми представлений на рис.2. Для цього зразка мінімум  $H_{min}(n)$  знаходиться для n=4.

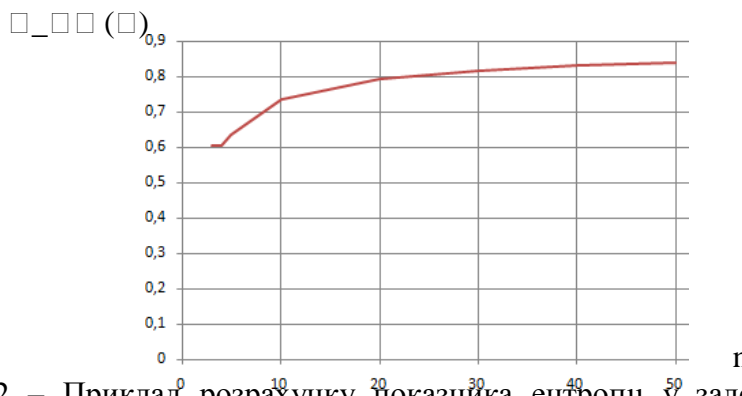


Рисунок 2 – Приклад розрахунку показника ентропії у залежності від кількості інтервалів гістограми

Побудову моделі на нейромережному базисі виконано у середовищі програми NeuroPro-0,25 зі застосуванням Microsoft Access для формування вхідних та вихідних даних в форматі dbfIII. Попередня гіпотеза про зв'язок між параметрами термообробки, та зображенням за умовою тестування моделі в залежності від температури термообробки T від 810 до 950 градусів (рис.3).

T	FER	PER	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
810	0,02375	1,00627	17054,7	74197,7	160176	244534	324230	301453	216653	145146	155953	126288
820	0,35697	0,6712	25732,7	105716	159601	208486	261566	241060	185555	148706	235333	241269
830	0,45542	0,56597	24993,4	99298,7	137018	180279	218975	204719	166926	145523	267263	338943
840	0,52278	0,48381	18081,4	69508,5	83702,9	130075	146772	146609	137206	135697	304564	518721
850	0,60495	0,4187	6748,89	98521,8	96370,6	104127	97701,6	102721	106484	117221	340689	668168
860	0,65625	0,37605	4431,28	100902	95436,7	90204,5	74281,9	83054,4	90815,7	105979	357516	754222
870	0,72219	0,32187	13420	59952,6	69223,7	75371	57562	75043,4	76989,8	88743,3	366806	872615
880	0,78779	0,2473	13446,5	32592,7	46624,2	53834,5	33518,5	53965,2	54558,5	66655,2	369678	985706
890	0,83989	0,18172	10617,3	16502,4	30622	34823,2	12138,9	32973,4	34321,2	48414,8	370956	1071884
900	0,86076	0,15746	10531,3	11579,2	25457,9	28559,5	4836,43	25916,5	28150,5	44059	374481	1100168
910	0,87522	0,141	11049,4	9325,23	22680,4	24957,7	685,184	21663,6	24973,7	43075,7	378876	1114830
920	0,88838	0,12587	12088,5	8265,53	20818,8	22317,9	-2110,86	18343,1	23059,3	44188,6	384765	1123140
930	0,90395	0,10749	14034,1	8056,45	19322,4	19922,8	-4143,19	15066,1	21926,2	47955,9	394023	1126797
940	0,93008	0,07573	18377,1	9056,61	17731,1	16910,5	-5641,96	10494,5	21617,5	57852,7	412926	1124011
950	1,01753	-0,0328	35278,1	15065,1	14242,8	8943,02	-6456,28	-2808,55	23949,6	98657,3	483442	1095592

Рисунок 3 – Результат тестування моделі

При навчанні та тестуванні моделі згідно структури метала при різній температурі нагріву, однакового часу витримки та умов охолодження зразків, з'ясовано, що значущою частиною сигнатури є сьомий інтервал x7 (від 150 до 175 за шкалою яскравості пікселів) для кожної гістограми зображення. Вербальний опис моделі надано наступним чином:

Поля базы данных (исходные симптомы):

X7

Поля базы данных (конечные синдромы):

T

FER

PER

Предобработка входных полей БД для подачи сети:

$$X7=(X7-222622,5)/207934,5$$

Функциональные преобразователи:

$$\text{Сигмоида1}(A)=A/(0,1+|A|)$$

Синдромы 1-го уровня:

$$\text{Синдром1}_1=\text{Сигмоида1}(-X7-0,831145)$$

$$\text{Синдром1}_2=\text{Сигмоида1}(0,7083917*X7-0,5290561)$$

$$\text{Синдром1}_3=\text{Сигмоида1}(-0,09805416*X7-0,09031732)$$

$$\text{Синдром1}_4=\text{Сигмоида1}(-X7-0,3281852)$$

Конечные синдромы:

$$T=0,6477412*\text{Синдром1}_1-$$

$$0,02727493*\text{Синдром1}_2+\text{Синдром1}_3+0,1108914*\text{Синдром1}_4+0,3907149$$

$$\text{FER}=0,5981711*\text{Синдром1}_1-0,5452155*\text{Синдром1}_2-$$

$$0,6364346*\text{Синдром1}_3+0,3679996*\text{Синдром1}_4-0,1366974$$

$$\text{PER}=-$$

$$0,5966432*\text{Синдром1}_1+0,5446907*\text{Синдром1}_2+0,6324409*\text{Синдром1}_3-$$

$$0,3680992*\text{Синдром1}_4+0,13597$$

Постобработка конечных синдромов:

$$T=((T*140)+1760)/2$$

$$\text{FER}=(\text{FER}*0,950000029057264)+0,990000028163195/2$$

$$\text{PER}=(\text{PER}*0,950000019744039)+1,01000001840293/2$$

Вирішення зворотної задачі щодо можливості визначати структуру (ферит і перліт) від значень інтервалу x7 сигнатури зображень мікрошліфів дозволяє отримати експертну оцінку попередньої термічної обробки зразків (рис.4)

x7	T	FER	PER
50000	909,4111	0,835553	0,164439
100000	865,4633	0,663983	0,335815
150000	847,694	0,563227	0,43672
200000	832,7935	0,416751	0,583354
250000	825,8956	0,39329	0,606913
300000	820,945	0,37191	0,628358
350000	816,8165	0,314148	0,686131
400000	812,1242	0,081478	0,918633
450000	809,1649	0,013327	0,986764
500000	806,9477	-0,00701	1,007125
550000	805,1197	-0,01543	1,015566
600000	803,5642	-0,01925	1,019409
650000	802,2171	-0,02091	1,021097
700000	801,036	-0,02145	1,021659
750000	799,9907	-0,02137	1,021596
800000	799,058	-0,02093	1,021176
850000	798,2203	-0,02029	1,020551
900000	797,4636	-0,01953	1,019809
950000	796,7764	-0,01871	1,019006
1000000	796,1494	-0,01787	1,018177

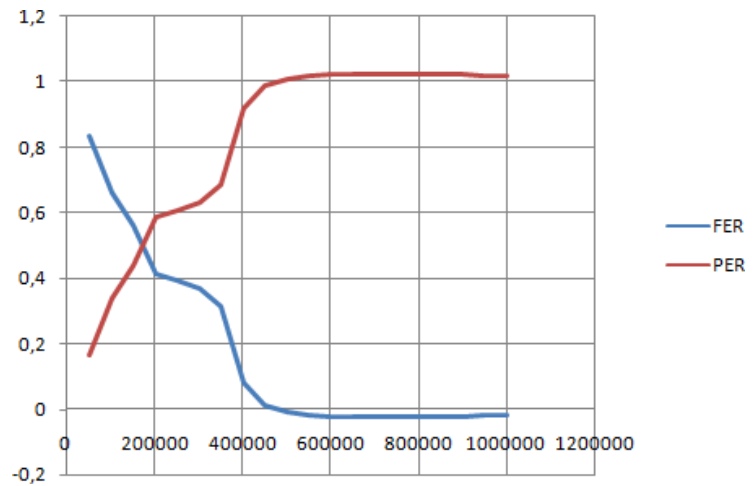


Рисунок 4 – Оцінка раніше виконаної термічної обробки зразків по складу фериту та перліту у залежності відзначень параметра зображення x7

### ВИСНОВКИ

Підтверджено, що сигнатури пікселів зображень дозволяє встановлювати зв'язок з попередніми технологічними перетворюваннями. Це дозволяє виконувати експертизу технології, за якою проведено обробку зразків, або прискорити отримання даних металографічних досліджень та пришвидшити аналіз матеріалу на склад структур. Таким чином, результати, що наведені в роботі, підтверджують тезис про значну інформативність частотних спектрів діагностичних сигналів будь-якої природи. Тому, результати матимуть подальше впровадження в контролюючих системах зі зворотними зв'язками.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 100072 Україна МПК G01B 7/02 (2006.01). Спосіб безконтактного контролю розмірів деталей. Ковалевський С.В., Тулупова К.В. ДДМА. 2015.
2. Пат. 100097 Україна МПК (2015.01) G01M 13/00, G01N 29/14 (2006.01). Спосіб контролю розмірівдеталі за допомогою сигналу резонансних коливань. Ковалевський С.В., Нагієва А.І., Ковалевська О.С. ДДМА. 2015.
3. Ковалевський С.В., Гитис В.Б., Мишура Е.В., Мишура В.Б. Нейросетевые технологии в технологической подготовке производства: монография. Краматорск: ДГМА. 2010. 144 с.



**Ковалевський С.В., Сідюк Д., М., Пелипенко О.О.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПОЛІЧАСТОТНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ВИРОБІВ

*Вирішувалося завдання експериментального обґрунтування вібраційної обробки корпусних деталей складної конфігурації з метою зниження пікових значень залишкових напружень. Такі напруги зазвичай виникають в результаті впливу температурних чинників в технологічних процесах отримання заготовок, зокрема - в зварних корпусних конструкціях. Але як показує практика виробництва, корпуси часто виходять бракованими після термічної обробки. Спосіб зменшення залишкових напружень вібрацією притаманні певні недоліки, до числа яких можна віднести залежність ефективності способу від матеріалу і форми деталі.*

*The problem of experimental substantiation of vibration processing of body parts of complex configuration in order to reduce the peak values of residual stresses was solved. Such stresses usually occur as a result of the influence of temperature factors in the technological processes of obtaining blanks, in particular - in welded hull structures. But as production practice shows, housings often turn out defective after heat treatment. The method of reducing residual stresses by vibration has certain disadvantages, which include the dependence of the efficiency of the method on the material and shape of the part.*

При аналізі фізико-механічних властивостей матеріалів показано, що найбільшою інформативністю володіють їх фундаментальні властивості. До таких властивостей відноситься пружність [1]. Будь-який матеріальний об'єкт можна розглядати в деякому межі як пружну систему, якій властиві цілком певні види власних коливань з цілком певними періодами [2,3]. Реальні деформуються тіла володіють нескінченним числом ступенів свободи, відповідних всіляким деформується станів (згинальна, зсувними, крутильним і ін.), Тому також нескінченно число форм і частот їх власних коливань. В рамках певного типу коливань, крім основної, нижчої резонансної частоти, завжди можна виділити нескінченне число вищих гармонійних коливань. Однак практичне значення має обмежене число форм коливань з нижчої резонансною частотою.

Наближене рішення задачі про власні коливання круглих пластин було дано в минулому столітті [3]. Чисельними методами за допомогою ЕОМ [5] були отримані точні значення коефіцієнтів пропорційності, які пов'язують лінійною залежністю частоту власних коливань круглої пластини зі швидкістю поширення поздовжніх пружних хвиль.

Модуль пружності є математичний опис здатності об'єктів або речовин пружно деформуватися при додатку до них сили. Модуль пружності (модуль Юнга) характеризує опір матеріалу розтягуванню / стиску при пружною деформації, або властивість об'єкта деформуватися уздовж осі при впливі сили уздовж цієї осі і визначається як відношення напруження до подовження.

Широко відомі акустичні пристрої [4,6,7] для визначення модуля пружності, засновані на вимірі резонансної частоти коливань зразків в результаті впливу на зразок акустичних хвиль з послідовною зміною їх частот. Зразок встановлюють між двома п'єзоелементами (датчиком і приймачем) і плавно підвищують частоту генератора акустичних хвиль до тих пір, поки не буде досягнута резонансна частота, відповідна власним коливанням зразка [4,7]. Сигнал від приймача спостерігають на осцилографі і по максимуму цього сигналу визначають резонансну частоту. Отримані результати аналізуються на основі уявлень про фізичну природу впливу складу сплавів і їх структури на модуль пружності. Однак в такому пристрої використовується ручна плавна регулювання частоти коливань, приблизне визначення максимуму по екрану осцилографа, ручна обробка результатів експерименту і значні витрати часу на проведення експерименту в цілому.

Відомо також пристрій для вимірювання характеристик пружності матеріалів за допомогою акустичного впливу шляхом вимірювання резонансних частот досліджуваних зразків, заснований на забезпеченні настройки на резонансну частоту по максимуму

амплітуди зміною тільки фази коливань [6]. Це дозволяє спростити спосіб, але не виключає також ручного налаштування на резонансну частоту і потрібні додаткові технічні засоби, такі як система зворотного зв'язку і фазообертач.

Розроблені на сьогоднішній день прилади та методики, засновані на механічному контакті, дозволяють здійснювати вимірювання модуля Юнга в досить вузькому діапазоні абсолютних значень [8]. Це пов'язано як з конструктивними особливостями стандартних зондів, так і з відносною м'якістю матеріалів наконечників. У той же час для об'єктів, у яких висока жорсткість є основним показником якості, вимірювання за допомогою наявних приладів неможливо. Проблема визначення модуля Юнга особливо гостро стоїть при дослідженні багатофазних структур, коли виникає необхідність вимірювання пружного модуля окремих складових, що відрізняється від значення, одержуваного при макроскопічних вимірах. В роботі [8] запропонований метод вимірювання пружного модуля Юнга за допомогою скануючого зондового мікроскопа «Наноскан». Метод дозволяє вимірювати модуль Юнга на масштабі кількох сот нанометрів для широкого діапазону об'єктів, включаючи надтверді матеріали. Метод заснований на вимірюванні залежності частоти коливань зонда, що знаходиться в контакті з поверхнею, від впровадження вістря голки в поверхню при навантаженні.

Всі існуючі методи визначення пружних властивостей матеріалів можна поділити на статичні і динамічні [9]. Статичні методи засновані на експериментальному визначенні залежності між навантаженням і деформацією зразка, наприклад шляхом розтягування на розривної машині. Також існують методи визначення пружних властивостей, засновані на наноіндентування. Динамічні методи можна поділити на трансмісійно-хвильові і резонансні. Трансмісійно-хвильові методи засновані на вимірі швидкості поширення пружних хвиль в зразку, яка є функцією пружних властивостей і щільності матеріалу, а в загальному випадку також частоти хвилі (дисперсія) і геометричних параметрів зразка (геометрична дисперсія). Розрізняють імпульсні резонансні методи і резонансні методи з безперервним збудженням. Резонансні імпульсні методи засновані на збудженні коливань зразка за допомогою короткочасного (імпульсного) впливу, що має широкосмуговий амплітудно-частотний спектр, і реєстрації відгуку зразка. Обчислення спектру відгуку зразка дозволяє ідентифікувати резонансні частоти його коливань. Ці частоти залежать від геометричних розмірів і форми зразка, граничних умов, а також щільності і пружних властивостей матеріалу. Як правило, використовуються граничні умови, близькі до вільних, і в зв'язку з цим оптимальними є безконтактне збудження і реєстрація коливань, що дозволяють виключити вплив збудника і приймача на коливання зразка. Резонансні методи з безперервним збудженням засновані на збудженні коливань зразка за допомогою безперервного впливу з плавно змінною частотою і реєстрації розподілу амплітуди коливань по поверхні зразка.

На основі цих міркувань вирішувалося завдання експериментального обґрунтування вібраційного обробки корпусних деталей складної конфігурації з метою зниження пікових значень залишкових напружень. Такі напруги зазвичай виникають в результаті впливу температурних чинників в технологічних процесах отримання заготовок, зокрема - в зварних корпусних конструкціях. Але як показує практика виробництва, корпуси часто виходять бракованими після термічної обробки. Спосіб зменшення залишкових напружень вібрацією притаманні певні недоліки, до числа яких можна віднести залежність ефективності способу від матеріалу і форми деталі. Наприклад, вібрація не впливає на величину залишкових напружень деяких алюмінієвих сплавів. Найкращі результати виходять на сталях з високим або низьким вмістом вуглецю, а також на нержавіючих сталях. Недоліки, пов'язані з процесом вібростабілізаційною обробкою є матеріал та складність зварної конструкції деталі. Для складних деталей іноді доцільно застосовувати декілька точок вібраційного впливу. Деякі промислові установки нездатні проводити вібростабілізаційну обробку у зв'язку з обмеженістю діапазону частотних впливів коли деталь, яка підлягає обробці має значно вищі показники резонансних частот у порівнянні з тим, що може видати



генератор установки. Результатом вібростабілізаційного методу впливу є функція величин змінних напружень, створюваних вібрацією, та характеристик пружнопластичних властивостей металу при циклічних навантаженнях при знаходженні та проведенні впливу на резонансних частотах складно профільного навантаженого стану деталі [10].

Експериментальні дані показників власних резонансних частот окремих частин експериментального зразка зварного корпусу, отриманих від встановлених на них датчиків на основі п'єзоелементів, показали, що на 30-35 хв. відбувається зниження напружень 1го роду, а на 70 - 85 хв. відбуваються зниження залишкових напружень 2го і 3го роду, що характеризується стабілізацією всередині тіла зразка, а саме рух всередині зернове та кристалічної решітки (рис.1).

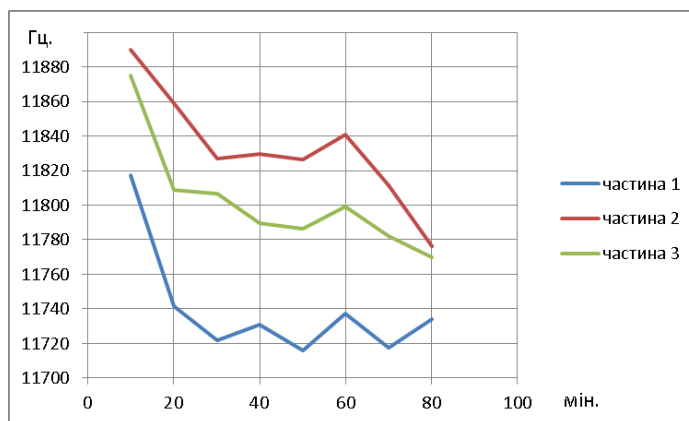


Рисунок 1 – Зразок експериментальних даних зменшення резонансних частот 3-х частин зварного корпусу при полічастотної вібраційної обробці

Таким чином, підвищення ефективності технології вібростабілізуючої обробки зварних конструкцій відбувається при використанні полічастотних режимів динамічного навантаження, що дозволяє істотно поліпшити її технологічні та економічні показники.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Черняева Т.П., Грицина В.М., Михайлов Е.А., Остапов А.В. Корреляция между упругостью и другими свойствами циркония. Научно-техн. комп. "Ядерный топливный цикл". ННЦ Харьковский физ.-тех. институт, Харьков, ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. 2009. №4-2. с. 206-217.
2. Клюев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов изделий. М.: Машиностроение, 1986. 488 с.

**Kovalevskyy S., Kovalevska O., Marusic V.** (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod J. J. Strossmayer University of Osijek, Croatia*)

## **NEURAL NETWORKS TO OPTIMIZE THE PRODUCT LIFECYCLE FOR ENERGY CRITERION**

*В статье представлены технологические принципы операций обработки деталей с позиций жизненного цикла. Предлагается интегральный критерий оптимальности, предусматривающий энергетическую составляющую жизненного цикла. Показано, что нейронные сети являются хорошим инструментом исследования различных режимов и условий функционирования продукции.*

*The paper presents the technological principles of machining operations from the perspective of the life cycle. It is proposed integrated optimality criterion, providing the energy component of the life cycle. It is shown that neural networks are a good tool for the study of different modes and conditions of operation of the product.*

At the present stage of industrial production, development its level is largely determined by the extent of the integrated technologies use. They show the interpenetrating baffles for ideas and their realization steel. These barriers are between design and technological departments, between the procuring and machine-assembly structures, of sales finished products units. Integrated Technologies (IT) provide (and solve) the combination (or maximum convergence) in time and space of development, stages design and new models, steps manufacture products, parts, a significant reduction of time (named Rapid Prototyping – RP).

Including of each product life, you should pay attention primarily to the properties of the working surfaces of machine parts [1-2].

Reducing of the process steps number to achieve the required product quality and efficiency of their release is implemented using combined processes and operations and their optimization.

Since these properties are formed by operations with different levels of energy consumption, the development of new methods of forming working surfaces of machine parts is of particular importance [3].

Obviously minimizing energy costs should be considered developing the process in the first place.

Reducing work surface of deterioration during the life in order to maintain the dimension chains within the specified tolerance, creation of additional provision machine components of operational reliability require the improvement of energy influence methods on these surfaces. Thus the basic paradigm of machines technology: manufacture of parts with required quantity and quality over specific interval, is necessary to provide not only with the greatest economic efficiency, but also within the rational energy consumption.

The purpose of this article is to create technological processes and their most critical parts, to create work surfaces at which the specified parameters of the product life will be provided (PL).

Reducing of energy conversion steps for the formation of quality work surfaces, in our opinion, should be a cardinal principle of technology manufacture of machine parts.

The products life (PL) includes a number of stages, from the idea of a new product origin to its disposal at the end of use. These are the stages of marketing research, design, technological preparation of production (TPP), the actual production, after-sales service and maintenance of products, recycling . At all stages of the product there are life cycle own target settings. The participants of the life cycle try to achieve their goals with maximum efficiency. During the design, manufacture and TPP it's necessary to fulfill the requirements for product performance of a given degree of reliability of the product and minimize time and costs [4-6].

Product life consists of the life cycles of components, each of which has a significant impact on the product life. Let's consider the product life component of operational technology (PLCOT), which in its turn is effects of by the technological system (machine, tool, device, detail). However,

the technological system has its life, as the totality of life cycles of its constituents, namely, the life cycle of the machine tool, device life, details life. Since each component is a product and simultaneously is an integral component in the of manufactured products life. Each component has its influence, operating in its own plane and brings its error in the product life [7].

Each error ( $X_1, X_2, X_3, \dots X_n$ ) has a direction vector and in configured process has the form of a normal distribution law of Gauss, so the sum of the errors affecting the overall product life can not be found as, the algebraic sum of the errors.  $X_n$  error generates n factor involved in the product life. The total error of product life can be found as the vector sum of the error factors.

Integration is – the objective regularity, which leads to increased stability of the process and reduce costs. By affecting a particular factor all product life's can affect cycle, which in turn requires leaving the quantified uncertainties [8-11].

Reducing the number of factors components reducing the duration and the number of operations can achieve optimal functional process , improve the performance of the product life and reduce costs for the manufacture of products.

From the position of an integrated technological process, integrated life (welding, spraying, etc.) the choice of treatment regimens be made concerning further operation of the product. Costs of production are not always primary, let's consider the multi- process (Eq. 2).

$$\left[ \Phi = \kappa_1 \left( \frac{1}{C} \right) + \kappa_2 (\Pi) + \kappa_3 (\Delta H) + \kappa_4 (P) + \dots + \kappa_n (Y_n) \right]$$

where  $\Phi$  – the overall efficiency;  $\kappa_1 \left( \frac{1}{C} \right)$  – component of the efficiency cost;  $\kappa_2 (\Pi)$  – component of efficiency performance;  $\kappa_3 (\Delta H)$  – component of the Operational Safety efficiency;  $\kappa_4 (P)$  – component of the efficiency on the market attractiveness;  $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4 \dots \kappa_n$  – weighting coefficient having an inverse relationship;  $Y_n$  – factors into account effectiveness of the technology;  $n$  – rational number of factors.

In the process of chemical-thermal treatment, solid-burning phenomenon serves as a driving force for diffusing atoms in the surface layer of detail. SHS combustion is accompanied by a large release of energy (heat 1500 ... 6000°C), so the combustion wave generates free atoms, which, under the influence of high temperature, diffuse between the grains of metal-thermal diffusion.

Another driving force, and also a tool for initiating of combustion SVS layer deposited on the surface of the detail is a corona discharge .

The main peculiarity of this discharge is that by ionization process the electron does not occur throughout the length of the gap , but only a small part near the electrode with a small radius of curvature (the so-called corona electrode ) .

Using coatings of SHS powder combined with corona discharge:

1. Manage the process of combustion propagation.
2. A uniform diffusion of atoms in chemical and thermal treatment .
3. Creating special conditions for the atom diffusion implementation atoms in the SHS reaction.

4. Obtaining regular surface structure.

5. Processing of parts with curved surfaces .

Under initiation of SHS powder combustion based on copper, deposited on the part surface there are chemical processes, emitting a large amount of heat about 850 kJ (2000 ... 3000 °C) consequently there are structural transformation of the SHS powder, components as well as ions accelerate, wich randomly move in the combustion wave.

Corona discharge has an avalanche distribution pattern of electrons (directional flow of particles). Corona discharge allows to organize and direct the flow of particles due to a potential

difference, thereby increases the concentration of the diffusing particles and has a directional vector [12].

Because of the small thickness of the layer solid-combustion wave does not have a self-oscillatory nature due to the great heat losses in detail surface. A significant part of the energy from the SHS reaction goes to heating the surface layer of detail. The temperature gradient and wave propagation of solid-fining combustion spreads from the point of initiation layer, part of the temperature is used to heat adjacent layers of SAF part is spent on environment and the main heat removal is directed to the in the surface layer heating [13].

Thus corona discharge has two functions:

1. Initiation and maintenance of solid- burning process.
2. Creating a directional flow of particles in the detail surface to increase the intensity of diffusion.

Combining all factors (driving forces of diffusing atoms) in to the complex operation will all on saturate more effectively and efficiently work surface with atoms the pursuit of goals: strengthening, increase of durability, improve corrosion resistance.

Chemical heat treatment on the basis of SHS processes and corona discharge includes the following main interrelated steps:

1. Formation of active atoms saturating environment and their diffusion to the surface treated metal []. Formation of active atoms in saturating environment occurs due to SHS reaction coating. Introduction of a large amount of energy ( $t, ^\circ\text{C}$ ) stimulates the atoms to diffuse into the surface. Diffusion, which the main driving force – temperature promotes, intergranular atoms saturation;

2. Adsorption of active atoms inside the metal.

Field of high frequency (HF) produces skin effect on the workpiece surface, which promotes the adsorption of free atoms, as well as the temperature gradient promotes adsorption;

3. Diffusion – movement inside of adsorbent atoms. The potential difference between the electrode (+) and the workpiece (-), contributes to the displacement of adsorbed saturated atoms deep into the surface layer of the detail, as the corona discharge ionizing particle structure of the movement from the «+» to «-».

To activate the surface layer of detail with the aim of improving the activity of the diffusion, the process to the surface of plastic deformation is applied (SPD), namely smoothing.

Present of a large number of dislocations and other defects in the grain and blocks boundaries increases the amount of free energy, which contributes to the diffusion admixture, vacancies and displacement atoms [14, 15].

## CONCLUSIONS

The item life is affected by many factors. Under configured technological process the combination of these factors, namely the set of the factory's life will correspond to Weibull-Gnedenko law. To achieve the efficient and quality process it is important to minimize the number of the life component.

As a way to achieve a rational technology, improving productivity, product quality and minimizing the energy cost is possible to use integrated operations and processes.

To obtain the desired hardness and wear resistance of working surfaces in machine parts method chemical and thermal hardening based on SHS reactions and corona discharge was used.

The method allows to saturate the surface of the component by ions of other metals, increase microhardness and increase durability.

## REFERENCES

1. Робочі процеси високих технологій в машинобудуванні: Навч. Посібник / За редакцією А. І. Грабченка. – Харків, ХДПУ, 1999р. – 436 с. Рос. мовою. ISBN 966-593-108-3
2. Investigation with the application of neural networks ability surface processing working parts machine on wednesday corona discharge / S. Kovalevskyu, I. Starodubcev, S. Sokur // 12th International conference "Research and Development in Mechanical Industry." – RaDMI 2012, 13-17 September. – Vrnjcka Banja, Serbia, 2012. – Vol. 1. – P. 235-241.
3. Experimental studies of effects on the working surfaces of machine parts using the effect of corona discharge / S. Kovalevskyu, I. Starodubcev // International conference "Research and Development in Mechanical Industry. – RaDMI 2012. – Sokobanja, 2012. – P.
4. Extremely small vibration as a means of increasing the efficiency machining / S. V. Kovalevskyu, P. Dašić, O. S. Kovalevska, I. N. Starodubcev // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – № 2 (27). – С.
5. Neural network analysis of natural frequencies spectrum of products for the diagnosis of their parameters / S. Kovalevskyu, I. Starodubcev // 12th International conference "Research and Development in Mechanical Industry." – RaDMI 2012, 13-17 September. – Vrnjcka Banja, Serbia, 2012. – Vol. 1. – P. 230-234
6. Size control products using spectrum of natural vibrations and neural networks machining / S. V. Kovalevskyu, P Dašić, I. N. Starodubcev, O. S. Kovalevska // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – № 2 (27). – С.
7. Ковалевський С.В.,Лукічов А.В., Матвієнко С.А., Аналіз стану проблеми реновації деталей автомобілів технологічними методами. ВІСНИК ЖДТУ. № 3 (62). 2012. С. 74-78.
8. С.В. Ковалевский Специальні методи обробки робочих поверхонь деталей у важкому машинобудуванні (нейросетевий аналіз): монографія / Ковалевський С. В. [і ін.] – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 218 с

**Kovalevskyy S., Kovalevska O., Dasic P.,** (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac, Serbia*)

## NEURAL NETWORK CONTROL FOR SYSTEMS WITH PARALLEL KINEMATICS

*Представлен анализ особенностей управления точностью обработки на станках с параллельной кинематикой с числовым программным управлением. Показана возможность применения сетей Хопфилда для математической модели компенсации погрешности технологической системы. Рассмотрены подходы к проектированию нейронных чипов для управляющих систем.*

*The analysis of management features precision machining with parallel kinematics with CNC. The possibility of using Hopfield networks for the mathematical model error compensation technology system. The approaches to the design of neural chips for control systems.*

Presently for tooling of difficult surfaces of details of machines technological equipment is used with a successive kinematics. However, in connection with mushroom growth of modern engineer, requiring treatment with high exactness, for one position, it is expedient to apply machine-tools possessing a hard enough spatial form with the use of parallel kinematics chains. Small number of connections on the way of shorting of forces in machine-tools with a parallel kinematics, results in less deformations and more high-fidelity of motion. In addition, such machine-tools possess enhance able reliability, possibility to manipulate the large loading. However, for providing of exactness of treatment it is however necessary to manage coordinates on that treatment is produced. Straight to manage errors, it is necessary to compensate revolting influences. This task decides by application of reverse communication network, principle of work based that on the row of successive actions:

- 1) Indignation;
- 2) Rejection;
- 3) Sensor of feed-back;
- 4) Reaction of sensor;
- 5) Signal on working off;
- 6) Working of the system.

Apparently, such system with a counter coupling allows reacting on changes in the system, however will manage to liquidate consequences indignations that can happen in the system. On it all the expenses of time, plenty enough of the stages, will be required. Therefore banal principle of feed-back today does not allow attaining the required exactness. Stops in process such expensive equipment are un impossible [1, 2, 3].

In an order to conduct treatment of all surfaces of purveyance from one setting to the machine-tool with a parallel kinematics and besides to get sufficient exactness, it is necessary to forecast events in the system.

In the process of planning of trajectories of motion on the first plan problems go out related to treatment of beyond measure plenty of the states of the possible moving of device. Certain calculations must be executed in every state, for verification of being admission in it models. Thus, the methods of smoothing out of way splines or insufficient amount of calculations can result in problems with the errors of treatment during realization of trajectories on the separate areas of way.

In an order to forecast and foresee a future event in the system ticker-coil, it is recommended to apply a neural network that will react on rejections and guess future behavior on the basis of past experience, past working off after 10, 20 seconds, 1 minute etc. Depend on the capacity of memory in the computer system. Therefore, the neural network plugged in a feed-back will be able to give out a signal about working off yet then, when the consequences of indignation did not yet let know about itself, i.e. they can happen at the simultaneous working off a model, a necessary correction is produced as a result.

Adaptive feed-backs on the basis of neural networks can be built to the different degree of complication for example, neural network on the basis of microprocessor. It is a labor intensive enough process, although, at the construction of compact small network with the least number of calculable processes, it is possible to attain positive effect. For creation of neural network with the least amount of processes it is necessary to choose the less number of neurons, i.e. architecture of network must be minimized. The network of Hopfield, that are a matrix mathematical construction by means of that there is possibility of accumulation of experience in a form, corresponds this limitation. Such network can be built in the system, and it will perform the correcting calculable duty. Thus, it is a neuron calculable construction on the basis of ordinary computers with architecture Background of Neiman that works on the basis of matrix transformations.

The second way is the use of neuron chip, being an element base of perspective neuron calculator along with digital alarm processors (DAP). The use, both those and other, allows today to realize neuron calculators functioning real-time. On the type of logic of them it is possible to divide into digital, analog and hybrid. On the type of realization of neuron algorithm: with fully a vehicle realization and with programmatic vehicle realization (when neuron algorithm is kept in ROM). By the nature realization of nonlinear transformations: on neuron chip with the hard structure of neurons (hard warily realized) and neuron chip with the influenced structure of neurons. On possibilities of construction of neural network: neuron chips with a hard and variable neural structure (neuron chips in that the topology of neural network is realized hardly or flexibly).

Processor matrices (systole processors) are chips, usually near to the ordinary RISC processors and uniting in the composition some number of processor elements, all other logic, as a rule, must be realized on the base of peripheral charts.

In a separate class distinguish the so-called neuron alarm processors a kernel of that is a model alarm processor, and the additional logic realized on a crystal provides implementation of neural network operations (for example, additional vector processor etc.).

Development of neuron chips conducted in many countries of the world. For today distinguish two datum lines of development of the computer systems with mass parallelism: with the modified successive algorithms characteristic for uniprocessor algorithms of Fon Neiman on the basis of fundamentally new super parallel neuron algorithms of decision of different tasks (on the base of neuron mathematics).

Neuron chip a characterized a bit, maximal amount of synapses, maximal number of layers.

Now there are about 15 types of neuron chip, with built-in and external memory, working on different frequencies, by the different amount of conclusions and different form, measuring microcircuits.

For the estimation of the productivity of neuron calculators next indexes are used:

- CUPS (connections update per second) is a number of the changed values of scales in a second (estimates speed of educating).

- CPS (connections per second) is a number of connections (increases with an accumulation) in a second (estimates the productivity).

- CPSPW = CPS/Nw, where Nw is a number of synapses in a neuron.

- CPPS is a number of connections of primitives in a second, CPPS=CPS\*Bw\*Bs, where Bw, Bs is a bit of scales and synapses.

- MMAC - millions of increases with an accumulation in a second.

Thus, neuron chips behave to the new type of unconventional computers, unconventional comptrollers etc. With the use of neuron chip a machine-tool with a parallel kinematics will purchase necessary properties, that any other machine-tool will not have, processing a center on the basis of the well-known operating systems, for example Sinumeric of and other

For a decision the set problem it is necessary to build a model on the basis of neuron chip. We will conduct the analysis of the well-known systems of programming of neuron chip. At plugging of neuron chip in ports of computer, programing them on the calculation of coefficients of neurons and applying prognostication on the short interval of time, it is possible to get the fast-acting of the system, exceeding in hundreds of one times. Thus, exactness of working off will be

higher. For prognostication of temporal row it is possible to use classic approach, consisting in application of method of windows, that supposes the use of two windows of  $W_i$  and  $W_o$  with the fixed sizes  $n$  and  $m$  accordingly. These windows are able to move with some step on the temporal sequence of historical data, since the first element, and intended for access to data of temporal row, thus the first window of  $W_i$ , getting such data, passes them on the entrance of neural network, and second -  $W_o$  - on an exit. Turning out on every step pair of  $W_i \rightarrow W_o$  is used as an element of teaching selection (recognizable character, or supervision). The method of windows uses one-step and multistep prognostication. Multistep prognostication allows doing short- and medium-term prognoses, as substantial influence on exactness has an accumulation of error on every step of prognostication. At application of long-term multistep prognostication there is the characteristic for many forecasting systems gradual fading of process, phase changes and other distortions of picture of prognosis. Such type of prognostication befits for stationary temporal rows with a small casual constituent. Prognostication with teaching allows at the large intervals of passing removing fading of прогностических properties of network due to permanent adjustment of gravimetric coefficients of synapse connections.

On included of network mode of functioning the last realization of teaching great number of  $x(t_n - 2)$  enters,  $x(t_n - 1)$ ,  $x(t_n)$ . The forecast value of exit of  $x^*(t_{n+1})$  is put aside in the vector of the forecast output values and as reliable added to the real values of teaching great number. A teaching great number increases on one temporal window. There is a process of teaching of network on a megascopic teaching great number during that the new gravimetric coefficients of  $k$  of synapse connections and polynomials of transmission functions of neurons are determined. An algorithm of multistep prognostication with teaching of network for the traditional networks of direct distribution with the iterative educating is practically impracticable through large dwells necessary on retuning of coefficients of network. Thus, building a neuron model on the basis of teaching selection it is possible to forecast behavior of the system in future moment of time. However, if to take into account that length of row cannot be endless, then it is needed to use an idea about the structure of temporal row. Here, important, a value acquires the concept of fractals. A fractal is a structure, consisting of parts that in some sense are similar to unit. At the use of detains more than 10 structure of temporal row is violated, thus an optimal amount (it separate research of authors is sanctified to) is equal to 7. Using this method is possible and for prognostication of exactness, wears of instrument, temperature deformations. And applying the method of windows and neuron chips, possibility to create a reverse communication network for a management by exactness of positioning of machine-tool with a parallel kinematics appears. Thus, the increase of exactness can be even programed in the cycle of work of machine-tool with a parallel kinematics. It is possible to break up the problems of exactness on passage-ways, and if so that it can hammer in distribution of припусков to providing of high exactness ticker-coil with a neuron chip management so that on this machine-tool it is possible to process the purveyance not robbed with maximal exactness. Having a hard machine-tool with this system, it is possible to decrease the economic loading on mechanical part of machine-tool and conduct preliminary and final treatment of purveyance on one machine-tool, that especially topically for a machine-tool with a parallel kinematics.

#### REFERENCES

- [1] Kirsanov Je.Ju. *Cifrovye nejrokomп'jutery: Arhitektura i shemotehnika / Pod red. A.I.Galushkina. - Kazan': Kazanskiy Gos. U-t. 1995. 131 s.*
- [2] Galushkin A.I. *Nekotorye istoricheskie aspekty razvitiya jelementnoj bazy vychislitel'nyh sistem s massovym parallelizmom (80- i 90- gody) // Nejrokomп'juter, №1. 2000. - S.68-82*
- [3] Vlasov A.I. *Nejrosetevaja realizacija mikroprocessornyh sistem aktivnoj akusto- i vibrozashhity // Nejrokomп'jutery: razrabotka i primenenie, №1, 2000. S.40-44.*



**Kovalevskyy S., Kovalevska O.** (*Donbass State Engineering Academy, Ukraine*)

## ACOUSTIC CONTROL IN MECHANICS

*This paper aims at finding effective directions of perfection of non-destructive control for details of rotation bodies. Investigational influence of acoustic vibrations is on the exposure of defects. The developed methodology of experimental researches and conducted experimental researches are for the exposure of defects by means of gain-frequency characteristic of non-destructive method of control. The developed mathematical models for determining gain-frequency characteristic in order to find deviations from the set indexes of details.*

*Робота спрямована на пошук ефективних напрямків вдосконалення неруйнівного контролю деталей обертових тіл. Досліджуваний вплив акустичних коливань здійснюється на виявлення дефектів. Розроблена методологія експериментальних досліджень та проведених експериментальних досліджень призначена для виявлення дефектів за допомогою коефіцієнта підсилення, що характеризується неруйнівним методом контролю. Розроблені математичні моделі для визначення коефіцієнта підсилення частоти з метою пошуку відхилень від заданих показників деталей.*

The scale of production allowed to inspect and reject defective products. With the development of industrial production, products became more complex; the number of its features is constantly growing. There was a question of not checking individual product properties, but its functional capacity as a whole. A quality control system began to form, the essence of which was to identify the defective product and its withdrawal from the manufacturing process. Quality control is to verify the conformity of its quality requirements.

Improving the quality of industrial products, increasing reliability and durability of equipment and products may be provided to improve the production and implementation of quality management system, which is defined as "a set of descriptions of objects that relate to its ability to meet conventional or predictable necessity."

Quality control is to verify compliance with quality indicators to established requirements.

Treasure, the absence of unacceptable defects, compliance with the physical and mechanical properties and structure of the base material and coverage; accordance of geometrical sizes and cleanness of surface treatment to the necessary norms and others widespread use of non-destructive methods of control, samples that do not require cutting or destruction of finished products, allows to avoid large losses of time and material costs, to provide partial or full automation of control operations, while significantly improving the quality and reliability .

Today, none of the technological process of responsible products is not embedded in the industry without a corresponding system of non-destructive testing. Relevance is directly related to the integrated control of the parameters of the surfaces of machine parts, design and implementation of advanced non-destructive testing method and the possibility of establishing a control system.

The aim of the work is to develop an advanced non-destructive method of control through the use of amplitude-frequency characteristics which can provide the necessary quality of the surfaces of machine parts. Scientific novelty: new principles of upgrading of surfaces of machines details are offered 1. A new method for controlling the rotation of bodies is developed. It is a non-destructive method of control using the amplitude-frequency characteristics of the parts.

Integrated control system using several methods can be based on the 100th of the total control of production by each method or based on sampling one or the other (if all) the method of control. Sometimes, additional control is carried out only in areas where the main method does not provide the specified requirements, or is intended to enhance the information content.

Control of forgings, if billets do not have allowance for "dead" zone of ultrasonic flaw detector, also uses a combination of acoustic and surface flaw detection methods.

In particularly important cases to improve the reliability of defect detection for various types, weld examination is conducted by the methods of the radiation x-raying and acoustic. Control of founding, as a rule, is executed by the method of the radiation x-raying, and an acoustic method is used to determine the location of the detected defects. Control of fungal screws provides

a combination of acoustic methods to surface techniques such as capillary, magnetic and eddy-current.

Eddy current techniques and periscope review (visual-optical inspection method) or periscope review and acoustic control are used to control the internal surfaces.

The literature review presented in the first section of the work specifies the needs to improve the non-destructive method of control using gain-frequency characteristic. The formed problem influences on the quality of machine-building products and that is why requires a management. The necessity of finding solutions is also relevant because the control methods used today are resource-demanding, especially energy-intensive and time consuming.

Due to the fact that in a market economy, one of the conditions for maintaining the competitiveness of products is the use of resource-saving production processes, one of the promising directions is the application of non-destructive method of control based on the gain-frequency characteristic and creation of a new control system of simultaneously various detail parameters (quantitative and qualitative).

A large amount of data was received after the survey, and for its classification and further processing was introduced the concept of integral index for this purpose the whole range of frequencies (0-5500 Hertz) was divided on 11 frequency intervals in every 500 Hertz. Certain frequency filter is responsible for each frequency interval (Figure 22).

For the experiment were used samples with a diameter of 45 mm and a width of 10 mm from the material of steel 45.

Our experimental studies are based on the assumption that the increase in quality control by comparing the gain-frequency characteristics of the standard parts to the gain-frequency characteristics of batch parts.

The mean values of experimental data were used as an output for the construction of a mathematical model.

According to the results of the experiment with the software NeuroPro 0.25 was constructed a mathematical model based on neural network modeling, where the input symptoms were integral factors of frequency filters and the final syndromes were the value of diameters, widths of parts.

A single-layer network was built with an initial number of neurons 11, which declined after simplifying the network.

On the basis of obtained data using neural network modeling has been developed a new method of non-destructive method of control using the gain-frequency characteristics, which makes it possible to create control systems that, relying on a verbal description of the two mathematical models of integrated data processing performance of diameters and widths, can monitor the process control parameters details.

For this purpose it is necessary to use the value of frequency filters (x4, x5, x9, x11). By applying a sound signal in the ranges (2000-2500, 2500-3000, 4000-4500, 5000-5500 Hz) the corresponding frequency filter controls integral indicators and as a result we obtain the exact value of the controlled parameter (diameter, width).

The advantages of this control system is the fact that it makes it possible to control not only the quantitative parameters (the length, diameter), but the qualitative (roughness, hardness, presence of internal defects), it is only necessary to introduce additional frequency filters that are configured to control a specific parameter.

If it is necessary the control system can be readjusted. After processing of data the system gives a conclusion about a defective or non-defective detail that can be accompanied by a signal.

Thus, we have come to the point that it is necessary to continue more profound and careful research of the checking system to show more clearly the advantages and compelling need to use this system in production.

Due to introduction of new non-destructive method of control of machine parts after treatment it is attained:

- it is an exclusion of energy consumption compared with other types of control components (using batteries). Electricity costs are weighty in the manufacture of large parts;

- it is the possibility of obtaining control of quantitative and qualitative indicators by improving the method of nondestructive monitoring using amplitude-frequency characteristic;
- it is the possibility of mechanization of the operation control (Figure 3);
- it is the reduction of labour intensity and time of operation control in comparison with a convenient method of control;
- it is reduction of costs, increasing productivity and improving working conditions due to the mechanization of work in the enterprise.

Implementation of the new control system will reduce the cost of production and current capital of enterprises through reduction of manufacturing cycle time of parts, but will also improve the organization of production at the plant, since the introduction of a new monitoring system will eliminate the delay for manual control of parts.

Thus, in this section of the study were discussed issues of improving the method of nondestructive control surfaces of machines and the proposed new system for monitoring the quantity and quality parts. We can do the following conclusions:

1. Quite a lot of attention to the issue of non-destructive methods of control surfaces of machine parts was revealed in the analysis of the literature on this subject. Questions relating to the new integrated methods of control of machine parts are considered only in scientific articles, abstracts of theses. The issue of control systems is not completely considered, and those control systems that will monitor simultaneously a number of parameters are not considered in general.

2. A method of making a research was developed, which allows the use of nondestructive method of control based on the amplitude-frequency characteristics.

3. On the basis of data obtained using neural network modeling, a new method of nondestructive monitoring using amplitude-frequency characteristic, which makes it possible to create control systems that, relying on a verbal description of the two mathematical models of integrated data processing performance of diameters and widths, can monitor the process control of the parameters of details.

#### REFERENCES

1. Aleshin, N.P., Shcherbinsky, V., 1991, Radiation, ultramagnitnaya flaw detection hardware. - M.: High. Wk., p. 271, ISBN 5-06-000923-8.
2. Aleshin, N., P., 2006, Physical methods of nondestructive testing of welded joints, Textbooks / N. Aleshin. - Moscow: Mashinostroenie, 367, Ill.
3. Mordasov, D., M., Mordasov, M., M., 2009, Jet-acoustic effects in the methods of nondestructive testing of materials. - FIZMATLIT.
4. \*\*\*\*Devices for control of defects by nondestructive methods of machine parts on the web page: <http://ultracon-service.com.ua/uds2-73descr.shtml>
5. Klyuev V., 2005, Non-destructive testing, Russia. Ref. / In .. Klyuyev, F., C2 .. Rumyantsev et al., Ed. In .. Klyuev .- M. Mashinostroenie, ISBN 5-217-03300-2.
6. Dašić, P., 2000, Analysis choice of regression equations of the roughness of processed surface for turning by means of ceramic cutting tools. In: Synopsis of International Tribology Conference ITC - Nagasaki 2000, 29. October - 2. November, University of Nagasaki, 2000, pp. x1.
7. Dašić, P., 1999, The Probability Prognosis of Extreme Quantities of Cutting Tools, Journal of the Technical University Plovdiv "Technical Sciences", Plovdiv, Bulgaria, Technical University Plovdiv, Vol. 1, Tom I (Papers from the 5th International Conference on Advanced Mechanical Engineering & Technology - AMTECH'99, p. 274, Plovdiv, Bulgaria, 23-25 June 1999), pp. 274.

**Kovalevskyy S., Kovalevska O., Dasic P.,** (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac, Serbia*)

## VIBRATION-PULSE MACHINING

*The purpose of this section is to develop a method of processing the vibration amplitude in the nanometer range with the use of surfactants, which can provide a high dimensional accuracy, required increase in the microhardness of the working surfaces of machine parts and reduce energy costs.*

*Метою даної роботи є розробка методу обробки амплітуди вібрації в нанометровому діапазоні із застосуванням ПАВ, що може забезпечити високу точність розмірів, необхідне збільшення мікротвердості робочих поверхонь деталей машин та зменшення енергетичних витрат.*

The use of coatings with surfactants (SAS) in combination with nano-vibrations at machining is very promising direction that reveals wide control possibilities of physical and mechanical properties of contacting surfaces forming cutting efficiency by providing high accuracy and reducing costs.

The operational reliability of machines is determined primarily by the quality of the state of the working surfaces of parts formed at the finish of the operations process (stress-strain state of the surface layer, the process to remain in suspense, the speaker load, the physical - mechanical properties of the material, macro - and micro-geometry, geometric accuracy).

The considered literature indicates that the term "vibration technology" has appeared relatively recently, in the 60s, as a result of processes that use vibratory influence. This notion appeared among professionals who work in the field of technological use of low-frequency oscillation spectrum. It discourages processes based on the use of vibrations, which affect the processing of an object, both directly or (more often) on the finishing media and tools of different characteristics. [1, 2].

From earlier described achievements of scientists and engineers in researches of oscillation cutting methods and application of SAS it is possible to draw conclusion in the sphere of engineer, that they had worked in the main direction - improving the quality of the surface layer of machine parts, improving the process of machining by cutting, but were not considered the vibration in the nanometer amplitude of vibrations. Vibration cutting and the use of surfactants remain in the areas of advanced engineering, the possibilities and scope of which haven't been fully found out yet. Therefore, in this work these two methods were pointed to improve the physical and mechanical properties of the surface layer and the hardness of parts that are of relevance and urgent problem for production and operation of such products. [3-5].

Review of literature points to the need to address the strengthening of the working surfaces of machine parts and machining process improvement. Formed problem affects the quality of engineering products, and therefore requires a process control. The necessity of finding solutions is also relevant because the methods used today are demanding machining, first of all, energy-intensive and time consuming. Due to the fact that in a market economy, one of the conditions for maintaining the competitiveness of products is the use of resource-saving production processes, one of the promising directions is the application of vibration to the manometric high-frequency oscillations in the mode in conjunction with the application of coatings of surfactants to increase the micro hardness of the surfaces of parts machinery, energy conservation, improve the quality and accuracy of machine parts [6-8].

Experimental studies are based on the assumption that the increase in micro hardness of the detail after the vibration cutting with application to the surface of the sample and the influence of surface-active substances during vibration cutting. The object of researches is the technological system of treatment on the lathe-screw-cutting machine-tools of details oscillation cutting with amplitude with application of active substances.

In this paper the study is the process of improving the accuracy of obtaining the size, reducing energy costs, improving surfaces and micro-hardness.

It also describes all the equipment that was used in the survey, developed plan of the experiment and for studying the machine parts after processing by vibration cutting.

Worked out model of initial indexes of quality and power consumption of shape-generating surface that shows by itself the group of constrained links.

On the basis of this model, formed by means of network modeling have been received and built graphic arts of size dependences that affect the quality and accuracy of the machined surface.

Analyzing the graphic dependences, we can conclude that the use of vibration cutting method actually leads to an increase in the microhardness of parts, reduces the cutting forces and improves surface quality, and post it to the method of surface-active substances gives even better results.

From the constructed relationships, we see that the greatest influence on the samples obtained by cutting all modes at a current frequency of 5000 Hz or near this value.

The graphical dependence shows that the greatest influence on the micro hardness has a current frequency and flow, at a frequency of 4-5 kHz and maximum values of micro hardness were obtained with the minimum filing. If we compare these methods, the use of surfactants produced the greatest results.

The constructed dependency shows that the greatest influence on surface roughness has a feed, cutting speed and frequency, at the current frequency 3.5 - 4.5 kHz, the maximum cutting speed and feed rates at the lowest (0,1-0 , 2 mm / a) were obtained the best results of roughness, but it is significantly affected by the use of surfactants.

The graphical dependences show that the greatest impact on reducing the cutting force has a maximum supply current frequency, and then it would be at the highest vibrations of the cutting edge. The effect increases with the use of surfactants.

If we analyze, the experiment gave a good performance to reduce roughness, increase in micro hardness, which has a significant effect on the wear resistance. Force in the cutting goes down too, and this makes it possible to talk about saving energy costs for processing as a whole cutting power decreases. Processing was carried out with the use of surfactants and without the use of surfactants, the analysis shows that the use of surfactants in the individual modes gives very good performance in all the studied parameters.

The constructed dependency shows that the greatest influence on surface roughness has a feed, cutting speed and frequency, at the current frequency 3.5 - 4.5 kHz, the maximum cutting speed and feed rates at the lowest (0,1-0 , 2 mm / a) were obtained the best results of roughness, but it is significantly affected by the use of surfactants.

The graphical dependences show that the greatest impact on reducing the cutting force has a maximum supply current frequency, and then it would be at the highest vibrations of the cutting edge. The effect increases with the use of surfactants.

If we analyze, the experiment gave a good performance to reduce roughness, increase in micro hardness, which has a significant effect on the wear resistance. Force in the cutting goes down too, and this makes it possible to talk about saving energy costs for processing as a whole cutting power decreases. Processing was carried out with the use of surfactants and without the use of surfactants, the analysis shows that the use of surfactants in the individual modes gives very good performance in all the studied parameters.

When we compare with the process of machining without vibration and the use of surfactants, this method gives very good performance, but also an important factor as grinding chips during cutting (Fig. 5). The figure shows that the elemental chips were obtained, and not drain so it does not damage the part and does not preclude the process of cutting.

Analyzing the vibration cutting method with nanometer amplitude using SAS provides an exemption on the basis of finishing operations to reduce costs and obtain quality indicators, such as in the finishing operations, but economically more advantageous.

Cost effectiveness, when implementing new technology and the operation of a new method of machining - cutting vibration using surfactants is due to:

- it is a reduction in complexity (due to the replacement of grinding operation details into the operation of cutting vibration using SAS), and, consequently, reducing workers' wages;
- savings on the part of that change, the overhead (due to accounting overhead cost percentage, and transportation costs, because there is no need to transport parts to the operation of grinding);
- savings on energy costs (because the processing of the work piece surface by vibration cutting with surface-active substances requires less charges, and machining process lasts less in comparison with the process of grinding);
- it is an economy of charges on an instrument, because this method allows to increase the period of instrument firmness through diminishing the cutting power.

The new technique of experimental studies was developed and experimental studies were conducted to determine the effect of vibration cutting techniques and surface-active agents on the micro hardness, power, and surface roughness of machine parts.

As a result of the conducted researches an important scientific and technical task was passed and it includes the transition to the processing technology of machine parts using vibratory cutting with nanovibrations with the use of surfactants. Performed theoretical analysis of studies conducted in the field of vibration cutting techniques and surface-active substances showed that the direction of the vibration amplitude of the cutting with a nanometer is relevant, promising way;

The process of metal vibration cutting from surfactants showed very good results, namely: reducing the cutting forces by 20% decrease in the roughness 35% increase of the micro hardness of 1.5 times. The conditions of change in microhardness, power, surface roughness of machine parts according to the resulting vibrational frequencies for processing were investigated. If the current frequency of 4-5 kHz and the minimum feed rates have the maximum effect;

The effect of vibration treatment and surface-active agents on the physico-mechanical properties of the metal were investigated. The process of metal vibration cutting showed very good results, namely: reducing the cutting forces, reducing roughness, improving the surface layer of machine parts. The changes of micro hardness, roughness of machine details were investigated after application of vibration cutting and under influence of superficially - active substances.

The mathematical model for determining the change in surface hardness of machine parts under the influence of vibration cutting and surface-active substances were developed. On the basis of experimental studies graphical analysis of measurements was performed.

## REFERENCES

1. Kumabe D., per.s yap.S.L.Maslennikova., Vibrating cutting / Red. Portnov, I., Belova V.V.-M.: Machinery, 1985.- 423 with.: Ill.-Bibliogr.Bibliogr.: p.417
2. Poduraev V.N., Machining with vibratsiyami.-M. Mashinostroenie, 1970.-350 with.: Ill.-Bibliography.: p.345-348.
3. Babichev, AP Fundamentals of Vibration Technology / AP Babichev. - Rostov-on-Don: Izdat. DGTU Center, 1999. - 621 with. : Ill. - ISBN 5789000436
4. Pletnev, M., *Surface-active agents and compositions. Reference.*, © Company Clavel. ., 2002 **ISBN: 5-901100-13-1**.
5. K. Holmberg, B. Yensson, B. Kronberg, B. Lindman., *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution.*, Bean. Laboratory of Knowledge, 528 pages, **ISBN 978-5-94774-363-0, 0-471-49883-1**; 2007.
6. Lange K.P. *Surface active agents: synthesis, properties, analysis, application, under the scientific.* Ed. LP Zaichenko. - St. Petersburg.: Profession, 2004. - 240 p., ill **ISBN: 5-93913-068-2**.
7. Petropoulos, G.; Dašić, P. & Vaxevanidis, N.M.: Research of processed surface roughness in field of metalworking. Plenary and Invitation paper. In: Proceedings of the 10th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2010", Volume 1, Donji Milanovac, Serbia, 16-19. September 2010. Edited by Predrag Dašić. Vrnjačka Banja: SaTCIP Ltd., 2010, pp. 1-10. **ISBN 978-86-6075-017-6** (for Proceedings Volume 1 in hard copy) and **ISBN 978-86-6075-016-9** (for Proceedings in electronic form on CD-ROM).
8. Dašić, P. & Đorđević, A.: Analysis of different functions of cutting tools failure distribution at the processing on the deep boring. Journal of the Balkan Tribological Association, Vol. 9, No. 3 (2003), pp. 370-380. **ISSN 1310-4772**.

**Kosheva L.V. .** (*Donbass State Engineering Academy, Ukraine*)

## **PEDAGOGICAL PARADIGM PHYSICAL EDUCATION IN MODERN CONDITIONS**

*On the basis of a systematic analysis of the features of formation of physical education student in a student-centered approach to teaching technology, the article outlines the main content of the modern paradigm of physical education in the context of the learning process in higher education.*

*На основі систематичного аналізу особливостей формування фізичного виховання студента в орієнтованому на студента підході до технологій викладання викладено основний зміст сучасної парадигми фізичного виховання в контексті навчального процесу у вищій школі.*

Formed in society and in education situation, the processes of education, essentially actualize the problem of identity formation in the process of continuing education by means of physical education. In connection with the solution of the system of continuing education on democratization, humanization, differentiation and individualization, moving the focus from external "formal" characteristics of personality development (education, physical development and physical fitness, and so on. P.) On his inner world (system life values, moral positions) acquires special relevance need to develop effective approaches to the formation of personality in the process of continuing education by means of physical education on the basis of new educational technologies forming their active position aimed at creative self-expression and self-identity.

The traditional model of education in physical education, aimed at transferring the necessary professional knowledge and skills, loses its prospects. There is a need for diversification of physical education, shaping it in close relationship with the whole range of means and methods of interaction of the individual with the environment, including the processes of identity formation as a result of studies at university.

The task of modern education in the field of physical education lies in helping people to fulfill themselves in a particular activity, create your own look and image, including physical education and physical culture of the body of the individual, to develop creative, spiritual, intellectual and psycho-physical abilities.

The reforms taking place in the country radically changed social order for content professionals. Physical education in higher education needs in the new comments.

Based on the theoretical and methodological analysis suggests that the integration of physical training and physical education as a means to achieve it during training in technical universities is a process of collectively valued guidance professionals as an integral part of their ability to meet corporate culture company-employer. Of course, this is based on the fact that physical education is associated with activities aimed at improving the physical man, and with the combination of intellectual, social, psychological and motor components of the system needs, abilities, activities based on the development of physical qualities, the forms of its organization.

Needs, motives and interests of students to the values of physical training and the systematic exercise is a psychological mechanism of transformation of social values of physical culture in their personal values. But these personal values will be subject to a system of influence in the process of training students.

Personal physical education - is part of cultural identity, based on the specific content of which is student rational use of one or more types of physical activity as a factor in optimizing their physical and spiritual condition. Personal physical training of the same authors understand the intellectual and spiritual aspects of the individual (knowledge, abilities, skills, interests and values guidance in the field of physical culture). This release doing individual component (regular, voluntary physical exercise, hygiene and procedures harden). However, this division is arbitrary and manifestly unfit to identify physical culture as the basis of intellectual and spiritual culture, which, obviously, have the right to exist in terms of value potential formation specialist.

Parenting personal physical training - educational process is aimed at organizing and conducting perceived positively motivated students exercise classes, hygienic and zahartovuválnymy procedures for formation of their active interest in physical education. During an active interest in physical culture refers to the interest in self-organized and physical training. Formation interest plays a crucial role in the education of personal physical culture in students.

The need to exercise called objective understanding of their significance, defined social ideals, public opinion and personal values such classes. Physical education is the foundation for academic, extracurricular and independent of physical activity of students.

New ideas and goals, and evaluation criteria for the development of physical culture improving orientation, new motivation of health require investment material, financial and intellectual means to this objective difficult process.

We have to admit that transients in education is not substantially affected person to intensive training changes in society, independent decision-making vital, development of new ideas and appropriate forms of practice. Because of this, many of the processes of political, economic and socio-psychological reconstruction of society taking place in our time, raised the problem of not only converting various aspects of human life, but also the transformation of the man - his mind and outlook, its relation to many phenomena of social life.

Physical education can be the most powerful tool for psychobiological human nature. As the foundation of intellectual, cultural and spiritual levels, physical culture defines special treatment for her totalitarian state systems - is well illustrated by the previous historical stage of development of our society. General government job - a common approach to personal qualities - common system of physical education, based on common forms and means of pragmatic purposes only.

The peculiarity of the previous period identified in society passive attitude to physical culture as a phenomenon of culture and the emergence of a number of negative consequences, such as:

- Decreased interest in exercise, especially in traditional forms, which took into account the needs, motivations and values of the person in transforming their own physical nature;
- Lack of readiness to move to human forms of organization of amateur physical culture activities, actively and purposefully to solve problems of cultural transformation own physical nature, strengthening its health and increase longevity creative;
- Inconsistency level of competence of teachers and trainers of physical culture current requirements, which manifests itself in the lack of professional readiness to learn new content and forms of exercise, new modern technology, requiring substantial ownership individualized systems, means, methods and forms of their organization;
- Physical and moral aging sports grounds and stadiums across functional unwillingness to organize their personnel and cultivate innovative types of physical activity, introduce a way of life for new forms of sports activities recently receiving more and more widespread in the international community.

Physical education was practically isolated from the active attitude of the individual to his physical nature, full of opportunities to acquire and continue its use value and motivational content.

Today it is necessary to give priority to facilitate the development of new strategies, tactics scientific development of physical culture personality.

Of course, consideration of physical culture from the standpoint of personal values necessarily requires an assessment by activity and productive aspects of personality. Because personality - is a complex socio-psychological formation, consisting of many interconnected and interpenetrating moments and factors it must meet a number of requirements due professional orientation:

- Compliance with the social order of the state;
- Professional and physical fitness;
- The desire of the individual to the study of cognitive and didactic processes;
- The ability to analytical thinking and teaching, and be critical, independent, flexible, active, fast, observant and creative thinking;



- The existence of such qualities as dedication, perseverance, self-discipline, the ability to braking tolerance.

Physical education affects the personality triad "goal - motivation - interest" or in whole (for identity in all its diversity and consistency, that influence "from above" simultaneously on all components of the triad), or element by element (impact on triad "from below" through setting new goals, motives, interests). For the teaching practice the most important is to determine the tools, methods and techniques of motivation in training students to educate them personality by means of physical culture. But we are confident that this mutual influence, ie the creation of conditions for physical education and educational technology will affect the motivational-value components of personality. Therefore, it is necessary to develop significantly adapted to the requirements of the new Law "On education" (2014) set of methods and techniques of education motivation to exercise, for whom should include:

- 1) activities and their components;
- 2) the means, methods, instructional techniques training, education and development of motor skills;
- 3) component content of lessons, classes;
- 4) structural elements lesson activities and educational process as a whole;
- 5) organizational and managerial factors;
- 6) organizational forms (rational organization) training, education and development of motor skills;
- 7) effectiveness, efficiency tools, methods and techniques of training, education and development of motor skills, as well as ways of increasing effectiveness and efficiency;
- 8) means clarity and material equipment physical education;
- 9) the means of propaganda and agitation Physical Culture.

With these components of educational activities can bring personal physical education students only if this will be brought up intrinsic motivation and interest in the material and spiritual values of physical culture, systematic exercise and sports.

## MODELING OF BIOGAS PRODUCTION

*Waste management in Serbia is based on landfilling. Each location where municipal waste is disposed represents a bioreactor that generates the gases and leachate. Landfill gas which is essentially methane (50-55%) and CO<sub>2</sub> (40-45%) as gases of the green house, have great environmental impact which can be reduced by using landfill gas in co-generation plants. This paper presents the existing municipal waste management and defined quantities and composition of municipal waste at „Kulagica Ada“ landfill in Kraljevo. Based on the measurements the amount and composition of landfill gas on 10 biotowers, a satisfactory percentage of methane was established of 56% and thus the possibility for its use in cogeneration engines. By implementing the software package „Ukraine LFG mod. v1“ in Excel environment we received hourly biogas production of 205 m<sup>3</sup>/h as well as recommendations for selection appropriate type and power of gas cogeneration engines.*

*Поводження з відходами в Сербії базується на звалищі. Кожне місце, де утилізуються побутові відходи, являє собою біореактор, який утворює гази та фільтрати. Зливний газ, який, по суті, є метаном (50-55%) та CO<sub>2</sub> (40-45%) як гази теплиці, має великий екологічний вплив, який може зменшити за рахунок використання звалищного газу на когенераційних установках. Цей документ представляє існуюче поводження з побутовими відходами та визначені кількості та склад комунальних відходів на полігоні „Kulagica Ada“ у м. Кралево. На основі вимірювань кількості та складу сміттевого газу на 10 біоторнах було встановлено задовільний відсоток метану в 56% і, отже, можливість його використання в когенераційних двигунах. Впроваджуючи пакет програм „Україна LFG мод. v1“ в середовищі Excel ми отримали погодинне виробництво біогазу 205 м<sup>3</sup> / год, а також рекомендації щодо вибору відповідного типу та потужності газових когенераційних двигунів.*

Waste as an inevitable product of everyday activities of the human population can have a negative impact on the environment, sustainable development and human health. Depending on the degree of institutional arrangement in developed EU countries, different models of municipal waste management have been developed. selection and recycling, incineration or anaerobic digestion while in underdeveloped countries the management of municipal waste is still based on its disposal. Different regions within the European Union and even within one country or the same local government can differ significantly in terms of production and treatment of municipal waste [10, 16]. In Europe, landfilling is still present to a significant extent, especially in underdeveloped countries and countries. under development. It is estimated that in the countries of Central and Eastern Europe, by 1995, 83.7% of the generated waste was disposed of in landfills [4]. Also, according to Eurostat data [2] for 2012, the EU disposed of 33% of municipal waste, about 23% of waste was treated in incinerators, 27% was recycled, 15% was composite and about 2% was treated with other technologies [2]. Among European countries, waste disposal is lowest in the Netherlands, Germany and Austria where less than 3% of waste is disposed of in landfills without its primary and secondary treatment [17-18]. After landfilling, its decomposition begins, which leads to the production of landfill biogas. Landfill gas (LFG) is a mixture of CH<sub>4</sub> (50-55%) and CO<sub>2</sub> (40-45%). More than a hundred other compounds can be found in it, but only in small traces [7]. CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> are greenhouse gases and therefore have a negative impact on the environment [7, 18]. In addition, CH<sub>4</sub> has 25 times the global warming potential compared to CO<sub>2</sub> [12]. Therefore, the main attention is paid to the generation of CH<sub>4</sub> and its subsequent disposal. The average CH<sub>4</sub> emission into the atmosphere is estimated at about 34 million tons per year [11]. It has also been found that CH<sub>4</sub> emissions from municipal waste landfills contribute to the total global CH<sub>4</sub> emission of 3-19% [8]. The share of landfill CH<sub>4</sub> in the total greenhouse gas emissions is 50%, and the remaining half comes from other emissions of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> in municipal waters and CO<sub>2</sub> generated during the incineration process [9]. Negative impact of LFG on the environment it can be reduced through its collection, adequate processing and further use as a fuel to drive the cogeneration of gas plants. In this way, waste can be used to achieve economic gains through the sale of energy produced. This method of using LFG as a renewable energy source is usually subsidized, which is the case in Serbia as well. However, despite the defined subsidies [1], the fact

is that the majority of waste management in Serbia is based on landfill [13] and that the morphological composition of waste, with more than 60% biodegradable content, is responsible for CH<sub>4</sub> production because there are still no plants for the use of LFG in Serbia.

Landfill gas is formed by the decomposition of organic substances under the action of microorganisms under anaerobic conditions. Overpressure is created in the center of the landfill, so the landfill gas passes into the environment and expands through gas probes - biethorns into receiving receivers. Methane is a flammable gas, which forms an explosive mixture when present in a concentration between 5 and 15 percent of the air volume. Obtaining biogas from municipal landfills can cover the complete energy needs of waste treatment plants, heating and local electricity production and thus can optimize plant costs and drastically reduce the negative impact of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> on the environment. The landfill gas thus collected has an energy value which makes it a potential fuel in cogeneration plants and simultaneous production of electricity and heat at municipal waste landfills. In order to determine the potential amounts of methane CH<sub>4</sub> generated at the landfill "Kulagića Ada" in the conditions of anaerobic digestion, production modeling was approached using a receptive software tool. In order to achieve that, it was necessary to check the presence of biogas on injected biethorns and to measure the amount and composition of biogas using a gas analysis device "GE-M2000 plus" manufactured by Geotechnical Instruments from England. Several different software tools have been developed to model landfill gas production at landfills. The most commonly used in our country are the LandGEM model (Landfill Gas Emission Model) [6], the IPCC model [5] and the Ukrain model [3]. For us, considering the character and position of the Kulagić Ada landfill, the Ukrainian model was chosen as the most favorable, which, in addition to other parameters, also includes the country's climatic factors. To calculate the energy potential of the landfill gas, the specialized software "Ukraine LFG Model v1" was developed and used in this paper, which was developed in the "Microsoft EXEL" environment. for the selection of gas cogeneration engines. Previously, it is necessary to measure the production and composition of landfill gas on available biethorns. The Ukrainian model was developed by the US Environmental Protection Agency (EPA). program "GMI - Global Methane Initiative". Regardless of the fact that the model was developed for the mentioned needs in Ukraine, it can be applied to other countries with similar climatic characteristics and waste management practices, which are reflected primarily in the characteristics of the landfill.

Waste disposal (disposal) of the city of Kraljevo is performed at the landfill at the location "Kulagića - Ada", which according to the GP is designated for communal purposes and is located northeast of the city next to the river West Morava (distance 150-200 m). At this location, the landfill was formed in 1971. The landfill is about 1.5 km away from the nearest residential zone, and 0.5 km from the industrial zone. The landfill is 2.5 km away from the city center. The landfill in Kraljevo at the location of "Kulagića Ada" was formed in a specific and unorganized way with an uneven surface for disposal, without a system for protection of groundwater and air. Garbage disposal was done without prior preparation of the terrain. Waste is brought to the landfill without any prior selection, and the remains of hospital waste, slaughterhouse waste, dead animal waste, mixed with other waste are visible, which can lead to the spread of infection of workers of JKP "Čistoća" and "collectors" of secondary raw materials, in addition to harmful impact on land, water and air. Waste was disposed of at the landfill in two ways: superficially in the area of the alluvium and in excavated cassettes - trenches on the terrace terrain. The body of the landfill is covered with appropriate inert materials and the technology of regular covering according to the sandwich system has been established. This way of disposing of garbage significantly affects the deterioration of quality and pollution of soil, water and air. About 36,000 tons of waste are brought to the landfill and disposed of annually. It is estimated that today's landfill area occupies an area of about 8 ha (according to GP Kraljeva 2010) and that the average height of the current landfill exceeds 15 m. In 2005, the Kirilo Savić Institute from Belgrade completed a project for the remediation and reclamation of landfills with a deadline of 2008. The project expired in 2008 and it needed to be urgently innovated as a rehabilitation and reclamation project. According to the remediation project from 2014, the remediation of the landfill is done in phases, so that the envisaged technology

includes shaping the already occupied area with waste on slopes in a way that would implement the stability of the existing terrain, installation of earth embankment at the foot of slopes and leveling of existing garbage. the height of the waste in order to achieve a zero state. Further works, after the establishment of a flat surface for disposal on the existing landfill include waste disposal in one layer 3.5 m high and closing the landfill with a layer of impermeable clay over which technical reclamation is performed (covering the surface with a final cover, ie a layer of humus or other fertile soil of 30 cm) and biological reclamation (planting of defined greenery) in order to merge the rehabilitated area with the environment ... According to the categorization of landfill sites in the Republic of Serbia, the existing landfill at the location "Kulagića Ada" in the alluvium of Zapadna Morava belongs to class K4 - an official landfill that does not meet even the minimum protection measures and as such needs to be rehabilitated and recultivated as soon as possible. At the landfill in Kraljevo, only the disposal of those types of waste that do not produce harmful effects on life is allowed. In accordance with the requirements of the National Waste Management Strategy, special waste streams such as motor oils, batteries, electronic waste, PCB oils of fluorescent tubes, cannot be disposed of in landfills. The installation of a weighbridge for measuring waste is in the final phase. In order to prevent fires and explosions, 39 vertical ventilation wells were installed in the body of the landfill. Each well covers a diameter of 30m and gas exits the landfill based on the difference in pressure in the landfill body and atmospheric pressure. The landfill has an active system for collecting and controlling landfill gas. 39 biothorns have been set up, 10 of which are accessible and the rest are buried. The composition and amount of landfill gas were measured on activated mandrels [14]. The aim of these measurements is to confirm the generation of landfill gas as well as to determine its composition in order to obtain confirmation of the possibility of using gas as a fuel for cogeneration engines.

Measurement of the composition and amount of landfill gas was performed using a gas analysis device "GE-M2000 plus" manufactured by Geotechnical Instruments from England, specializing in the production of apparatus for extraction and analysis of landfill gases. The device is designed for measuring the concentration of CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub> as well as for measuring the pressure and temperature of gases. The composition of the landfill gas was measured on all 10 biothorns at the Kulagić Ada landfill. The measurement results are shown in Table 1.

**Table 1.** Landfill gas measurement results

trn	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	bal.	CH <sub>4</sub>	pik	pik	min	bar	CO	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> CO <sub>2</sub>
	%	%	%	%	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	%
1	15.8	8.3	15	60.9	200	15.8	8.3	15.0	1002	0	0	low	1.90
2	56.9	41.3	0,2	0.0	200	67.9	41.3	0.2	1002	1	0	low	1.45
3	57.0	44.4	0,1	0.0	200	59.0	44.7	0.1	1002	1	0	low	1.28
4	57.5	44.1	0	0.0	200	58.1	44.2	0.0	1002	0	0	low	1.30
5	60.7	40.7	0	0.0	200	60.8	44.2	0.0	1002	0	0	low	1.49
6	59.4	41.5	0	0.0	200	60.6	41.8	0.0	1002	0	0	low	1.43
7	0.4	5.5	17	77.1	8	59.3	41.7	0.3	1003	0	0	low	0.07
8	0.1	2.0	19	78.0	2	2.3	6.8	14.8	1001	0	0	low	0.05
9	52.0	45.9	2,7	45.0	200	63.4	40.1	0.2	1002	1	0	low	1.70
10	57.7	39.7	0	0.0	200	67.1	42.7	0.15	1003	0	0	low	1.48

On some biothorns, the concentration of methane was very low because the ventilation pipes were probably broken. On other available biothorns, the concentration of methane is about 56%, which is satisfactory given that the minimum concentration of methane in landfill gas of 35% is required for economic viability. LFG Recovery, Waste composition, Output table, Output-Graph) for easier data entry and review of the obtained results. Within the worksheet Input, Fig. 1, data on the landfill are entered: name, location, year of establishment, capacity of the landfill, depth,

amount of annual disposed waste, annual percentage increase in waste, etc. These are the basic data needed to calculate the amount of landfill gas.





Ukraine Landfill Gas Model			 Release Date: September 2019 Developed by SCS Engineers for the U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program with local support from SEC Biomass	
PROJECTION OF LANDFILL GAS GENERATION AND RECOVERY			INSTRUCTIONS:	
INPUT WORKSHEET			Edit all items with yellow lettering following the instructions next to each item. Instructions below describe input requirements.	
1	Landfill name:	<ime deponije>	1. Enter landfill name. This will feed into the Output Table.	
2	City:	<krajjevo>	2. Enter city where the landfill is located. This will feed into the Output Table.	
3	Province:	Serbia 3	3. Select province from the dropdown menu. Click on arrow and select state region.	
4	Site-specific waste composition data?	No	4. Select <b>No</b> if there is no data, <b>Yes</b> if there is data. If <b>Yes</b> , input site specific data.	
5	Year opened:	1971	5. Enter year landfill began receiving waste.	
6	Annual disposal for latest year with data in tonnes per year (Mg/yr)	58,600 Mg	6. Enter the annual disposal rate for the most recent year with disposal records.	
7	Year of annual disposal estimate	2019	7. Enter the most recent year with disposal records. If no disposal records are available, enter the year of the annual disposal data.	
8	Waste in place estimate available in tonnes (Mg)?	Yes	8. Indicate whether data is available on metric tonnes of waste in place. If annual disposal data are available, enter figures for each year with data in the "Inputs" worksheet.	
9	Waste in place estimate for end of 2008 or most recent year:	2,096,400 Mg	9. Enter estimated amount of waste in place. Estimate should reflect the most recent measure for mass (Mg) or volume (m <sup>3</sup> ) will be automatically selected based on the unit.	
10	Estimated in-place waste density in Mg per m <sup>3</sup> (typical range: 0.5-1.0):	0.65 Mg/m <sup>3</sup>	10. Enter estimated in-place density. Estimate should be between 0.5 and 1.0 Mg/m <sup>3</sup> .	
11	If waste in place estimate is in volume (m <sup>3</sup> ), convert to Mg:	2,096,400 Mg	11. This value is calculated automatically (no user inputs)	
12	Year of waste in place estimate:	2014	12. Enter year for waste in place estimate listed above.	

Fig. 1. Landfill database worksheet

The Disposal & LFG Recovery worksheet Fig. 2 presents the amount of landfilled waste by year, from the year the landfill was established, to the desired year for which the amount of landfill gas is determined.

Ukraine Landfill Gas Model						 Release Date: September 2019 Developed by SCS Engineers for the U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program with local support from SEC Biomass	
DISPOSAL AND LFG RECOVERY WORKSHEET						INSTRUCTIONS:	
Year	Waste Disposal Estimates (Metric Tonnes)	Cumulative Metric Tonnes	Collection System Efficiency	Actual LFG Recovery (m <sup>3</sup> /hr at 50% CH <sub>4</sub> )	Projected LFG Recovery (m <sup>3</sup> /hr at 50% CH <sub>4</sub> )	Baseline LFG Recovery (m <sup>3</sup> /hr at 50% CH <sub>4</sub> )	Waste Disposal Estimates: Input annual waste disposal rates in Column B below only for years with data. Calculations based on estimates provided by user in "Inputs" worksheet.  Collection System Efficiency: Collection system efficiency is calculated based on user inputs. Enter into Column D below.  Actual LFG Recovery: If a collection system is installed, input into Column E below the average LFG flow in ZEROS.  Baseline LFG Recovery: Enter into Column F below the baseline LFG flows at 50% methane. See "Collection Efficiency Calculations" table below.
1970						0	
1971	37,600	74,800	0%			0	
1972	38,000	112,800	0%			0	
1973	38,400	151,200	0%			0	
1974	38,800	190,000	0%			0	
1975	39,200	229,200	0%			0	
1976	39,600	268,800	0%			0	
1977	40,000	308,800	0%			0	
1978	40,400	349,200	0%			0	
1979	40,800	390,000	0%			0	
1980	41,200	431,200	0%			0	
1981	41,600	472,800	0%			0	
1982	42,000	514,800	0%			0	
1983	42,400	557,200	0%			0	
1984	42,800	600,000	0%			0	
1985	43,200	643,200	0%			0	

Collection Efficiency Calculations		
Account for site management practices:	<b>85%</b>	Discount is 15% if site is or was not lined.
Account for waste depth:	<b>85%</b>	Progressive discount if <10 m deep.
Account for wellfield coverage of waste area:	<b>85%</b>	Coverage factor adjustment.
Account for soil cover type and extent:	<b>77%</b>	Final cover = 90%; intermediate cover = 77%.
Account for bottom liner:	<b>77%</b>	Discount is 5% x % area without liner.
Account for waste compaction:	<b>74%</b>	Discount is 3% if no compaction.
Account for focused tip area:	<b>70%</b>	Discount is 5% if no focused tip area.
Account for leachate:	<b>61%</b>	Discount is up to 30% depending on leachate treatment.

Fig. 2. Amount of landfilled waste at the landfill by years



The worksheet Waste composition Fig. 3 presents a table of morphological composition of waste. This worksheet is used to enter data on the composition of waste, and the percentages of individual types of waste are entered. Data on waste composition were obtained experimentally using a certain methodology [15]. After entering the values, we get data on the amount of landfill gas.



<b>Ukraine Landfill Gas Model</b>			
		Release Date: September 2019	
<b>Methane to Markets</b>		Developed by SCS Engineers for the U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program, with local support from SEC Biomass	
<b>SITE-SPECIFIC AND DEFAULT WASTE COMPOSITION TABLE FOR MODEL INPUTS</b>			
Waste Category	Enter Site Specific Data	UKRAINE	USA
Food Waste	37.6%	36.1%	13.4%
Paper and Cardboard	13.7%	14.3%	23.8%
Garden Waste (Green Waste)	10.2%	9.8%	4.8%
Wood Waste	1.9%	1.9%	10.1%
Rubber, Leather, Bones, Straw	0.4%	2.2%	2.8%
Textiles	5.3%	3.4%	4.4%
Other Organics	3.7%	0.4%	0.9%
Metals	1.3%	2.3%	6.3%
Construction and Demolition Waste	0.0%	3.6%	12.8%
Glass and Ceramics	5.4%	6.2%	5.4%
Plastics	12.4%	5.8%	12.7%
Other Inorganic Waste	8.2%	14.1%	2.7%
Percent very fast decay organic waste (1)	41.3%	36.5%	14.3%
Percent medium-fast decay organic waste (2)	10.2%	9.8%	4.8%
Percent medium-slow decay organic waste (3)	18.9%	17.7%	28.2%
Percent slow decay organic waste (4)	2.3%	4.1%	12.9%
Total Organic Waste	72.7%	68.1%	60.2%
Total Inorganic Waste	27.3%	31.9%	39.8%
Average very fast decay organic waste moisture (1)	70%	70%	

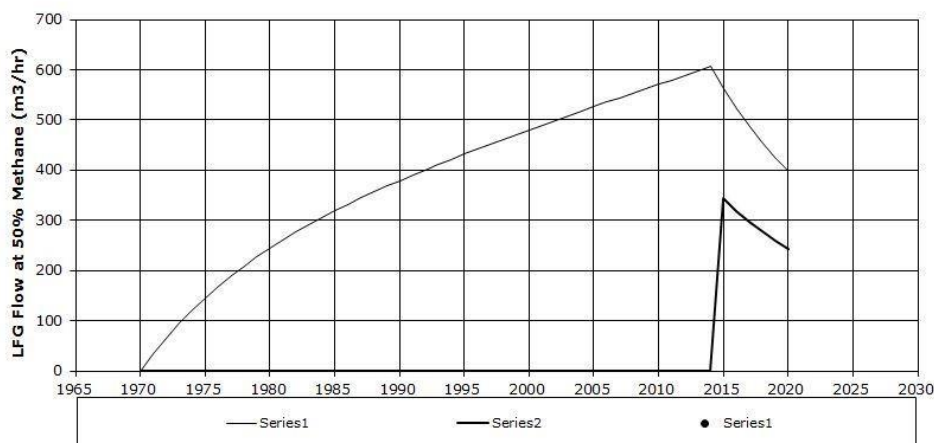
**Fig. 3.** Morphological composition of waste

The worksheets Output-Table Fig. 4 and Output-Graph Fig. 5 are worksheets with output data.

<b>Ukraine Landfill Gas Model</b>													
		Release Date: September 2019											
<b>Methane to Markets</b>		Developed by SCS Engineers for the U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program, with local support from SEC Biomass											
PROJECTION OF LANDFILL GAS GENERATION AND RECOVERY													
<Ime deponije>													
<kraljevo>, Kulagića Ada													
Year	Disposal (Mg/yr)	Refuse In-Place (Mg)	LFG Generation			Collection System Efficiency (%)	Predicted LFG Recovery			Maximum Power Plant Capacity* (MW)	Baseline LFG Flow (m3/hr)	Methane Emissions Reduction Estimates**	
			(m <sup>3</sup> /hr)	(cfm)	(MJ/hr)		(m <sup>3</sup> /hr)	(cfm)	(MJ/hr)			(tonnes CH <sub>4</sub> /yr)	(tonnes CO <sub>2</sub> eq/yr)
1970			0	0	0	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1971	37,600	74,800	34	20	648	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1972	38,000	112,800	66	39	1,240	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1973	38,400	151,200	95	56	1,784	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1974	38,800	190,000	121	71	2,284	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1975	39,200	229,200	145	86	2,745	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1976	39,600	268,800	168	99	3,174	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1977	40,000	308,800	189	111	3,572	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1978	40,400	349,200	209	123	3,944	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1979	40,800	390,000	227	134	4,293	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1980	41,200	431,200	245	144	4,621	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1981	41,600	472,800	261	154	4,931	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1982	42,000	514,800	277	163	5,224	0%	0	0	0	0.0	0	0	0
1983	42,400	557,200	292	172	5,502	0%	0	0	0	0.0	0	0	0

**Fig. 4.** Output data with the obtained results

### Landfill Gas Generation and Recovery Projection



**Fig. 5.** Landfill gas quantity diagram

As a result of this software analysis, it was found that the "Kulagić Ada" landfill in Kraljevo generates 240 m<sup>3</sup>/h of landfill gas. Based on the obtained results on landfill gas generation, the software recommendation is that for this amount of gas, an engine with power N=0.21 MW is required. In order to use gas more efficiently and cost-effectively, two models of lower power of 0.1 MW each have been proposed, namely MAN LCO 836 as shown in Table 2, with an analysis of the economic feasibility of Table 3.

**Table 2.** Proposal of gas engines for landfill gas utilization at the "Kulagića Ada" landfill

City	Gas production m <sup>3</sup> /h	Suggested machine	Consumption m <sup>3</sup> /h	Electrical power (kW)	Thermal power (kW)	Efficiency ( % )
Kraljevo	205	2G120 BG	50	120	178	85.7
		FMB-100-BSM	39	81	128	84.1

**Table 3.** Techno-economic analysis of economically feasible CHP plants

City	Investment in a machine €kW <sup>-1</sup>	Investment in collection and processing system (€)	Total investment	Maintenabce costs (€/year)	Annual electicity production energy (MWh/year)	Annual net profit (€/year)	Return period
Kraljevo	942	300022	500036	28468	1608	82645	6.00
	1074						

Waste management in Serbia is based on landfilling. The problem with landfills is present as a constant phenomenon, so the landfills in Kraljevo are far from environmentally friendly and regulated landfills. About 130 tons of solid municipal waste is disposed of daily at this landfill. In this research, a database on the potentials of the co-generation of the municipal landfill "Kulagića Ada" was created. Using specialized software Ukraine LFG Model v1, the potential amount of landfill gas at the landfill Kulagića Ada in the amount of 205 m<sup>3</sup>/h was obtained, and based on the amount of gas and energy potential, which amounts to 0.21 MW. The obtained results show that a cogeneration plant can be built on these landfills with a total electricity of nominal power of 0.25 MV and 0.306 MV of nominal heating power. Landfill gas can be used in internal combustion engines, which can be used to generate electricity and heat. As the amount of landfill gas changes over time, it is proposed to use 2 to 3 engines of lower power, in order to ensure the utilization of a

high percentage of available landfill gas and operational readiness of the plant at any time. per 100 kW. The amount of electricity that internal combustion engines can produce at this landfill is 105 kWh, while the amount of thermal energy they produce is 125 kWh. The construction of the proposed plant, in addition to economic benefits, would reduce the pressure on the environment. Combustion of LFG in this cogeneration plant would reduce CO<sub>2</sub> emissions equivalent to 81,000 tons per year. However, the implementation of projects for the use of waste for energy purposes, in addition to meeting the technical requirements, also faces socio-cultural problems. Therefore, future research will focus on finding solutions to these problems, as well as finding funding for projects of this kind.

## REFERENCES

1. *Decrete of iniciative measures for privileged power producers feed in tariffs*. Belgrade (Serbia): Official Gazette of RS, 2013.
2. Eurostat Data Centre on Waste (URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/database>). Accessed 01 September 2014.
3. Ganguli, S.; Stege, G.A. & Hall, C.: *User's manual Ukraine landfill gas model: Version 1.0*. Washington (District of Columbia – USA): Environmental Protection Agency (EPA), 2009. – 28 pp.
4. Giusti, L.: A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, Vol. 29, Issue 8 (August 2009), pp. 2227–2239. ISSN 0956-053X. doi: [10.1016/j.wasman.2009.03.028](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.028).
5. *Guidelines for municipal solid waste air emissions*. Washington (District of Columbia – USA): Environmental Protection Agency (EPA), 1991.
6. *Guidelines for national greenhousegas inventories-solid waste disposal*. Geneva (Switzerland): Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006.
7. Leme, M.M.V.; Rocha, M.H.; Lora, E.E.S.; Venturini, O.J.; Lopes, B.M. & Ferreira, C.H.: Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from municipal solid waste (MSW) in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 87 (June 2014), pp. 8–20. ISSN 0921-3449. doi: [10.1016/j.resconrec.2014.03.003](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.003).
8. Martin, S. & Fernandes, S.: *Management of biogas in landfills of municipal solid waste*. Oviedo (Spain): Government of the Principality of Asturias, 2000.
9. Netz, B.: *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. New York (New York – USA): Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
10. Purcell, M. & Magette, W.L.: Prediction of household and commercial BMW generation according to socio-economic and other factors for the Dublin region. *Waste Management*, Vol. 29, Issue 4 (April 2009), pp. 1237–1250. ISSN 0956-053X. doi: [10.1016/j.wasman.2008.10.011](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.10.011).
11. Rubio-Romero, J.C.; Arjona-Jiménez, R. & López-Arquillos, A.: Profitability analysis of biogas recovery in municipal solid waste landfills. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 55 (September 2013), pp. 84–91. ISSN 0959-6526. doi: [10.1016/j.jclepro.2012.12.024](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.024).
12. Singh, B.K.; Bardgett, R.D.; Smith, P. & Reay, D.S.: Microorganisms and climate change: Terrestrial feedbacks and mitigation options. *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 8 (2010), pp. 779–790. eISSN 1740-1534. doi: [10.1038/nrmicro2439](https://doi.org/10.1038/nrmicro2439).
13. Stanisavljević, N.; Ubavin, D.; Batinić, B.; Fellner, J. & Vujić, G.: Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: A case study. *Waste Management & Research*, Vol. 30 Issue 10 (October 2012), pp. 1095–1103. ISSN 0734-242X. doi: [10.1177/0734242x12451867](https://doi.org/10.1177/0734242x12451867).
14. Ubavin, D.; Maoduš, N. & Milovanović, D.: Possibility of landfill gas utilization. *Kompakt magazin*, Br.13 (2013), pp. 27–37.
15. Vujić, G. & Ubavin, D.: *Determining the composition of waste and estimating quantities in order to define a strategy for the management of secondary raw materials within the sustainable development of RS*. Novi Sad (Serbia): Fakultet tehničkih nauka (FTN) / Faculty of Technical Sciences.
16. Williams, I.D. & Guton, H.: Waste minimization using behavior change techniques: A case study for students. In: *Proceedings of the Waste Matters: Integrating Waste Conference*; Vienna, Austria; 16-19 April 2007, pp. 303–314.
17. Young, P.J. & Heasman, L.A.: An assessment of the odour and toxicity of the trace compounds of landfill gas. In: *Proceedings of the 8th International Landfill Gas Symposium*; San Antonio, Texas, USA; April 1985. Los Angeles (California – USA): Government Refuse Collection and Disposal Association (GRCDA), 1985, pp. 93–113.
18. Zuberi, M.J.S. & Ali, S.F.: Greenhouse effect reduction by recovering energy from waste landfills in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 44 (April 2014), pp. 117–131. ISSN 1364-0321. doi: [10.1016/j.rser.2014.12.028](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.028).



Луца Ю.В., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## ВИКОРИСТАННЯ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО МАГНІТНИХ ПОЛІВ В СТАНІ СУПЕРПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВПЛИВУ НА ОБ'ЄКТ

*У сучасному машинобудуванні завдання формування властивостей матеріалу готових деталей і створення нових за якістю поверхонь стає все більш актуальною. Одним із способів досягнення такого ефекту є обробка виробів в магнітному полі. Особливості використання магнітного поля з постійної і змінної складовими вивчені недостатньо. У статті розглянуті деякі дослідження по створенню і використанню спільної дії постійного і змінного магнітних полів в різних областях застосування.*

*In modern mechanical engineering the task of formation of properties of material of ready details and creation of new on quality of surfaces becomes more and more actual. One way to achieve this effect is to process the products in a magnetic field. The peculiarities of the use of a magnetic field with constant and variable components have not been sufficiently studied. The article considers some studies on the creation and use of the joint action of constant and alternating magnetic fields in different applications.*

Створення функціональних робочих поверхонь деталей машин, які будуть мати максимальну стійкість при мінімальних значеннях зносу і внутрішньої напруги - перспективний напрямок розвитку машинобудування і металообробки, яке вимагає спеціальних технологій.

На сьогоднішній день відомі різні методи зміцнення деталей і металорізального інструменту, зокрема, магнітно-імпульсна обробка металів. Вона все частіше використовується на виробництвах, оскільки дає широкі можливості для підвищення якості продукції, що випускається [1]. Проте, при високій частоті розряду глибина проникнення магнітного поля невелика і обмежується поверхневим шаром виробу, а перспективним є об'ємне зміна властивостей матеріалу.

Даний ефект досягається при приміщенні деталі в постійне магнітне поле і передачі їй вібрацій малої амплітуди - в цьому випадку відбувається об'ємна обробка. Спосіб створення таких вібрацій вимагає подальшого опрацювання. Очікується, що рішення цього завдання може дати використання магнітного поля з суміщенням властивостей: змінні коливання будуть викликати премієнє магнітним полем, в той час як тіло буде знаходитися в постійному магнітному полі.

Метою даної роботи є вивчення особливостей спільного впливу на об'єкт постійного і змінного магнітних полів.

Існує ряд прикладів використання комбінованого магнітного поля, утвореного суперпозицією (накладенням) постійного і змінного магнітних полів, в різних областях застосування. Далі наведені деякі з них.

На принципі накладення двох магнітних полів - магнітного поля постійного магніту і змінного магнітного поля, що створюється керуючою обмоткою (котушкою збудження), заснована робота пристрою захисного відключення (УЗО), а саме - що відключає реле з постійним магнітом (рис.1). УЗО складається з підсумовує трансформатора струму, чутливого відключає реле, механізму відключення з контактною системою і ланцюги контролю. Через вікно трансформатора струму пропускаються всі робочі провідники. Якщо за місцем установки УЗО буде протікати струм в землю або в захисний провідник, наприклад, в разі замикання на корпус або випадкового дотику людини до струмоведучих частини, векторна сума струмів в робочих провідниках, пропущених через трансформатор струму, буде мати значення відмінне від нуля, то тобто з'явиться диференціальний струм. Наявність диференціального струму зумовлює появу електрорушійної сили у вторинній обмотці трансформатора струму, яка за допомогою відключає реле пускає в хід механізм відключення. Таким чином, відбувається швидке відключення пошкодженої частини мережі.

При включених контактах УЗО якір реле притягнутий до ярму котушки внаслідок дії магнітного поля постійного магніту. Протидіюча сила розтягнутої пружини спрямована на відтягування якоря. Після появи на керуючій обмотці через наявність диференціального струму, електрорушійної сили відбувається накладення постійного і змінного магнітного полів.

### *Рисунок 1 – Реле з постійним магнітом*

У певний момент негативного напівперіоду змінного струму в керуючій котушці при перевищенні величини диференціального струму заздалегідь встановленого значення, результуюча енергія магнітного поля виявиться менше потенційної енергії пружини, що викликає миттєве відпадання якоря, що впливає на механізм вільного розчеплення, і розмикання контактів [2].

У технологічних і транспортних системах різних галузей промисловості знаходять дедалі більшу використання пристрою з безпосереднім впливом електромагнітного поля на сипкі феромагнітні матеріали [3]. З метою поліпшення властивостей феритових матеріалів широко застосовуються електромагнітні поля різної просторово-часової конфігурації, які впливають на виріб в процесі його формування або після закінчення формування [4, 5, 6].

Комбіновані пристрої і методи формування феритів в електромагнітних полях третьої групи з накладенням постійного і змінного полів використовують колінеарну і ортогональне накладення полів. Змінне електромагнітне поле застосовують для струсу частинок і повідомлення їм більшої свободи, а постійне поле - для створення залишкової намагніченості виробу. Під впливом змінного поля всі частки оброблюваної суміші беруть участь у вращательно-коливальному русі, що призводить систему в безструктурне або слабоструктурне стан. Суміш набуває властивість плинності і добре заповнює форму. При подальшому накладення постійного магнітного поля виникає необхідна анізотропія магнітних властивостей виробу.

Для отримання текстурованих зразків гексагональних феритів з підвищеними значеннями початкової магнітної проникності в ДонНТУ розроблені електромагнітні

пристрої з круговим обертовим магнітним полем і з ортогональним накладенням осьових постійних полів [7].

Пристрій, що генерує круговий обертається кроковий поле, містить три нерухомі котушки, розташовані на трипроменевою феромагнітному осерді і підключення до джерела постійної напруги через блок електричних ключів, причому осі котушок орієнтовані в напрямку, перпендикулярному осі пресування і зміщені одна відносно іншої в просторі на 120 градусів [ 8]. Швидкість обертання крокового поля становить 1 ... 10 оборотів в хвилину, максимальна індукція результуючого поля досягає 0,3 Тл. Початкова магнітна проникність різних типів гексагональних феритів при обробці таким полем збільшується в 1,5-2 рази.

Для феромагнітних матеріалів застосовуються магнітні методи контролю, які засновані на вимірі і аналізі результатів взаємодії електромагнітного поля з контрольованим об'єктом. Намагнічують деталі постійним, імпульсним уніполярним, змінним або комбінованим магнітним полем. Комбіноване намагнічування застосовують у випадках, коли орієнтація дефектів невідома або має різні напрямки, і здійснюють одночасним впливом двох взаємно перпендикулярних магнітних полів (зазвичай одного постійного, а іншого змінного). Силкові лінії результуючого поля в цьому випадку, змінюючись по напруженості і напрямку, за один цикл намагнічування будуть перетинати дефекти будь-якого напрямку під кутами 90 градусів і близькими до них. Контроль виробів при комбінованому намагнічування здійснюють тільки в доданому поле [9].

Відомо невелике число робіт, присвячених вивченню впливу магнітного поля на загасання механічних коливань в магнітомягких матеріалах. Було проведено дослідження впливу частоти і амплітуди змінного і напруженості постійного магнітних полів на загасання ультразвуку в магнітомягкого сплаві 10СЮ-ВІ (типу сендаст) в вихідному литому і отожженном станах при амплітудах механічних коливань до 10-4. Розроблено методику вимірювання загасання ультразвуку в феромагнітних матеріалах при одночасному накладення як постійного, так і змінного магнітних полів. Постійне магнітне поле з напруженістю до 1050 А / м не робить істотного впливу на величину загасання ультразвуку, а змінне магнітне поле частотою до 1350 Гц зменшує амплітудно-незалежну складову загасання. Отримані результати обговорюються в рамках існуючих теорій взаємодії механічних коливань з елементами магнітопорядкованих структури [10].

Поєднання впливів постійного і змінного магнітних полів знайшло застосування і в медичній техніці в якості пристрою для магнітотерапії [11]. Пристрій виконаний у вигляді компактного переносного малогабаритного приладу і містить чотири постійних магніту, джерело інфрачервоного випромінювання і два електромагніту, які підключені до мережі змінного електричного струму через блок перемикачів режимом роботи, паралельно з яким можуть бути приєднані два діода. Призначено для лікувального локального впливу на частини тіла людини інфрачервоним випромінюванням у поєднанні з низькочастотних постійним і змінним магнітними полями із заданою просторовою орієнтацією. Вплив на біооб'єкту таким результуючим (схрещеним) магнітним полем призводить до виникнення ЕРС в локальній частині тканини біооб'єкту, що створює оптимальні умови для виникнення магнітоелектрогідродинамічних ефектів в тканинах і середовищах з високою електропровідністю і в кінцевому підсумку зумовлюють підвищення біологічної та лікувальної ефективності пристрою.

Пристрій для магнітотерапії містить два електромагніту, кожен з яких виконаний у вигляді двох котушок індуктивності, розміщених на двох П-образних сердечниках з трансформаторної сталі, підключених до джерела змінного електричного струму, чотири постійних магніту з сильною залишковою індукцією, інфрачервоний випромінювач. При цьому постійні магніти розташовані хрестоподібно, а котушки індуктивності електромагнітів встановлені в секторах, утворених суміжними постійними магнітами, причому котушки індуктивності кожного електромагніту включені послідовно-зустрічно і кожен П-подібний сердечник розміщений під гострим кутом до оптичної осі джерела інфрачервоного

випромінювання, а самі електромагніти підключені до джерела змінного електричного струму.

Вплив на біооб'єкти в пристрої здійснюється поєднанням неоднорідного постійного магнітного поля з неоднорідним магнітним полем низької частоти, що створює при цьому результуючий (асиметричне) поле, поєднане з інфрачервоним випромінюванням. Напруженість результуючого поля за величиною відповідає не більше 40 мТл (30 + 10 мТл) у фіксованій локальній зоні, створюючи вихровий освіту в зоні схрещування полів за рахунок зміни від 0 від 360о напрямки вектора результуючого асиметричного поля. Таке поєднання двох магнітних полів (змінного і постійного) в поєднанні з інфрачервоним випромінюванням дозволяє створити асиметричний просторово-часовий градієнт результуючого магнітного поля, змінний в часі в локалізованій частині простору. Розміщення котушок індуктивності під гострим кутом (30°) щодо оптичного випромінювача і наявність постійних магнітів дозволяє сконцентрувати максимум магнітної енергії в одній локальній зоні біологічної тканини.

Поєднання електромагнітів, постійних магнітів і інфрачервоного світлового потоку, що утворюють в суперпозиції складну структуру магнітного поля, дозволяє створити на робочій поверхні пристрою вихрові освіти результуючих змінного і постійного магнітних полів з обертанням за годинниковою або проти годинникової стрілки в точці їх схрещування. Пристрій забезпечує підвищення терапевтичної ефективності за рахунок локалізації впливу на тканину біооб'єкту в одній зоні і отримання вихрових утворень в потрібному напрямку їх обертання [11].

З метою підвищення ефективності електродугової наплавки застосовувалася реалізація процесу наплавлення валика з його керованою конфігурацією в рамках одночасної дії при дугового наплавленні декількох магнітних, т. Е. Комбінованих магнітних полів (КМП) [12]. Комбінація трьох магнітних полів, що діють одночасно на зварювальну дугу і рідкий метал зварювальної ванни: аксіального постійного; поперечного імпульсного однополярного і аксіального змінного встановленої частоти, дозволила більш ефективно, ніж при використанні одного поздовжнього магнітного поля, управляти геометричними розмірами перетину наплавленого валика.

Під впливом осевого постійного МП, співвісного електроду, досягаються нереверсивні переміщення розплаву ванни. При дії поперечного імпульсного однополярного МП на дугу виникає електромагнітна сила, яка відхиляє дугу перпендикулярно вектору швидкості наплавлення. Впливаючи аксіальним знакозмінним МП на хвостову частину ванни, можна запобігти небажаному збільшенню глибини проплавлення в зоні асиметрії. В результаті дії цього поля формуються вихрові потоки розплаву, що утворюють ефект «стійкої хвилі», збільшуючи товщину рідкої прошарку під дугою, оскільки потужна хвиля має значну інерційність і при швидкій зміні полярності МП реверсивних рухів розплаву у ванні не виникне [12].

Використання магнітного поля в якості основної сили впливу веде до значної економії енергетичних ресурсів, підвищення екологічних показників і продуктивності виробництва, розширення списку матеріалів, з якими можна працювати. Обробка матеріалу в поле, утвореному суперпозицією постійного і змінного магнітних полів, має перспективи для можливості управління як зовнішніми, так і внутрішніми властивостями виробів. Передбачаються зміни різних властивостей матеріалу, пов'язаних з електропровідністю, фазовими перетвореннями і т. Поєднання електромагнітів, постійних магнітів і інфрачервоного світлового потоку, що утворюють в суперпозиції складну структуру магнітного поля, дозволяє створити на робочій поверхні пристрою вихрові освіти результуючих змінного і постійного магнітних полів з обертанням за годинниковою або проти годинникової стрілки в точці їх схрещування. Пристрій забезпечує підвищення терапевтичної ефективності за рахунок локалізації впливу на тканину біооб'єкту в одній зоні і отримання вихрових утворень в потрібному напрямку їх обертання [11].

З метою підвищення ефективності електродугової наплавки застосовувалася реалізація процесу наплавлення валика з його керованої конфігурацією в рамках одночасної дії при дугового наплавленні декількох магнітних, т. Е. Комбінованих магнітних полів (КМП) [12]. Комбінація трьох магнітних полів, що діють одночасно на зварювальну дугу і рідкий метал зварювальної ванни: аксіального постійного; поперечного імпульсного однополярного і аксіального змінного встановленої частоти, дозволила більш ефективно, ніж при використанні одного поздовжнього магнітного поля, управляти геометричними розмірами перетину наплавляемого валика.

Під впливом осьового постійного МП, співвісного електроду, досягаються нереверсивні переміщення розплаву ванни. При дії поперечного імпульсного однополярного МП на дугу виникає електромагнітна сила, яка відхиляє дугу перпендикулярно вектору швидкості наплавлення. Впливаючи аксіальним знакозмінних МП на хвостову частину ванни, можна запобігти небажаному збільшенню глибини проплавлення в зоні асиметрії. В результаті дії цього поля формуються вихрові потоки розплаву, що утворюють ефект «стійкої хвилі», збільшуючи товщину рідкої прошарку під дугою, оскільки потужна хвиля має значну інерційність і при швидкій зміні полярності МП реверсивних рухів розплаву у ванні не виникне [12].

Використання магнітного поля в якості основної сили впливу веде до значної економії енергетичних ресурсів, підвищення екологічних показників і продуктивності виробництва, розширення списку матеріалів, з якими можна працювати. Обробка матеріалу в поле, утвореному суперпозицією постійного і змінного магнітних полів, має перспективи для можливості управління як зовнішніми, так і внутрішніми властивостями виробів. Передбачаються зміни різних властивостей матеріалу, пов'язаних з електропровідністю, фазовими перетвореннями і т.д., що обумовлює необхідність проведення подальших досліджень... Що обумовлює необхідність проведення подальших досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

Ляхов О.Л., Алёшин С.П., Бородина Е.А (Полтавський НТУ, Україна)

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТЕКУЩЕГО ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ К ЦЕЛЕВОМУ МНОЖЕСТВУ КЛАССОВ

*Предложена методика выбора входных факторов при принятии решений, обеспечивающих приведение индикаторов текущего состояния выходной функции объекта к значениям этих индикаторов целевой функции как оптимального отклика обученной нейронной сети. В основе подхода лежит идея применения нагруженных нейронных сетей с приведением выходной ошибки ко входу методом обратного распространения ошибки. В процессе обучения осуществляется расчет частных производных градиента функции ошибки как по параметрам сети так и по входному множеству информативных факторов. Обучение обеспечивает построение адекватной модели исследуемого объекта, а градиентный спуск по входным сигналам позволяет продуктивно адаптировать множество входных факторов к требуемому классу состояния объекта исследования.*

*A procedure is proposed for selection of input factors in making decisions that ensure the harmonization of indicators of the current status of the output of the function of the object to the values of these indicators of the objective function as an optimal response of the trained neural network. The approach is based on the idea of using loaded neural networks with bringing of the output error to the entrance of the method of back propagation of error. In the process of training is carried out the calculation of the partial derivatives of the function gradient error as on parameters of the network and for the many informative factors. The training provides the adequate model of the studied object, and gradient descent on the input signals allows to efficiently adapt the set of input factors to the class of the object of research.*

При принятии решений в управлении объектами и процессами в различных трудно формализуемых областях деятельности (экономика, образование, медицина, экология, геология и т.д.) возникает проблема продуктивного анализа априорных данных. Отмеченные объекты относятся к классу сложных систем [1], эффективное управление которыми, было и остается актуальной проблемой, требующей своего решения. Особый интерес в этом контексте вызывают сложные социотехнические системы (ССТС), как обобщенное отображение современных производственных предприятий, медицинских учреждений, учебных заведений и т.д.

Современный алгоритмический и программный инструментарий, позволяет оперативно конструировать нейросетевую среду, реализовать широкий класс архитектур нейросетей различной сложности и правил модификации синаптического пространства [2]. Вместе с тем, применение технологии искусственного интеллекта (ИИ) в управлении ССТС раскрывает ряд нерешенных теоретических и практических проблем, одной из которых является проблема адаптации входного вектора факторов к целевому состоянию объекта. Это требует создания продуктивных СППР, методов, технологий и программного обеспечения построения моделей, позволяющих автоматизировать базовые процессы при распознавании состояний, прогнозировании динамики поведения и выборе оптимальных управляющих факторов исследуемых объектов на базе интеллектуальных технологий [3].

### **Анализ последних публикаций.**

Разработкой, теоретическим обоснованием и внедрением информационных технологий на основе искусственного интеллекта для эффективного управления занимались отечественные и зарубежные ученые, в частности: Глушков В.М., Т. Кохонен, С. Хайкин, Р. Хехт-Нильсен и др. [4, 5, 6, 7]. Вопросами нейроуправления и оптимизации алгоритмов модификации синаптического пространства нейросетей при моделировании различных объектов и процессов занимались Галушкин А.И., Горбань А.Н., Миркес Е.М., и др. [8, 9, 10].

Вместе с тем, применение технологии ИИ в управлении ССТС раскрывает ряд нерешенных теоретических и практических проблем, одной из которых является адаптация входного вектора факторов к целевому состоянию объекта [3]. Это требует создания

продуктивных СППР, методов, технологий и программного обеспечения построения моделей, позволяющих автоматизировать базовые процессы при распознавании состояний, прогнозировании динамики поведения и выборе оптимальных управляющих факторов исследуемых объектов на базе интеллектуальных технологий [2,8, 10

**Целью данной статьи** является представление разработанной технологии построения продуктивного ансамбля нейросетевых моделей нахождения такого набора входных факторов, который оптимально надежно и быстро позволяет привести ССТС в целевое состояние. В качестве инструмента моделирования был выбран нейроэмулятор среды StatSoft.

#### **Постановка задачи исследования.**

С точки зрения формализации процесса распознавания объекта необходимо построить отображение входного вектора данных на результат экспертизы, аппроксимирующее зависимость “поведение - вывод”. В общем случае признаки поведения и число классов объектов являются векторными величинами:

$$| Y(t) | = F | X(t) |, \quad (1)$$

где  $Y(t)$  – номер класса состояния объекта;  $X(t)$  – вектор текущих значений входных признаков;  $F$  – функционал преобразования массива признаков в номер класса.

Задача адаптации входного вектора к требуемому состоянию ССТС состоит в нахождении оптимального набора входного вектора факторов  $X_0(t)$ , соответствующего вектору целевого состояния  $Y_0(t)$  объекта исследования.

Этот процесс может быть формально представлен последовательностью процедур:

$$F : X(t) \rightarrow Y(t) \Leftrightarrow Y_0(t) \rightarrow F_0 : Y_0(t) \rightarrow X_0(t), \quad (2)$$

где  $Y_0(t)$  – целевой вектор состояния объекта;  $X_0(t)$  – вектор адаптированных значений входных признаков;  $F_0$  – продуктивный функционал модификации массива текущих входных факторов к искомому набору, адекватному целевому состоянию.

Реализация алгоритма (2) позволяет найти оптимальный набор входных факторов как последовательное решение прямой и обратной задачи распознавания состояний ССТС. Решение обратной задачи в нейросетевом формате обеспечивает нахождение таких значений сигналов на входе обученной сети, при которых достигается выходное состояние, соответствующее нужному классу [3].

*Адаптация входных факторов к целевым состояниям объекта.* Если актуальное состояние объекта не совпадает с требуемым, необходимо найти соответствующий набор входных факторов и привести его в это состояние. Для решения этой задачи следует найти функциональную зависимость состояний от входных факторов.

При этом минимизация целевой функции в постановке задачи выполняется итерационно в процессе обучения сети по алгоритму обратного распространения ошибки (или иным его модификациям) [5] применительно к входным данным исследуемого объекта:

$$\frac{1}{mn} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (y_{ij} - d_{ij})^2 \Rightarrow \min(R \leq R_0), \quad (3)$$

где  $y_{ij}$  – вектор индикаторов выходных состояний;  $d_{ij}$  – результат обучения сети на  $j$  - выходе, при  $i$  - м примере обучающей выборки;  $j = 1, n$  – номер выхода сети;  $i = 1, m$  – номер примера;  $m, n$  – размерность массива примеров и числа выходных элементов сети;

$R_0$  – допустимые ограничения по условию задачи.

В нейросетевом формате обучение заканчивается формированием ансамбля нейросетевых моделей. Анализ профилей результатов моделирования позволил выделить сети с приемлемыми для практики производительностью и ошибками на обучающих, контрольных и тестовых множествах. Установленная регрессионная зависимость определяет связь входных факторов и выходных индикаторов системы, через массивы синаптических коэффициентов обученных нейросетевых моделей. Вариации входными факторами позволяют получать различные значения функции, что обеспечивает системного менеджера данными для принятия решений. Однако, актуальное состояние объекта обычно не совпадает с требуемым. Тогда на основании гипотезы компактности не совпадают и признаковые пространства, соответствующие этим состояниям. Поэтому требуется такой набор признаков, который максимально сближал бы классы текущего и требуемого состояний ССТС. Это задача обратная распознаванию образов [3]. После формализации процедур оценки текущего состояния и функциональной зависимости “вход-выход”, решалась задача формализации выбора оптимального признакового пространства в границах установленных дисциплинирующих условий. При небольшом числе изменяемых факторов (3-4) эта задача решалась простым перебором. В случае большого числа факторов (десятки – сотни) целесообразно воспользоваться одним из существующих градиентных методов адаптации входного вектора к заданной функции на выходе [5].

Задавались индикаторы, соответствующие требуемому классу состояния объекта, и подавались на вход обученной сети. Имея заданный ответ и ответ выданный сетью, вычислялся градиент функции ошибки по входным сигналам сети по известной технологии метода нагруженных двойственных сетей [9]. В соответствии со значениями элементов градиента изменялись значения входных сигналов сети в направлении снижения ошибки, что позволяет итерационно получить вектор входных сигналов, порождающих требуемый ответ. При этом синаптическая карта сети ( на время адаптации) остается неизменной.

В первой фазе нейроэмулятор должен приобрести свойства инверсной динамики объекта, чтобы в первом приближении отображать динамику поведения объекта. Для этого вначале проводят обучение нейронной сети (нейроэмулятора) в автономном режиме при многократной коррекции синаптического пространства. В процессе обучения при необходимости применяется обогащение выборки, выбор наиболее информативных признаков (редукция), выбор оптимальной архитектуры и метода обучения. Как результат сеть выдает отклик требуемой точности или подлежит модификации (увеличивается число задержанных сигналов добавлением соответствующего числа входов сети). Окончанием процесса является достижение адекватности модели в заданных границах установленных показателей.

Для уменьшения риска переобучения нейроэмулятора коэффициенты скорости НЭ уменьшают несколько раз в сравнении с соответствующими коэффициентами для нейроконтроллера.

После достижения необходимой точности автономной реакции НК проводится дополнительное обучение обеих нейросетей на примерах управления ССТС при различных значениях уставки.

Вторая фаза обучения нейросетей системы нейроуправления проходит в рабочем режиме управляемого объекта. Главным является темп операций управления объектом, что обуславливает поступление реализаций  $Y(t)$ ,  $U(t)$   $Z(t)$ . Каждая новая реализация пополняет обучающую выборку для оперативного обучения.

Состояние  $O$  отслеживается контроллером, определяющим правильность его реакции на управляющие факторы, задавая управление  $Z$ .



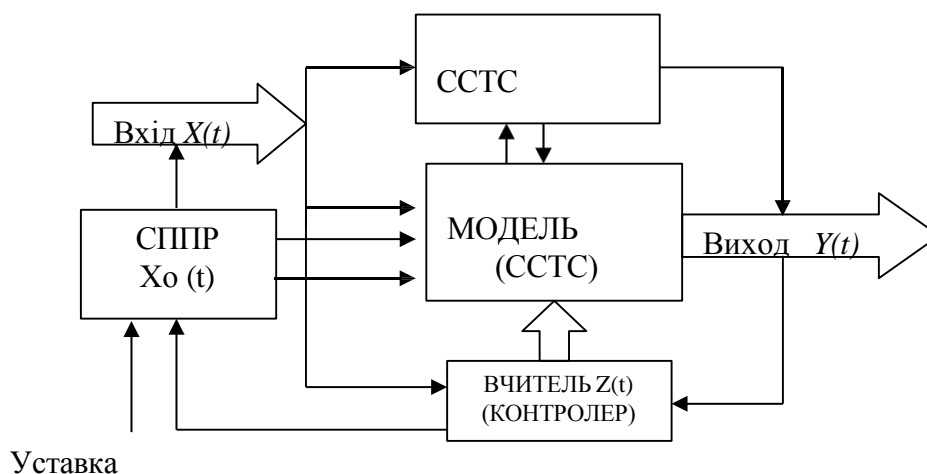


Рисунок 1. - Структура процесса адаптации входного вектора

В основе решения задачи лежит приведение ошибки обучения нейронной сети к входному слою нейронов и расчету частных производных градиента функции ошибки по параметрам нейросети и входным факторам. Градиентный спуск приводит к одному из возможных решений обратной задачи. Реализация осуществляется с применением построения нейросетевой модели и её обучение по методу нагруженной сети [9]. Метод позволяет вычислить производных выходной функции невязки текущего и требуемого состояний ССТС по каждому элементу вектора входных факторов и запомнить их. При обратном функционировании эти ранее вычисленные производные, участвуют для вычисления градиентов по входным сигналам сети [5].

Адаптивная система контроллера решает задачу сближения текущего значения выхода с требуемым, заданным вектором уставки. На рис.2 представлена одна из схем нейроуправления объектом. Нейроэмулятор выполняет функции адаптивной модели управляемого объекта. На его входы поступают текущие и задержанные во времени значения векторов управления  $Z(t), Z(t - \theta), Z(t - 2\theta), \dots$  и значения разности между векторами входа и уставки  $Y(t) - U(t), Y(t - \theta) - U(t - \theta), \dots$ . Здесь  $\theta$  - величина шага задержки. Выходом нейроэмулятора является ожидаемое значение выхода управляемого объекта  $Y^*$ , а также значение вектора ошибки  $E$  для обучения нейроконтроллера.

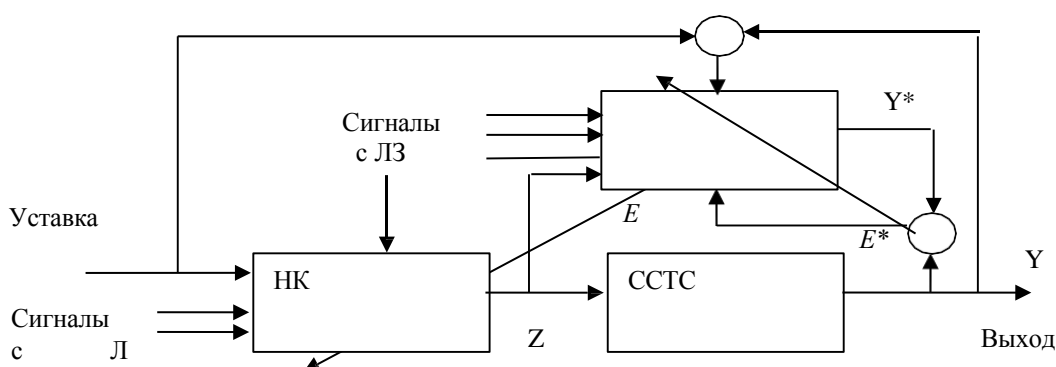


Рисунок 2 - Структурная схема адаптации входа нейрона управления объектом

Величина  $E^*(t) = Y(t) - Y^*(t)$  представляет вектор ошибки, который используется в алгоритме обучения нейроэмулятора. Ошибка, поступающая в схему контроллера, представляется как ошибка на выходе сети приведенная к первому слою в схеме нейроэмулятора [5, 10]. На вход НЭ поступают:

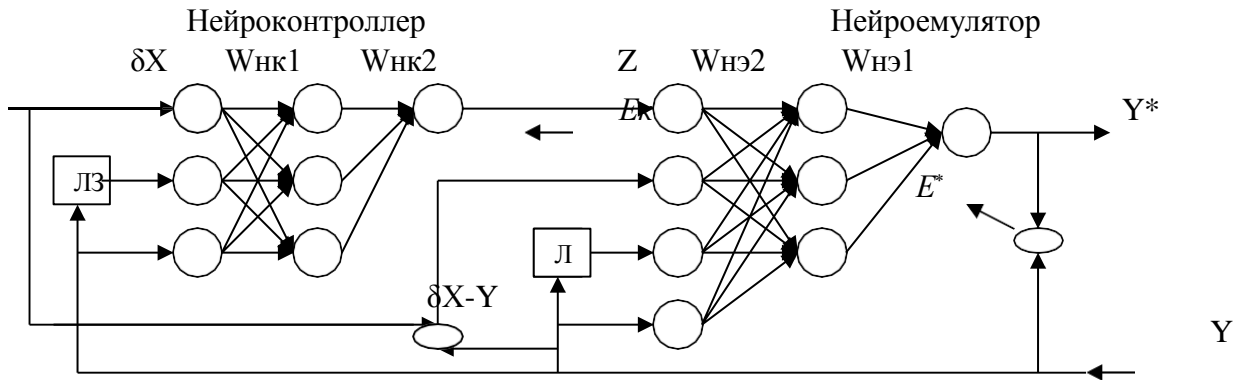


Рисунок.3 - Каскадная схема нейруправления

- $Y(t)$  – текущие значения процесса на выходе;
- $Y(t-\theta)$  – текущие значения процесса задержанные на один такт  $\theta$ ;
- $U(t) - Y(t)$  – текущее значение невязки на выходе системы;
- $Z(t)$  – текущее управляющее воздействие.

Выходом нейроэмулятора являются значения выхода модели ССТС  $Y^*(t)$ .

При обучении НЭ осуществляется модификация синаптического пространства путем подстройки весовых коэффициентов в направлении антиградиента невязки:

$$w(t+1) = w(t) - \mu(\partial E / \partial w), \quad (4)$$

где  $\mu$  - коэффициент обучения;  $E$  – функция невязки (ошибка).

$$\text{Обозначим ошибку НЭ как: } E^* = \frac{1}{2}(e^*)^2 = \frac{1}{2}(Y - Y^*)^2, \text{ где } Y - \text{выход ССТС} \quad (5)$$

$$\text{а } Y^* - \text{реакцию НЭ: } Y^* = f_{out}^e \left\{ \sum_{i=1}^{N_2} w_i^{e2} f_i^{e2} \left[ \sum_{j=1}^{N_1} w_{ij}^{e1} f_j^{e1}(y_j^{e1}) - b_i^{e2} \right] - b_{out}^e \right\}, \quad (6)$$

где  $f_{out}^e(\cdot), f_i^{e2}(\cdot), f_j^{e1}(\cdot)$  – сигнальные (активационные) функции нейронов 2-го та 1-го слоев;  $w_i^{e2}, w_{ij}^{e1}$  – весовые коэффициенты нейронов на участках между нейронами 2-3-

го и 1-2-го слоев;  $b_{out}^e, b_i^{e2}$  – величины порогов нейронов выхода и скрытого слоя.

Для нейронов на входе используется линейная сигнальная функция, а для скрытого слоя – сигмоидная. Порог на выходе обычно равен нулю. Для оценки производной функции невязки выполнены действия по известной методике [5, 9]:

На выходе НЭ нейроэмулятора процесс формализуется выражением:

$$\partial E^* / \partial w_i^{e2} = -e^* f_i^{e2} (v_i - b_i^{e2}), \quad \text{где } v_i = \sum_{j=1}^{N_1} w_{ij}^{e1} y_j^{e1}. \quad (7)$$

Для связей между входами и скрытым слоем производная ошибки по весам имеет вид:

$$\partial E^* / \partial w_{ij}^{e1} = -e^* \left\{ \sum_{i=1}^{N_2} w_i^{e2} \left[ \partial f_i^{e2}(v_i) / \partial v_i \right] \left( \partial v_i / \partial w_{ij}^{e1} \right) \right\} = -e^{e1} y_j^{e1}, \quad (8)$$

$$\text{где } \partial v_i / \partial w_{ij}^{e1} = y_j^{e1}; \quad e^{e1} = e^* \sum_{i=1}^{N_2} w_i^{e2} \left[ \partial f_i^{e2}(v_i - b_i) / \partial v_i \right]. \quad (9)$$

Величина  $e_j^{e1}$  представляется ошибкой, приведенной к  $j$ -му входу нейроэмулятора.

Для входа, на который поступает вектор управления  $Z$ , эта величина представляет ошибку реакции НК  $e^c$ , которая используется для коррекции синапсов НК. Подставляя полученные значения градиентов невязки в исходное выражение (3), получаем алгоритм модификации весовых коэффициентов НЭ:

$$w_i^{e2}(t+1) = w_i^{e2}(t) + \mu^{e2} e^* f^{e2}(v_i); \quad w_{ij}^{e1}(t+1) = w_{ij}^{e1}(t) + \mu^{e1} e_j^{e1}, \quad (10)$$

где величина  $e_j^{e1}$  рассчитывается по формуле (9). По такому же алгоритму осуществляется и подстройка весовых коэффициентов НК с учетом принятых обозначений входов и выходов.

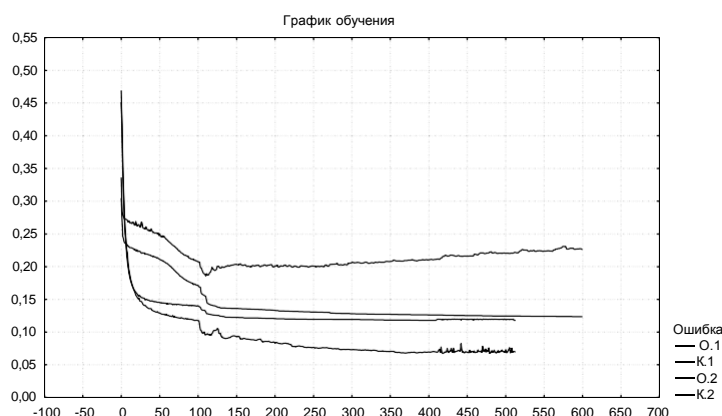


Рисунок 4 - Обучение моделей ВНС

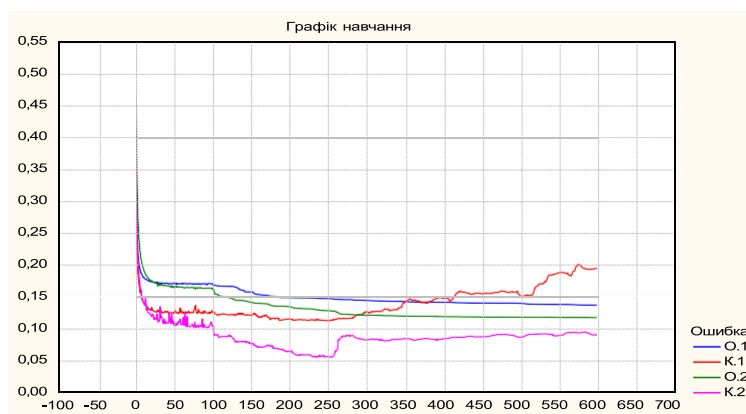


Рисунок 5 - Обучение моделей РБФ

Моделирование градиентного спуска с оценкой частных производных, как по параметрам сети, так и по входным сигналам, представляющим пространство признаков текущего состояния объекта, показало устойчивую сходимость итерационного процесса обучения сети с приемлемыми показателями качества (Рис.4,5).

## ВЫВОДЫ

Для автоматизации расчета факторов, приводящих актуальное состояние ССТС к целевому, необходимо найти функциональную зависимость её состояний от значений. Эта

задача решена применением технологий нейроруправления и реализована моделями многослойных персептронов как обратная задача распознавания.

Расчет частных производных по входным факторам выходной функции невязки текущего и требуемого состояний ССТС и обобщенная оценка градиента выполнены на основе известных свойств, двойственных нагруженных нейросетевых схем. Это позволило автоматизировать процесс определения элементов вектора градиента при реализации традиционного метода обратного распространении ошибки.

Практическая значимость результатов исследования состоит в создании алгоритмического и программного инструментария для перехода от автоматизированных к автоматическим системам адаптации пространства входных признаков к пространству требуемых классов в системах распознавания образов с высокой степенью априорной неопределенности.

## ЛИТЕРАТУРА

**Мельников О.Ю., Кадацький М.А.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОЇ ТЕХНІКИ МЕТАННЯ ЯДРА**

*Розглянуто основні фактори, що впливають на результати штовхання ядра. Обґрунтовано необхідність використання сучасних методів для рішення задачі прогнозування. Запропоновано метод штучних нейронних мереж з архітектурою двошарового перцептрона, активаційною функцією сигмоїдою та алгоритмом зворотного поширення помилок для навчання мережі. Наведено приклади розрахунку в середовищі Deductor Studio Lite.*

*The main factors affecting the range of the nucleus are considered. The necessity of using modern methods to solve the problem of forecasting is grounded. A method of artificial neural networks with a two-layer perceptron architecture, an activation function by sigmoid, and an error back-propagation algorithm for network training is proposed. The examples of calculation in the environment of Deductor Studio Lite are given.*

Сучасний рівень розвитку легкої атлетики, зокрема штовхання ядра, ставить задачу по розробці нових, більш раціональних засобів і методів спортивної підготовки, які сприяють швидкому і надійному досягненню високих спортивних результатів. Для цього доцільно використовувати інформаційні технології.

Для проведення розрахунків дальності польоту ядра залежно від початкової швидкості його виштовхування, кута до обрію та висоти над землею, на якій ядро залишає руку, по формулах з [1] була створена інформаційна система – застосунок [2], що дозволяє провести моделювання штовхання ядра з місця та визначити оптимальне сполучення показників для певного ядра. Однак очевидно, що опис спортивної техніки винятково рівняннями механіки може не враховувати ряд факторів, які, будучи малозначущими для абсолютних значень результатів, можуть мати серйозний вплив на відносні показники.

У фізичній культурі та спорті нейронні мережі використовуються для аналізу і прогнозування показників фізичної підготовленості спортсменів, а також результатів спортивних змагань [3]. Для наявних даних з [4] було сформульовано задачу прогнозування: за наявними даними про вік, ріст, масу тіла атлета, а також характеристиках польоту ядра визначити дальність цього польоту. Цю задачу було вирішено методом штучних нейронних мереж в [5], однак там не було враховано низку важливих факторів.

Далі було знайдено 14 факторів [6], які впливають на результат штовхання ядра, а саме: висота випуску ядра, довжина рук (розмах), ріст спортсмена, результат в стрибках у довжину з місця, результат у потрійному стрибку, результат у жимі лежачи, результат у присіданні зі штангою на плечах, результат у взятті на груди, товчок штанги, вага спортсмена, фінальна швидкість випуску снаряду, горизонтальна швидкість розгону снаряду, кут штовхання (від надпліччя), кут виштовхування (кут долоні). Ці 14 вхідних значень належать до 5 класів – груп залежностей, які поділені на фізичні величини та по класу дії: зросту та висоти випуску, підривні, силові, швидкісні, кутові. Вихідним фактором була дальність штовхання ядра. Результати розрахунків наведено у [7].

Але цікаво визначити, яка техніка метання більше підходить спортсмену згідно його фізичних параметрів. Маємо дані про спортсменів, які можна вважати вхідними факторами (рис. 1). Наведемо опис цих факторів.

1. Висота випуску – висота випуску ядра за різними техніками.
2. Зріст – зріст спортсмена.
3. Стать – стать спортсмена (1 – чоловік, 2 – жінка).
4. Вік спортсмена – чим спортсмен старше, тим краще техніка «скачок».
5. Довжина рук.
6. Довжина ніг.

7. Тип волокон м'язів – повільні (1) або швидкі (2). М'яза людини по своєму складі не однорідні. Вони складаються з так званих швидких (фізичних) і повільних (тонічних) волокон. При цьому важливо відзначити, що ні при якій роботі не відбувається одночасного скорочення всіх м'язових волокон даного м'яза. Переважне скорочення тих або інших волокон у м'язі відбувається автоматично під впливом наказів, що надходять із центральної нервової системи, і залежить від характеру виконуваної роботи. Інтенсивна (вибухова) робота, нетривала за часом, виробляється в основному за рахунок активного скорочення швидких волокон. При малоінтенсивній і тривалій роботі основне навантаження беруть на себе повільні волокна. Пріоритет стрибка в повільних м'язах, а повороту у швидких [8].
8. Ширина плечей.
9. Тест Абалакова – тест на рухову якість – швидкість [9].
10. Довжина розгону.

Кожен спортсмен може використовувати різну техніку метання (одну з 4 різновидів):

- скачок;
- круговий мах (низькі ноги);
- круговий мах (високі ноги, низькі плечі);
- круговий мах (високі ноги, високі плечі).

При використанні кожної техніки він отримує різні результати. Таким чином, ми додаємо новий фактор – «техніка, що використовується для метання» – як результуючий. Знаходимо кращі результати для кожного спортсмена по кожному з факторів і проводимо класифікацію. Потім вводимо дані нового спортсмена, і модель радить, яку техніку краще використовувати саме цьому спортсмену для отримання найкращих результатів.

Висота випуску	Зріст	Стать	Вік	Довжина рук	Довжина ніг	Тип волокон м'язів	Ширина плечей	Тест Абалакова	Довжина розгону	Тип техніки
220	190	2	16	90	70	2	50	27	120	1
184	160	1	18	78	67	2	65	21	134	2
150	150	2	23	87	67	1	56	15	100	2
178	165	1	23	67	56	1	57	23	123	1
196	170	2	21	65	65	2	67	25	130	3
221	166	2	21	58	48	2	47	34	130	1
223	205	1	19	92	70	2	76	22	148	2
152	217	2	25	74	82	2	24	26	142	4
208	186	2	32	92	56	2	51	25	127	4
208	150	2	23	55	85	1	24	35	125	4
197	225	1	26	69	54	2	75	35	139	3
221	225	1	25	108	64	2	40	20	123	2
150	188	1	28	66	80	2	53	27	114	2
192	185	2	25	82	60	1	69	27	143	1
209	187	2	23	54	58	1	21	19	121	1
198	178	1	35	72	78	1	41	23	135	3
171	227	2	15	100	94	2	64	24	134	4
167	160	1	32	100	87	1	65	26	128	4
170	165	2	30	63	63	1	59	15	119	2

Рисунок 1 – Вхідні дані

Шляхом проведення низки чисельних експериментів було підбрано архітектуру нейронної мережі з одним прихованим шаром, який містить три нейрони.

Результати розрахунків в середовищі Deductor [10] наведено на рис. 3.

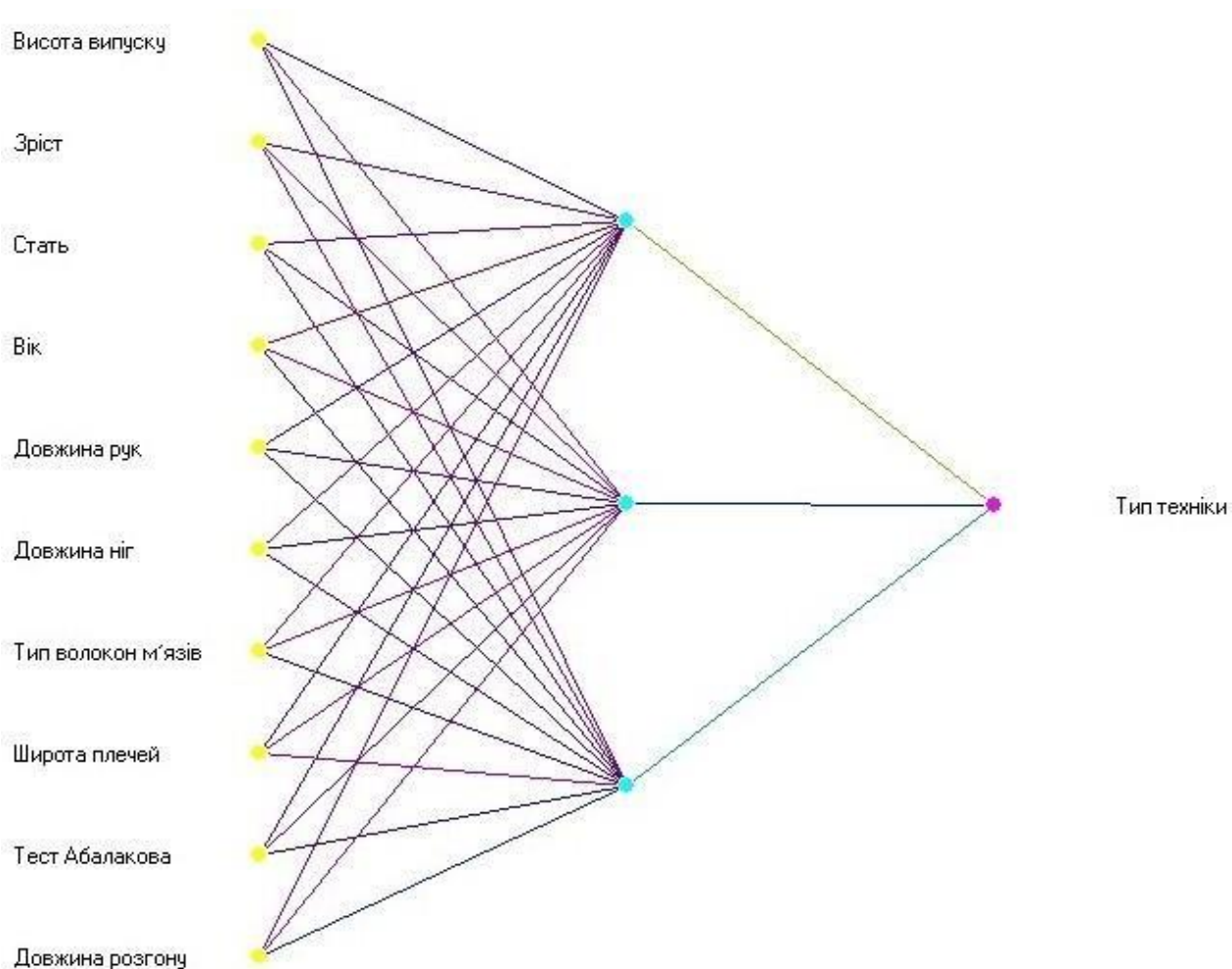


Рисунок 2 – Архітектура нейронної мережі

Тип техніки	10x2x1	10x3x1
1	1,0265	1,0258
2	1,9963	2
2	1,9993	1,9998
1	1,0007	1,0069
3	2,9988	2,9997
1	1,0194	1,3062
2	1,9987	2
4	3,9783	3,998
4	3,9910	3,9818
4	3,9803	3,9825
3	2,4982	2,9999
2	1,9975	1,9995
2	2,5026	2,001
1	1,0259	1,0122
1	1,0152	1,0027
3	2,9991	3,0007
4	3,9872	3,99
4	3,9929	3,9882
2	1,9995	2,0002

Рисунок 3 – Порівняння результатів двох розрахунків та наявних даних  
ВИСНОВКИ

Задача може бути вирішена методом штучних нейронних мереж з архітектурою звичайного перцептронну з десятима вхідними факторами, наведеними у табл. 1, одним прихованим та одним вихідним («обрана техніка»). Застосування цієї моделі допоможе зменшити час знаходження техніки майже в два рази, що в свою чергу допоможе раціонально застосувати час для підготовки спортсмена у його віковій категорії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Wilko Schaa. *Biomechanical Analysis of the Shot Put at the 2009 IAAF World Championships in Athletics* / Schaa Wilko. – *New Studies in Athletics*, № 3-4, 2010. – С.9-21. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/265661202>
2. Кадацький М.А. Постановка задачі розрахунку показників спортсмена-метальника ядра із застосуванням штучних нейронних мереж з 14 вхідними факторами / М. А. Кадацький, О. Ю. Мельников // *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції для студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладні інформаційні технології»: зб. наук. пр. Вінниця, ДонНУ імені Василя Стуса, 2020.* – С. 22-24.
3. Кадацький М.А. Розрахунок показників спортсмена-метальника ядра за допомогою штучної нейронної мережі з 14 вхідними факторами / М. А. Кадацький, О. Ю. Мельников // *Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: Використання інформаційних та комунікаційних технологій в сучасному цифровому суспільстві: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4-5 червня 2020р., м. Херсон) / за заг. ред. Г.О. Райко.* – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2020. – С.280-283. – ISBN 978-617-7783-84-7 (електронне видання).



**Мельников О.Ю., Шевченко Н.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДСУМКОВОЇ АТЕСТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ**

*Сформульовано задачу прогнозування впливу науково-дослідної діяльності студентів на результати підсумкової атестації через виявлення факторів суттєвого впливу. Сформований комплекс значущих факторів, що складається з восьми вхідних і двох вихідних факторів. Обґрунтовано необхідність використання сучасних методів для рішення завдання прогнозування. Запропоновано метод штучних нейронних мереж з архітектурою перцептрон з 8 вхідними факторами та двома схованими шарами з 5 нейронами у кожному, активаційною функцією сигмоїдою та алгоритмом зворотного поширення помилок для навчання мережі. Наведено приклади розрахунку в середовищі Deductor Studio Lite. Здійснено порівняння з реальними даними.*

*The problem of forecasting the impact of research activities of students on the results of the final certification through the identification of factors of significant impact is formulated. A set of significant factors is formed, consisting of eight input and two output factors. The necessity of using modern methods to solve the problem of forecasting is substantiated. A method of artificial neural networks with a perceptron architecture with 8 input factors and two hidden layers with 5 neurons in each, a sigmoid activation function and an error back-propagation algorithm for network learning is proposed. Examples of calculations in the Deductor Studio Lite environment are given. Comparison with real data is made.*

Якість освітньої діяльності характеризується різними складовими, що включають такі поняття як: наявність державного стандарту вищої освіти і якість його реалізації; якість професорсько-викладацького складу закладу вищої освіти (ЗВО); якість організації процесу навчання; якість методичного забезпечення навчального процесу, а також якість суб'єктів навчання чи забезпечення підготовки кваліфікованих фахівців за спеціальностями і кваліфікаціями, передбаченими навчальними планами [1].

Внутрішня система оцінки якості освіти щодо суб'єктів навчання реалізується в формі проміжної і підсумкової атестацій студентів. При цьому слід враховувати, що підсумкова атестація – це інтегральний показник, який є проекцією набутих за період навчання знань, вмінь та навичок за різними дисциплінами та іншими «активностями» студентів. Однією з таких «активностей» є науково-дослідна робота студентів (НДРС), яка включає вивчення спеціалізованих дисциплін, написання науково-дослідних робіт тощо. Проблемі впливу науково-дослідної роботи на якість освіти присвячено достатньо багато досліджень як вітчизняних, так і закордонних науковців [2-5].

Отже, можна припустити, що якість, масштабність та своєчасність науково-дослідної роботи безпосередньо впливає на результати підсумкової атестації студентів, а саме – на середній рейтинг диплому та оцінку, яку студент отримує на захисті кваліфікаційної роботи. Виходячи з цього припущення, визначивши повний набір вхідних факторів, з'являється можливість прогнозувати результати підсумкової атестації студентів за результатами їх проміжної атестації та науковими «активностями».

В якості вхідних факторів, які, на нашу думку, впливають на загальну успішність студентів, визначимо: спеціальність, за якою студент навчається в магістратурі; середній рейтинг диплому бакалавра (СРБ); бал, отриманий на захисті випускної кваліфікаційної роботи бакалавра (ДБ); загальну кількість наукових публікацій студента (включаючи тези доповідей для наукових конференцій), в тому числі у співавторстві з науковим керівником (Спуб); кількість наукових публікацій студента в спеціалізованих («фахових») виданнях, в тому числі у співавторстві з науковим керівником (Sфах); наукового керівника (керівника випускної кваліфікаційної роботи); результати проміжної атестації за дисципліною «Основи наукових досліджень» (рейтинговий бал заліку); результати проміжної атестації за

дисципліною «Методологія і організація наукових досліджень» (рейтинговий бал заліку). Наведені фактори очікувано впливають на: середній бал диплому магістра (СБМ); середній рейтинг диплому магістра (СРМ); бал, отриманий на захисті випускної кваліфікаційної роботи магістра (ДМ) [6-7].

Дослідження були проведені на прикладі результатів навчання студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи і технології» ДДМА за 2017 – 2019 роки. Було обрано групи, освітній процес яких здійснювався за новими стандартами вищої освіти, а навчальні плани спеціальностей практично не змінювалися протягом зазначеного періоду часу. Також враховані відомості тільки про тих студентів, які отримали диплом бакалавра на базі повної середньої освіти (без прискореної форми навчання).

Для прогнозування треба визначити максимально ефективну комбінацію вхідних факторів і такі параметри моделі, що забезпечать максимальну точність прогнозування [8]. Для кожного випадку будемо визначати середню точність вихідних факторів трьома різними підходами: середні похибки визначення середнього рейтингу та оцінки, отриманої на захисті кваліфікаційної роботи, за національною шкалою; середні похибки визначення вихідних факторів при зведенні даних до «трьохбальної» шкали; середні похибки визначення вихідних факторів при трансформації даних до «європейської» шкали.

Оцінку впливу вхідних факторів будемо проводити з урахуванням таких умов:

1) базові умови – аналіз впливу основних результатів навчання за рівнем бакалавра (СРБ і ДБ);

2) варіативні умови – комбінація інших вхідних факторів:

- СРБ + ДБ + ОНД;
- СРБ + ДБ + МОНД;
- СРБ + ДБ + ОНД + МОНД;
- СРБ + ДБ + Спуб;
- СРБ + ДБ + Спуб + Sфах;
- СРБ + ДБ + ОНД + Спуб + Sфах;
- СРБ + ДБ + МОНД + Спуб + Sфах;
- СРБ + ДБ + ОНД + МОНД + Спуб + Sфах;
- СРБ + ДБ + ОНД + МОНД + Спуб + Sфах + керівник;
- СРБ + ДБ + ОНД + МОНД + Спуб + Sфах + керівник + спец.

Усі розрахунки були виконані у середовищі Deductor Studio Lite [9]. Отримані результати зведено до табл. 1.

Таблиця 2 – Середні похибки визначення вихідних факторів

№	СРБ	ДБ	ОНД	МОНД	Спуб	Sфах	Керів-ник	спец.	СРМ	ДМ	ср.	СРК	ДМК	ср.	СРКЕ	ДМКЕ	ср.
1	+	+							0,0115	0,0120	0,0118	0,1500	0,1000	0,1250	0,3500	0,3000	0,3250
2	+	+	+						0,0194	0,0035	0,0115	0,1500	0,1000	0,1250	0,3000	0,1000	0,2000
3	+	+		+					0,0048	0,0128	0,0088	0,0000	0,1500	0,0750	0,1500	0,1500	0,1500
4	+	+	+	+					0,0012	0,0025	0,0019	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	0,1000	<b>0,0000</b>	0,0500
5	+	+			+				0,0112	0,0025	0,0068	0,1000	0,0500	0,0750	0,2000	0,1500	0,1750
6	+	+			+	+			0,0048	0,0127	0,0088	0,0500	0,0500	0,0500	0,2000	0,1000	0,1500
7	+	+	+		+	+			0,0142	0,0027	0,0084	0,1000	0,0000	0,0500	0,1500	0,0500	0,1000
8	+	+		+	+	+			0,0003	0,0003	0,0003	0,0500	0,0000	0,0250	0,0500	0,0000	0,0250
9	+	+	+	+	+	+			0,0019	0,0057	0,0038	0,0000	0,0500	0,0250	0,0500	0,1000	0,0750
10	+	+	+	+	+	+	+		0,0003	0,0021	0,0012	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
11	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>0,0000</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>

На наступному етапі було обрано архітектуру нейронної мережі. Порівнюючи середні похибки визначення вихідних факторів для різних видів архітектури (крім вже використаної MLP 7(8)x5x2), обрано найбільш оптимальну (табл. 2 та 3), тобто таку, що забезпечує

мінімальну похибку. Мінімальне значення середньої похибки визначення вихідних факторів забезпечує архітектура перцептронів з двома прихованими шарами та п'ятьма нейронами у кожному з них (рис. 1). Результати прогнозування середнього рейтингу студентів за допомогою моделі MLP 8x5x5x2, а також фактичні бали наведені в табл. 4.

Таблиця 2 – Середні похибки визначення вихідних факторів для MLP із сімома факторами

Архітектура мережі	СРМ	ДМ	ср.	СРК	ДМК	ср.	СРК Е	ДМК Е	ср.
MLP 7x5x2	0,000 3	0,002 1	0,001 2	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,0000	0,000 0
MLP 7x10x2	0,000 0	0,005 4	0,002 7	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,0500	0,025 0
MLP 7x5x5x2	0,001 5	0,000 8	0,001 1	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,0000	0,000 0
MLP 7x10x10x2	0,000 1	0,014 3	0,007 2	0,000 0	0,050 0	0,025 0	0,000 0	0,0500	0,025 0

Таблиця 3 – Середні похибки визначення вихідних факторів для MLP із вісьмома факторами

Архітектура мережі	СРМ	ДМ	СР	СРК	ДМК	ср.	СРК Е	ДМК Е	ср.
MLP 8x5x2	0,000 0	0,000 1	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,0000	0,000 0
MLP 8x10x2	0,009 1	0,009 9	0,009 5	0,050 0	0,050 0	0,050 0	0,050 0	0,0500	0,050 0
MLP 8x5x5x2	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,0000	0,000 0
MLP 78x10x10x2	0,000 1	0,026 0	0,013 0	0,000 0	0,050 0	0,025 0	0,000 0	0,0500	0,025 0

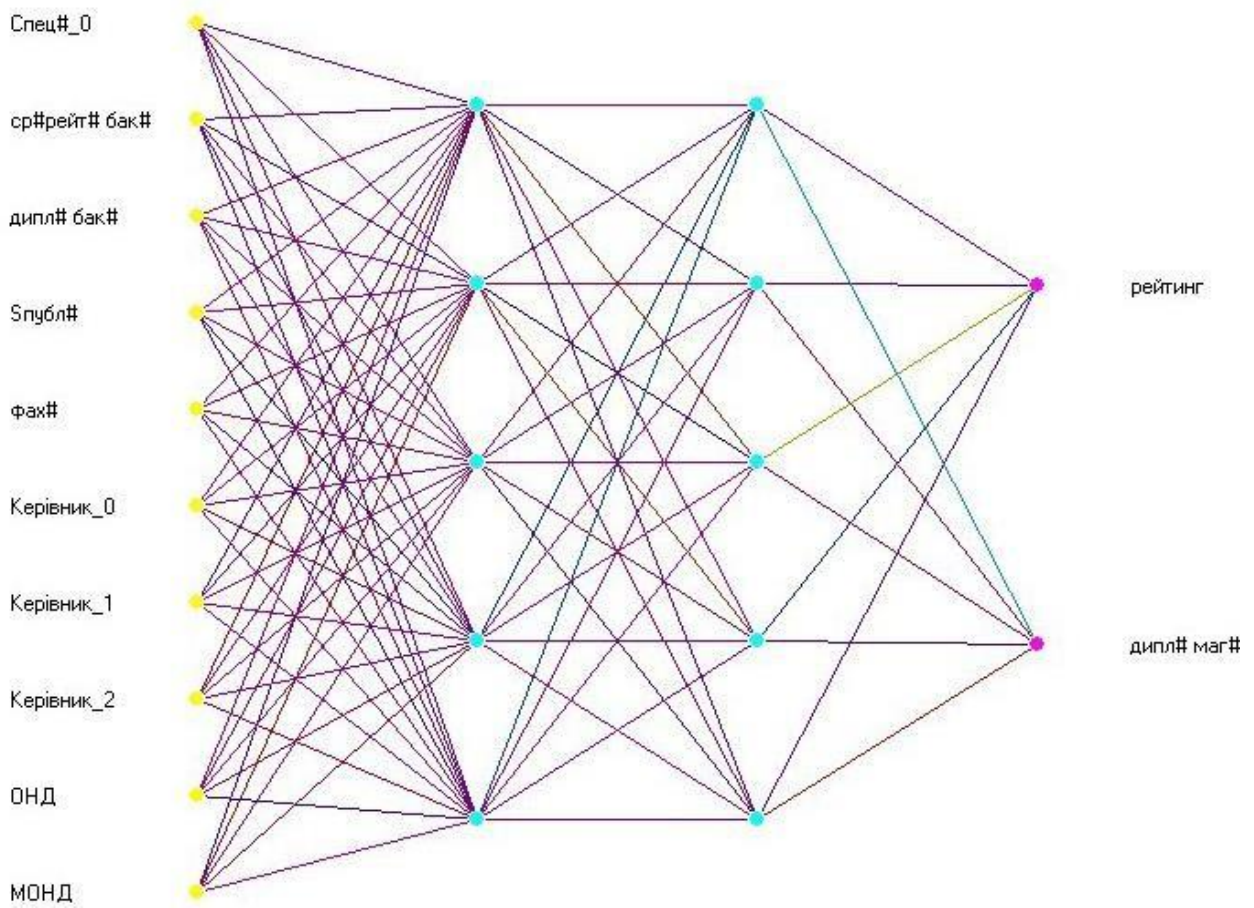


Рисунок 1 – Архітектура нейронної мережі MLP 8x5x5x2

Таблиця 6 – Результати прогнозування

Студент	Рейтинг	Розрахунок
Ареф'єва О.Б.	91,00	91,01
Булига В.С.	94,88	94,91
Верещак О.О.	95,00	94,63
Гриценко В.І.	80,12	80,12
Стецюк А.В.	84,62	84,62
Агакін А.О.	80,20	80,20
Веприцький Д.Ю.	63,85	63,84
Гераськін В.В.	79,25	79,26
Кубан Є.М.	83,95	83,96
Маліборська А.О.	86,00	86,00
Овсянников Р.Р.	83,90	83,91
Федченко А.Д.	77,20	77,19
Бакай О.С.	69,20	69,20
Будакова О.А.	96,50	96,14
Железняк А.О.	80,88	80,88
Бердник В.О.	89,83	89,82
Гарбуз О.А.	60,67	61,12
Саєвець Є.В.	60,33	60,69
Сич Р.В.	60,79	60,88
Шевченко Д.С.	61,75	60,92

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження довели, що ефективність науково-дослідної роботи студентів суттєво впливає на результати підсумкової атестації. Найбільш доцільним математичним інструментарієм прогнозування успішності студентів в залежності від наукових «активностей» виявився метод штучних нейронних мереж з архітектурою персептрона, яка складається з восьми вхідних факторів, двох прихованих шарів та з п'яти нейронів у кожному з них.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Види і форми науково-дослідної роботи студентів. Доступно: [https://pidruchniki.com/70158/pedagogika/vidi\\_formi\\_naukovo-doslidnoyi\\_roboti\\_studentiv](https://pidruchniki.com/70158/pedagogika/vidi_formi_naukovo-doslidnoyi_roboti_studentiv). Дата звернення: 16.10.2020р.*
2. *Мельников О.Ю. Моделювання впливу науково-дослідної роботи студентів закладу вищої освіти на результати їх підсумкової атестації / О.Ю. Мельников, Н.Ю. Шевченко // Математичні методи, моделі та інформаційні технології у науці, освіті, економіці, виробництві: збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з проблем вищої освіти і науки, м. Маріуполь, 29 квітня 2020 р. / Маріупольський державний університет; уклад. Шабельник Т. В., Дяченко О. Ф., Морозова А. О., Лазаревська Ю.А. – Маріуполь : МДУ, 2020. – С. 40-43.*

**Husein Mehmedović Doc. dr. , Narajan Mehmedović** (*International University of Travnik, J U Mixed High School "Gračanica*)

## PROSPECTS FOR THE USE OF CRYPTOCURRENCIES

*In this paper, we will deal with the perspective and impact of cryptocurrencies on the economic and financial system of Bosnia and Herzegovina. The emergence and use of cryptocurrencies, the most famous of which is Bitcoin, which has spread around the world. Bitcoin is accepted for online payments, although it is not issued by the central bank, it is also not tied to accounts with commercial banks, so technically it is not money. Cryptocurrencies function as electronic records of certain values stored in electronic wallets on websites that provide such a service. The Central Bank of Bosnia and Herzegovina does not have any information on market penetration and the use of virtual encrypted currency bitcoin or any other in Bosnia and Herzegovina. Currencies do not function as a typical currency, they are not issued by the central bank and they rely on a computer-to-computer protocol based on the Internet. It can be concluded that the acquisition and holding of cryptocurrencies, as well as their trading, is not prohibited in Bosnia and Herzegovina, but is not defined.*

*У цій роботі ми розглянемо перспективу та вплив криптовалют на економічну та фінансову систему Боснії та Герцеговини. Поява та використання криптовалют, найвідоміша з яких - біткойн, який поширився по всьому світу. Біткойн приймається до онлайн-платежів, хоча він не випускається центральним банком, він також не прив'язаний до рахунків у комерційних банках, тому технічно це не гроші. Криптовалюти функціонують як електронні записи певних цінностей, що зберігаються в електронних гаманцях на веб-сайтах, що надають таку послугу. Центральний банк Боснії та Герцеговини не має жодної інформації щодо проникнення на ринок та використання віртуальної зашифрованої валюти біткойн або будь-якої іншої в Боснії та Герцеговині. Валюти не функціонують як типова валюта, їх не випускає центральний банк, і вони покладаються на протокол від комп'ютера до комп'ютера, заснований на Інтернеті. Можна зробити висновок, що придбання та зберігання криптовалют, а також їх торгівля не заборонені в Боснії та Герцеговині, але не визначені.*

The continuous development of science and scientific and technological achievements contributes to the emergence of numerous innovations in all economic branches. Science has contributed to the accelerated development of society. Its continuous improvement has made it easier to perform many tasks that help a person to solve everyday problems faster. Economic science and its disciplines have greatly contributed to the development of the modern economic system. Finance, as one of the economic disciplines, contributes daily to accelerated financial progress. With the advent of the Internet, there is a faster development of electronic money and the emergence of cryptocurrencies, the most famous of which is Bitcoin. As with euros in the account, we keep cryptocurrencies in our electronic wallet on one of the many websites that provide this service. We will fill the wallet by exchanging "ordinary" money for, for example, Bitcoin on the Internet "stock exchanges". Bitcoin is created by computer processes on computers around the world. Bosnia and Herzegovina is currently lagging far behind in all areas of life, and our task is to board the last train car, which is moving forward rapidly in every respect. In our paper we will try to show the current situation in the financial sector and especially in the use of cryptocurrencies as a modern way of financial business via the Internet with the help of computer networks that are well developed in the modern world in relation to Bosnia and Herzegovina.

Money is one of the greatest human discoveries, facilitating and accelerating exchange with the developed world. However, we must be an integral part of the global market so that we cannot be isolated in scientific and technological advances from the rest of the world. Also in the field of financial operations and contributes to the social division of labor. Science and scientific understandings of money, following it through different stages of development of society and human activities, create a true picture of the importance of money, its function and role in the entire social system. Money by its nature is a rare good, therefore a specific commodity. In everyday life, we use money to pay for goods and to settle our obligations based on the services used. Given its rarity and the function it performs, it is a valuable commodity for us. It is true that money in practical use takes on worthless physical forms, that is, it appears in the form of paper and coins made of cheap material, mere records in a bank account or as computer information transmitted via

optical cables. Using it on a daily basis we are aware of the very fact that money has value. Why this is so and why its value sometimes changes is a question that leads us to the conclusion that money has a broader meaning and role in the economy. A folk saying says "money is a good servant and a bad master". Guided by this saying, all who put him first, as something they should come to at all costs, eventually become his slaves. While all those who use it in order to satisfy certain needs in order to create new value, use money as a good servant. [1]

The origin of cryptocurrencies is best explained through the example of the most popular cryptocurrency - Bitcoin. Bitcoin is not the first cryptocurrency in history, back in 1983, David Chaum, an American cryptographer managed to develop a cryptocurrency called ecash. That currency was already decentralized, but due to the low spread of technology and low public interest, it never came to life and came into wide circulation. Between 2008 and 2009, Bitcoin appeared. He was created or created (person or group) who presents himself under the pseudonym Satoshi Nakamoto. In the middle of 2010, Satoshi Nakamoto disappeared and covered his trail, there were many attempts to discover the real creator of Bitcoin. One of the initial schemes for a decentralized system was developed by computer scientist Wei Dai, who, he claims, found his inspiration in the work of Tim May, called "Crypto Anarchy". In his work, he described a utopian society, which, unlike other anarchist societies that overthrow the government, creates its independence from the government through computer knowledge. However, this idea inspired Wei Dai to come up with the idea and scheme of a decentralized monetary system, which would be such that the two sides operate safely without any fear of fraud. He introduced two protocols: The first protocol: It is designed in such a way that all users of this protocol have a database in which the property status of each user is displayed. Everyone has access to information about everyone's financial situation, while private information is hidden under a pseudonym. Second protocol: The user's property data is stored on a dedicated server, instead of each having its own database. The same format for sending messages during transactions is used here, but each user must confirm that the message was received and successfully processed by the server. Given that the server can only be trusted to a certain extent, in this protocol everyone should invest a certain amount of money on the account to be used for rewards and penalties. Also, each account should send messages regularly in each case. money to avoid the possibility that one account produces more money than the entire network combined. This prevents all servers from committing money fraud together and allows each new server to automatically connect to the network and synchronize with the database. All this is the first idea according to which bitcoin and the whole system of blockchain accounts were later formed.[2]

Cryptocurrencies have been quite a hot topic lately, but, apart from technological advances and the inventive design of the first cryptocurrency - Bitcoin, for many the primary motive was exclusively fast and big earnings. This is not surprising, especially if we take into account that on 01.01. In 2016, Bitcoin was priced at \$ 434, as early as January 1, 2017, it was at \$ 998, and on December 31, 2017, it cost \$ 12,755. The jump from the price of 1,000 to 12,000 in a one-year period proved to be a strong magnet for speculators, and after a few months Bitcoin came to 18,000, only to be halved shortly afterwards. Large and intense oscillations damage Bitcoin as a currency that aspires to survive in the long run and reach a wide range of users because users do not want to own a currency that strongly appreciates, but hoards it for the future. Furthermore, few want to own a currency that is rapidly losing value, but want to get rid of it as soon as possible. The described strong volatility is not surprising given that cryptocurrencies are based on the idea of a financial system without institutions, which excludes central banks whose primary function is to preserve the stability of the value of money. It is important to emphasize that cryptocurrency is based entirely on trust based on cryptography. Every financial system is based on trust, while with Bitcoin trust is not gained by force of law, legal procedure or official decrees, nor does it originate from the history of institutions, expertise and virtues of leading people, cultural and historical heritage, the amount of gold (and others). commodity) reserves and the like, but is based solely on confidence in mathematics, or cryptography. Furthermore, although cryptocurrencies are nominally called currencies and despite the fact that they plan to take over the functions of money, currently

cryptocurrencies do not fulfill any function of money. If we put money in the context of a generally accepted medium of exchange, a measure of value over time, it is concluded that cryptocurrencies are not generally accepted, only anecdotally serve as a measure of value because the possibility of buying goods or services in bitcoins is an exception, and due to strong volatility caused by the lack of a central institution to maintain its value, they are not recommended as a means of preserving value. for a long time. Speaking of capacities, it is important to emphasize that the Bitcoin network has greatly outgrown its own capacities. Standard payment systems process 2,000 transactions per second (with a capacity of over 20,000), and Bitcoin can only process seven. Due to the interest of certain groups, it is still not possible to reach a consensus of the majority on changing the elements of the Bitcoin system that would allow faster flow of more transactions, and therefore many other cryptocurrencies are emerging that see room for their own development. Based on the above, the question justifiably raises the question of whether the world economy needs hundreds or thousands of cryptocurrencies.[3] As with euros in the account, we keep cryptocurrencies in our electronic wallet on one of the many websites that provide this service. We will fill the wallet by exchanging "ordinary" money for, for example, bitcoin on the Internet "stock exchanges". Bitcoin is created by computer processes on computers around the world. In addition to earning money by solving complex calculation equations (so-called mining), it can also be purchased through bitcoin ATMs, ie on the Internet "stock exchanges". Today, several bitcoin ATMs also exist in large cities in the region, such as Zagreb, Split, Rijeka and other large cities, and the popularity of using bitcoin is also contributed by some entrepreneurs who accept it in online payments for travel arrangements or other services.[5] Cryptocurrencies have recently quite a current topic, but, apart from technological progress and inventive design of the first cryptocurrency - Bitcoin, for many the primary motive was exclusively fast and big earnings.

Funds invested in cryptocurrencies are not protected by the deposit insurance system and therefore it is necessary to be informed in detail about the possible risks of buying, trading and using such currencies, from reliable and verified sources, the Central Bank of Bosnia and Herzegovina said. The institution states that it is possible to lose "your money" on a currency trading platform because those platforms are often not regulated. If a currency trading platform loses money or fails, there is no special legal protection. Money from a "digital wallet" can be stolen. So, after buying a virtual currency, it is stored in a "digital wallet" - on a computer, laptop or smartphone, which are not protected from hackers. They also point out that it should be borne in mind that the value of virtual currencies is highly volatile and easily susceptible to both rising and falling. The Central Bank of Bosnia and Herzegovina does not have any information on market penetration and the use of virtual encrypted currency bitcoin or any other in Bosnia and Herzegovina. Currencies do not function as a typical currency, they are not issued by the central bank and they rely on a computer-to-computer protocol based on the Internet. At the end of 2013, the European Banking Authority tried to draw investors' attention to certain risks. In accordance with the Law on the Central Bank of Bosnia and Herzegovina, the only legal tender in Bosnia and Herzegovina is the convertible mark. It is not possible to exchange bitcoin or another cryptocurrency for a convertible mark, but only for other official currencies it is possible to exchange them into convertible marks.[6] According to the ECB, cryptocurrencies are a type of unregulated digital money, which is issued, controlled and used by members of special virtual groups.[9] Guided by the opinion of the ECB, the Central Bank of Bosnia and Herzegovina does not deviate much from the opinion of the ECB, which does not consider cryptocurrencies as currencies.

The area of cryptocurrencies in Bosnia and Herzegovina (neither in the Republika Srpska, nor in the Federation of Bosnia and Herzegovina) is still not covered by legislation, so until the official positions of the competent state bodies regarding this type of income are taken, only



speculations about possible legal and tax treatments remain. and the framework of revenues from the sale of cryptocurrencies and from the aspect of the Law on Personal Income Tax. In accordance with them, the possibility of classifying this type of income as the income that would be "at first glance" the closest, from the aspect of the Law on Personal Income Tax:

1. *Income from property rights Art. 21.* Law on Income Tax of the Federation of Bosnia and Herzegovina - after a more detailed consideration, it is concluded that it cannot be considered income from capital because the Law on Income Tax specifies the categories of income that are considered income from capital, and cryptocurrencies cannot be subsumed under any of the categoriesorija.
2. *Income from capital investment Art. 22.* Law on Income Tax of the Federation of Bosnia and Herzegovina - after a more detailed consideration, similar to the above, it is concluded that this type of income can not be considered capital gains because the Law on Personal Income Tax specifies the categories of income that are considered capital gains, and cryptocurrencies cannot be categorized into any category.

Additionally, although the Law on Income Tax in the Republika Srpska prescribes somewhat more categories of taxation, in essence they can be subsumed in the same way as the presented items 1 and 2, and thus we believe that neither in the Federation of Bosnia and Herzegovina nor in the Republika Srpska, the Income Tax Act does not explicitly prescribe the method of taxation. In the Federation of Bosnia and Herzegovina, however, in July 2018, an invitation was made to all taxpayers who earn income from abroad, to report the same, and calculate and pay income tax. In the same invitation, the forms for filing and submitting the same tax are presented, and the place of registration in the annual income tax return is certainly prescribed. With this call, income from abroad is a non-independent activity, and is thus recorded in the same application. They are subject to income tax of 10%. Taking into account all of the above, revenues from the sale of cryptocurrencies, from the aspect of the Law on Personal Income Tax, could most closely be subject to taxation from non-independent activities at a rate of 10%. In this regard, this type of income would be included in the sum of income that is subject to taxation by the annual personal income tax.[7]

If a company decides to produce cryptocurrencies and procures equipment for that purpose, and sells the produced cryptocurrencies and presents revenues on that basis in its balance sheets, such operations would not be in accordance with the Law on the Central Bank of Bosnia and Herzegovina and regulations foreign exchange operations are regulated. In this regard, the Central Bank of Bosnia and Herzegovina issued a notice:

Funds invested in cryptocurrencies are not protected by the deposit insurance system, and therefore before deciding on their use it is necessary to be informed in detail about the possible risks of buying, trading and using such currencies, from reliable and verified sources. By trading currencies on platforms, it is possible to lose "your money" because those platforms are often not regulated. If a currency trading platform loses money or fails, there is no special legal protection. Money from a "digital wallet" can be stolen. So after buying a virtual currency, it is stored in a "digital wallet" - on a computer, laptop or smartphone, which are not protected from hackers. The Central Bank of Bosnia and Herzegovina does not have any information on market penetration and the use of virtual encrypted currency bitcoin or any other in Bosnia and Herzegovina. Cryptocurrencies do not function as a typical currency, are not issued by the central bank and rely on a computer-to-computer, Internet-based network protocol. The Central Bank of Bosnia and Herzegovina reminds that the topic of cryptocurrencies has been discussed at the level of European regulatory bodies for

some time, but no special regulations have been adopted for that area at the level of the European Union, and, according to current information, restricted or prevented the purchase and trading of virtual currencies. They state that citizens are free to dispose of their money in the way they want, in accordance with their own decisions, but it is advisable to keep in mind that investing in cryptocurrencies is subject to greater risks than investing in other instruments. "

From all the above, it can be concluded that the acquisition and holding of cryptocurrencies, as well as their trading, is not prohibited in Bosnia and Herzegovina, but is not defined. All legal entities that decide to do business with cryptocurrencies in Bosnia and Herzegovina operate at their own risk, and this does not only mean financial risk, but also the risk borne by business that is contrary to regulations [7].

The perspective of the use of cryptocurrencies in Bosnia and Herzegovina depends not only on the will of the population of Bosnia and Herzegovina and the economy, but also on a number of other factors that limit the possibility of their use within the existing legislation. The current legislation is not in favor of all those who want to legally use cryptocurrencies as other currencies in many financial transactions. Currently, several types of cryptocurrencies are in use in the world, such as Bitcoin, as the oldest and most well-known cryptocurrency. In addition to this cryptocurrency, Litecoin, Dogecoin, Ripple, Peercoin and other cryptocurrencies are also in use, which we did not mention in our paper. Cryptocurrencies have been a fairly current topic lately, but, apart from technological advances and the inventive design of Bitcoin's first cryptocurrency, for many the primary motive has been solely fast and high earnings. For example: in 2016, Bitcoin had a price of 434 USD, as early as 01.01. In 2017, it was at \$ 998, and on December 31, 2017, it cost \$ 12,755. The large price increase from 1,000 to 12,000 in a one-year period proved to be a strong magnet for speculators, and after a few months Bitcoin came to 18,000, only to halve its price shortly afterwards. Cryptocurrencies present a great challenge to people who are prone to risk, quick and big earnings in a legal way. The advantage of cryptocurrencies over classic currencies is in the limited supply, which is why they are more protected from inflation.

## REFERENCES

- [1] Mehmedović. H., (2019.), „Osnove monetarnih i međunarodnih finansija“, Internacionalni univerzitet Travnik, str.19.
- [2] Salkić. H., (2019.), „Osnove WEB tehnologija“, Travnik, izdavač autor, str. 364-366.
- [3] Tadinac. M., (2018.) „ Ekonomika perspektiva kriptovaluta i blockchain tehnologije“, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu.
- [4] <https://www.svetnauke.org/18126-nastanak-razvoj-novca-od-skoljki-kriptovaluta>(Downloaded:18.07.2018.)
- [5] <https://www.stedopis.hr/sto-je-kriptovaluta/>(Downloaded: 20.01.2020.)
- [6] <https://www.jabuka.tv/centralna-banka-bih-izdala-upozorenje-za-kriptovalute/>(Downloaded: 21.01.2020.)
- [7] <https://unija.com/kriptovalute-u-bosni-i-hercegovini/?lang=bs>(Downloaded:21.01.2020.)
- [8] <https://www.stedopis.hr/sto-je-kriptovaluta/>(Downloaded:22.01.2020.)
- [9] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/efst:2288/preview>(Downloaded:22.01.2020.)

**Goran Milentijević, Smiljana Marković, Aleksandar D. Marinković, Predrag Dašić, Milutin M. Milosavljević** (*Faculty of Technical Science, University of Priština, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Academy of Professional Studies Šumadija – Department in Trstenik, Serbia*)

## THE OPTIMAL LABORATORY PROCEDURE FOR THE SYNTHESIS OF SODIUM ALKYLXANTHOGENS

*In this paper, the optimal laboratory procedure for the synthesis of sodium alkylxanthogens in a suitable reaction medium (xylene) starting from alkyl alcohol, sodium hydroxide and carbon disulfide is defined. The described synthesis process is characterized by: high degree of conversion and purity of the product, mild reaction conditions and the possibility of application at the industrial level of production. After the first synthesis reaction, the solvent xylene is used again for the next synthesis, which is an extremely favorable condition from the aspect of environmentally friendly technologies.*

*У цій роботі визначено оптимальну лабораторну процедуру синтезу алкилксантогенів натрію у відповідному реакційному середовищі (ксілол), починаючи з алкилового спирту, гідроксиду натрію та сірководню. Описаний процес синтезу характеризується: високим ступенем конверсії та чистотою продукту, м'якими умовами реакції та можливістю застосування на промисловому рівні виробництва. Після першої реакції синтезу розчинник ксілол знову використовують для наступного синтезу, що є надзвичайно сприятливою умовою з точки зору екологічно чистих технологій.*

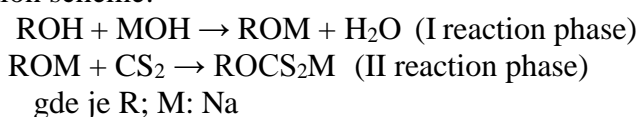
### 1. INTRODUCTION

Xanthates (O-alkyldithiocarbonates) belong to 1,1-dithiolate family and are the reaction product of carbon-disulfide, an alcohol, and an alkali. Xanthogens are xanthogenic acid derivatives of the general formula  $\text{ROCS}_2\text{M}$ , where R is an alkyl group and M is a metal. Also, it can be said that xanthates are sulfhydryl collectors, since sulfhydryl SH or SM participates in their polar group, where M represents the alkali metal K or Na [39]. They are extensively used as pharmaceuticals, fungicides, pesticides, rubber accelerators, corrosion inhibitors, agricultural reagents and quite recently in therapy for HIV infections [3-4, 51]. From the beginning of the twentieth century until today, they have been widely used as reagents for the flotation concentration of Pb-Zn, Cu-Zn and Au-Ag ores. [10, 26-27, 44, 58]. Metal xanthate complexes and their adducts with a variety of Lewis bases have been extensively studied [16, 56]. The soluble alkali metal xanthates are widely used in extraction and purification of Hg, Ag, Cd etc. [45]. Xanthates react with terc. amine to give quaternary ammonium salts at room temperature, and dithiolcarbonates at elevated temperatures [57]. N-methylethylxanthocarbamate has been used as an analytical reagent for the determination of trace amount of calcium in standard alloys, biological samples [21]. Xanthates of platinum, palladium, gold, nickel, rhodium and bismuth are known to possess antitumoral activities [15]. They can be used as plant growth regulators [11] and have a pharmacological effect [14, 47-48]. They are used as tyrosinase inhibitors [46], prevulcanization accelerators [42] and as reagents in nanoparticle synthesis [13, 31, 43]. Alkylation of alkyl xanthogens gives S-alkyl esters of xanthogenic acid [7, 25], and pyrolysis of alkyl ester of xanthogenic acid (Chugalj's elimination) produces alkenes [37, 54]. Starting from cellulose in reaction with alkalis and carbon disulfide, cellulose xanthates are obtained, which are used in the removal of heavy metals from water in effluent [55]. Starting from ethyl oxantate as a reagent, asymmetric thioureas can be synthesized [2], and S-alkylthiolcarbonates are formed by oxidation of amine salts of xanthogenic acid [32-34]. Xanthates are most often obtained by the reaction of alcohol, hydroxide and carbon disulfide [8, 12], or by the reaction of alkoxide, which is obtained by the reaction of alcohol and hydroxide, alcohol and alkali metal, ether and hydroxide with carbon disulfide [6, 18-20, 29, 50]. Different characteristics of xanthates are presented in papers [1, 5, 17, 23-24, 28, 38, 40-41, 49, 52].

There are a number of technological processes for the synthesis of alkaline alkyl xanthogens, many of which are applied at the industrial level and protected by patent applications. The synthesis of alkaline butyl xanthogens takes place by reacting alkali and excess butyl alcohol, with reflux and after cooling the reaction mixture, by adding carbon disulfide [35]. The synthesis of diisopropyl xanthate disulfide consists of 5 steps [53]. The alkoxide obtained from alcohol and sodium hydroxide is reacted with carbon disulfide to give the xanthate as an intermediate. Oxidation of the resulting xanthate gave the disulfide diisopropyl xanthate in a liquid mixture, which was isolated and purified. The described synthesis process achieves high product yields. The synthesis of sodium butyl oxantate by the crystallization method consists in the reaction of n-butyl alcohol and carbon disulfide in the presence of sodium hydroxide in the presence of an organic solvent benzene. The reaction takes place at a temperature between 5 and 35 °C for 0.5 to 1.5 hours [22]. Also, the synthesis of potassium and sodium butyl oxantate takes place in the reaction of carbon disulfide, sodium or potassium hydroxide and n-butyl alcohol in the presence of water, at their molar ratio of 1:1 and at a temperature of 25-40 °C. Xanthate separation is performed by removing the liquid phase in vacuo. The presented optimal laboratory synthesis procedure in this paper refers to the preparation of sodium ethylxanthogens, ie to an improved process for the production of alkali metal xanthates, where the xanthogen can be produced in the form of an aqueous solution or in solid state, with high yields. Xylene is used as a solvent in which the alkoxide dissolves, while the product, xanthate, forms a suspension. By adding water to the reaction mixture at the end of the reaction, the layers are separated. Xanthate dissolves in water, the suspension disappears, and xylene separates as the upper organic layer. The separated xylene is returned to the synthesis process, and the aqueous xanthate solution is transferred to the receiving tank from which it is discharged into the packaging.

## 2. EXPERIMENTAL PART

In this paper, the laboratory procedure for the synthesis of sodium ethylxanthogens in the form of aqueous solutions is optimized. Optimization of sodium - ethylxanthogen synthesis was performed in relation to: reaction time, temperature, molar ratio of reactants and amount of solvent (amount of xylene used as solvent actually determines the obtained percentage of product suspension in the reaction mixture). The synthesis of sodium ethylxanthogen was performed according to the following reaction scheme:



MS-Excel software system is used to graphical representation of data [9].

### 2.1. Synthesis of sodium ethyl xanthate (Na-EtX)

An amount of 96 g (2.30 mol) of 96.7% sodium hydroxide and 25 cm<sup>3</sup> of water were added to a three-necked flask of 4 dm<sup>3</sup>, equipped with a stirrer, dropping funnel, reflux condenser and thermometer, and the mixture was heated while sodium hydroxide was melted. Afterwards, a mixture of 110.0 g (2.30 mol) of 96.0% ethanol and 1400 cm<sup>3</sup> of xylene was added using a dropping funnel, followed by stirring and heating the reaction mixture at a temperature of 65 °C for 1.5 hours. The reaction mixture became silvery white and quite viscous, so the intensive mixing is necessary. After 1.5 hours, the reaction mixture was cooled to 35 °C when the addition of 128.0 cm<sup>3</sup> (2.1 mol) of 98.0% of carbon disulfide started. Carbon disulfide was added dropwise during 1.5 hours while maintaining the reaction mixture temperature in the range 35-40 °C. After that, 237.5 cm<sup>3</sup> of water was added and the reaction mixture was stirred for five minutes, transferred to the separation funnel, separating the upper layer of xylene from the lower aqueous portion, which is a solution of the synthesized Na-EtX. The upper organic layer of xylene was further used as a reaction medium for the subsequent synthesis of xanthates. The resulting Na-EtX aqueous solution (526.30 g) was analyzed to obtain the pure product content (1.82 mol, 50% aqueous solution), giving a yield of 87.71%. Synthesis of other sodium/potassium alkyl xanthate was done in an analogous manner.

## 2.2. Analytical methods of xanthate analysis [30]

### 2.2.1. Laboratory procedure for determining the purity of xanthate in synthesized compounds

Weigh accurately on an analytical balance about 0,5 g of xanthate sample and transfer to a 150 cm<sup>3</sup> beaker, add about 50 cm<sup>3</sup> of distilled water, then 20 cm<sup>3</sup> of 10% BaCl<sub>2</sub> solution, shake well and allow the precipitate to settle. It is then filtered through filter paper, the filtrate is taken up in a 300 cm<sup>3</sup> conical flask, 35 cm<sup>3</sup> of 1 M HCl solution are added, shaken and left to stand for 40 minutes. After standing, the excess acid is re-titrated with 0.1 M NaOH solution to the end point with a methyl-rot indicator until yellow.

### 2.2.2. Laboratory procedure for the determination of sulphides in xanthate

Weigh 2-3 g of the xanthate sample and quantitatively transfer to a normal 250 cm<sup>3</sup> vessel, add 50 cm<sup>3</sup> of water and stir, then add 10 cm<sup>3</sup> of 10% BaCl<sub>2</sub> solution, shake and make up to the line with distilled water. Sulfates, sulphites and carbonates are precipitated in this way. After standing for 30 minutes, the mixture is filtered through filter paper, 50 cm<sup>3</sup> of 1 M HCl solution are added to 50 cm<sup>3</sup> of filtrate and left to stand for one hour. Excess acid is titrated back with 0.1 M NaOH solution to the end point with methyl orange (consumption A), and then titration is continued with phenolphthalein (consumption B). Difference B-A refers to the content of sulfide S<sup>2-</sup> in xanthate.

$$\frac{2 \cdot (B - A) \cdot F \cdot 3.9 \cdot 5}{m_{\text{sample}} \cdot 10}$$

$$\% \text{Na}_2\text{S} = \frac{2 \cdot (B - A) \cdot F \cdot 3.9 \cdot 5}{m_{\text{sample}} \cdot 10}$$

### 2.2.3. Laboratory procedure for the determination of trithiocarbonate in xanthate

Weigh 2-3 g of the xanthate sample and dissolve in a 250 cm<sup>3</sup> beaker with another 20 cm<sup>3</sup> of distilled water. Then 100 cm<sup>3</sup> of ethanol and 5 cm<sup>3</sup> of 10% zinc (II) chloride solution are added. After 10 minutes, the mixture is filtered through a G4 well, the cake is washed well with ethanol and then with distilled water. The collected filtrate was treated with 15 cm<sup>3</sup> of 1 M hydrochloric acid solution and allowed to stand for 30 minutes. Excess iodine is then added and, after 15 minutes, titrated back with a standard solution of 0.1 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Under these conditions, both sulfide and thiocarbonate react, so it is necessary to correct the values by reducing it for a certain sulfide.

$$\% \text{Na}_2\text{CS}_3 = \frac{\frac{0.1 \text{ M I}_2}{V} \cdot F - \frac{0.1 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{V} \cdot F}{10 \cdot m_{\text{sample}}} \cdot 7.7$$

## 3. Results and discussion

In the experimental part of this paper, the optimal parameters for the synthesis of sodium ethyl xanthogens starting from alcohol, sodium hydroxide and carbon disulfide in the reaction medium xylene were determined. Optimization of the synthesis process was done by determining the yield of the obtained products and the content of active substance (concentration of the obtained product in aqueous solution) depending on the reaction parameters: reaction time, temperature of the first and second reaction phases, molar ratio of reactants, percentage of reaction mixture suspension. xylene).

### 3.1. Results of optimization of Na-EtX synthesis conditions

In the experimental part of the work on the optimization of the laboratory procedure for Na-EtX synthesis, the reaction parameters were determined: reaction time, molar ratio of reactants, reaction temperature and suspension concentration in the reaction medium (xylene). The results of the Na-EtX yield dependence on the reaction time are presented in Table 1.

**Table 1.** Dependence of Na-EtX yield versus reaction time (reaction conditions: temperature: I reaction step 65 °C, II reaction step 35-40 °C, reagents ratio (mol): EtOH/NaOH/CS<sub>2</sub> =1.1/1.1/1.1.

Exp. No.	Time (h)	Na-EtX yield			Purity <sup>1</sup> (%)
		(g)	(mol)	(%)	
1	3.0	510.00	1.70	81.60	48.00
2	4.0	511.00	1.71	81.62	48.00
3	4.5	526.30	1.82	87.71	50.00

---

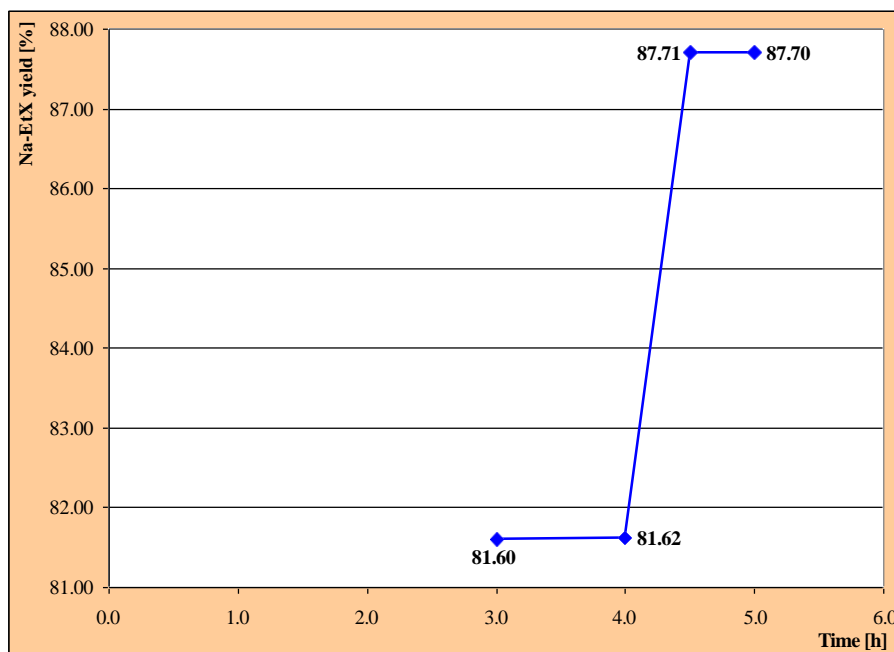
4	5.0	526.31	1.82	87.70	50.00
---	-----	--------	------	-------	-------

---

<sup>1</sup> Product concentration Na-EtX in water solution

Results from Table 1 (dependence of Na-EtX yield *versus* time of reaction) are graphically presented in Fig. 1. Obviously, the optimal reaction time of the Na-EtX synthesis is 4.5 hours, when a yield of 87.71% is achieved. Extending the reaction time to five hours does not provide a higher degree of conversion of the reactants into the product.

Based on the results shown in Table 1, the dependence of Na-EtX yield on the reaction time in Figure 1 is presented.



**Fig. 1.** Yield dependence of synthesized Na-EtX on reaction time

The results of the temperature dependence of the Na-EtX yield dependence are presented in Table 2.

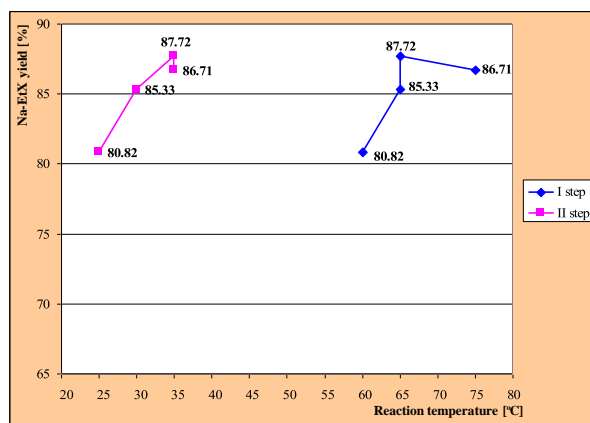
**Table 2.** Dependence of Na-EtX yield from temperature (reaction conditions: reaction time 4.5 h; reactants ratio (mol): EtOH /NaOH /CS<sub>2</sub> = 1.1 /1.1 / 1.1).

Exp. no.	Reaction temperature <sup>1</sup> [°C]		Na-EtX yield			Purity <sup>2</sup> (%)
	I	II	(g)	(mol)	(%)	
1	60	25	491.25	1.70	80.82	46.93
2	65	30	512.66	1.78	85.33	48.88
3	65	35	526.30	1.83	87.72	50.00
4	75	35	527.00	1.82	86.71	50.00

<sup>1</sup> I - first step and II - second step of the reaction

<sup>2</sup> Concentration of the synthesized product Na-EtX in water solution

Based on the results shown in Table 2, the dependence of Na-EtX yield on the reaction temperature in Fig. 2 is presented.



**Fig. 2.** Yield results of synthesized NaEtX as a function of reaction temperature

Results from Table 2 (dependence of Na-EtX yield from temperature) are graphically presented in Fig. S2. It can be noted that the optimal temperature for the first step that represents alcoholate synthesis is 65 °C, while for the second step of xanthate synthesis in xylene in the form of a suspension of 35 °C, the yield is 87.72%. At lower temperatures, the yield is decreasing, and the resulting product is less pure. This is probably due to the formation of secondary products of tritio carbonate, since the reaction of carbonate sulfide with sodium hydroxide is favored at a lower temperature. Increasing the temperature of the reaction mixture in the second step of the reaction over 40 °C makes no sense as it includes easily evaporative and flammable reactants, and consequently, a significant increase in yield is not achieved.

Concerning the results of the dependence test of the yield of Na-EtX synthesis on the molar ratio of reactants (Table 3, Fig. 3), the highest conversion (87.70%) was achieved using the molar ratio of the reactants EtOH /NaOH /CS<sub>2</sub>=1.1/1.1/1.0 mol. Increasing the concentration of reactants does not yield better yield due to the formation of the by-product and the residue of unreacted carbon disulfide.

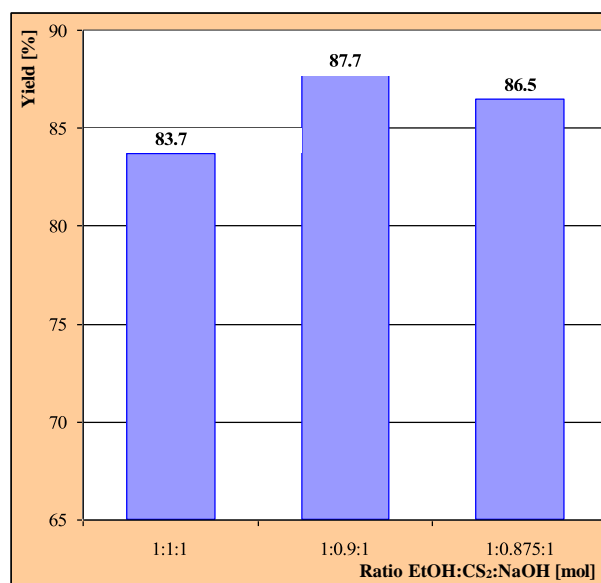
**Table 3.** Dependence of Na-EtX yield from reactants ratio (reaction conditions: reaction time 4.5 h; temperature: I reaction step - 65 °C, II reaction step - 35 °C,.

Exp. No.	EtOH (96.0%) (g)	CS <sub>2</sub> (98.0%) (mol)	NaOH (96.7%) (cm <sup>3</sup> )	NaOH (96.7%) (mol)	Yield (%)	Purity <sup>1</sup> (%)
1	100.4	2.10	128.0	2.10	83.70	47.81
2	110.0	2.30	128.0	2.10	87.70	50.10
3	115.0	2.40	128.0	2.10	86.50	49.65

<sup>1</sup> Concentration of the synthesized product Na-EtX in water solution

Based on the results shown in Table 3, the dependence of Na-EtX yield on the reactant concentration in Fig. 3 is presented.





**Fig. 3.** Dependence of the yield of synthesized NaEtX on the concentration of reactants

The dependence of the Na-EtX yield on the product suspension concentration (Table 4, Figure S4) indicated that the optimal concentration of the suspension is 20%. A yield of 87.70% was achieved when reactants reacted in the present medium xylene in an amount yielding 20% suspension of the final product. Increasing the concentration of reactants in order to increase reactor productivity is not desirable due to the formation of a concentrated product suspension, which causes the difficulties concerning mixing of the reaction mixture and the by-product formation. Also, reducing reactant concentrations does not give satisfactory yields and product purity due to the lower probability of properly-oriented collisions of the particles that react, even if the reaction time is prolonged (experiments 1 and 2).

**Table 4.** Dependence of Na-EtX yield from product suspension concentration.

Exp. No.	Suspension [%]	Reaction conditions				
		Reaction time [h]	Temperature (°C)		Reactants molar ratio	Yield [%]
			I step	II step	EtOH/NaOH/CS <sub>2</sub>	
1	10	6.0	60-65	35-40	1.1/1.1/1.0	75.02
2	15	5.0	60-70	35-45	1.1/1.1/1.0	80.01
3	20	4.5	60-65	35-40	1.1/1.1/1.0	87.70
4	25	4.5	65-70	35-40	1.1/1.1/1.0	85.21

Based on the results shown in Table 4, the dependence of Na-EtX yield on the concentration of the product suspension is presented, in Fig. 4.

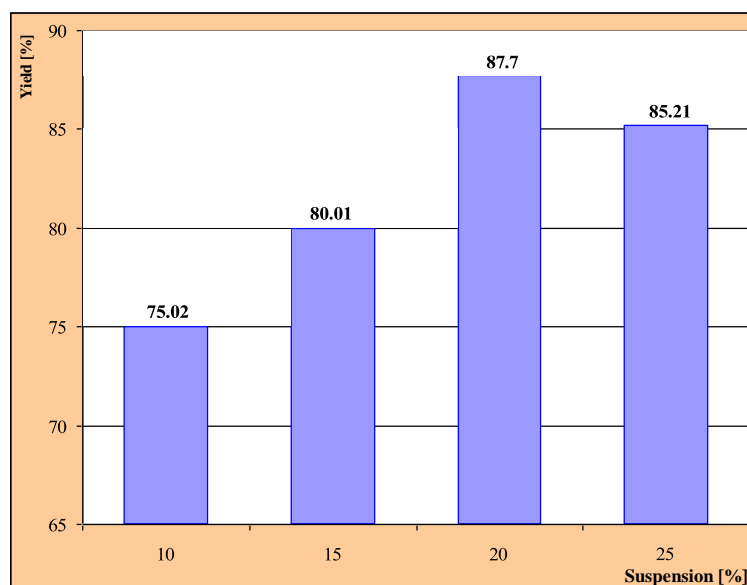


Fig. 4. Dependence of Na-EtX yield on product suspension concentration

### 3.3. Results of stability testing of synthesized sodium ethylxanthogens

In the presented literature results [36], the stability of xanthates as a function of storage time, pH-value and temperature was investigated by monitoring the change in solution absorption at a certain wavelength. It was found that with the decrease of pH value from 10 to 5, prolongation of storage time and increase of temperature, xanthate decomposition occurs. In our work, the stability of synthesized xanthates was investigated by analyzing the content of active substance, sulfide and trithiocarbonate in certain time intervals, at a constant value of pH 12 and a temperature of 20 °C. Synthesized sodium - ethylxanthogens in the form of aqueous solutions of certain concentrations are practically final products, which can be used in the process of ore flotation. The obtained results of these analyzes give realistic conditions for storage of final products in warehouses of finished goods or in warehouses of mines where they are used. The results of analyzes in the procedure of testing the stability of synthesized alkaline alkyl xanthates are presented in Table 5.

Table 5. Results of analysis of synthesized sodium – ethylxanthogens<sup>a</sup>.

Time(Days)	0			30			60			90		
	% a.m. <sup>b</sup>	% Sulf. <sup>c</sup>	% Trit. <sup>d</sup>	% a.m.	% Sulf.	% Trit.	% a.m.	% Sulf.	% Trit.	% a.m.	% Sulf.	% Trit.
Na-EtX-1	41,0	1,4	0,30	41,0	1,4	0,30	40,9	1,4	0,30	40,9	1,4	0,30
Na-EtX-2	51,2	1,5	0,31	51,1	1,5	0,30	51,1	1,5	0,31	51,0	1,5	0,31

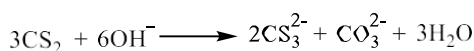
a.- pH value of aqueous solutions of tested xanthates is 12

b.- Percentage of active substance in solution

c.- Percent of sulfide

d.- Percentage of trithiocarbonate

Based on the results of the analysis of synthesized sodium - ethylxanthogens, it can be noticed that they are stable and do not change the concentration during a period of sixty days. Thus, the tested sodium ethyl xanthate practically does not degrade under the tested conditions for sixty or more days. This information is important due to the storage of products in the form of aqueous solutions at the places of application in mines. Based on the results of the analysis of synthesized sodium - ethylxanthogens, it can be noticed that they are stable and do not change the concentration during a period of sixty days. Thus, the tested sodium ethyl xanthate practically does not degrade under the tested conditions for sixty or more days. This information is important due to the storage of products in the form of aqueous solutions at the places of application in mines.



In the initial phase of adding CS<sub>2</sub> to the reaction mixture, a xanthate is formed, which dissolves in the water present. The water present in the reaction mixture originates from the added water at the beginning of the synthesis in the phase of dissolving sodium hydroxide and the water formed in the phase of obtaining the alcoholate. The resulting alcoholate is dissolved in xylene, which is present in the reaction mixture, and the resulting xanthate, which is insoluble in xylene, is dissolved in the water present. The obtained alkoxide reacts with carbon disulfide to form a xanthate, which dissolves in the separated water, so that the reaction, further, takes place successively with maximum conversion. In this way, the equilibrium reaction between alcohol and sodium hydroxide shifts to the right in the direction of alkoxide formation. As the reaction of CS<sub>2</sub> and the resulting alkoxide in the first phase of the synthesis takes place further, the second phase of the xanthate formation reaction practically shifts the equilibrium of the first phase of the reaction to the right. The maximum conversion of reactants into a product - xanthate, which is obtained in the form of a suspension in the reaction medium - xylene, is achieved. By adding a certain amount of water to the reaction mixture in order to obtain an aqueous solution of the xanthate, the resulting xanthate is dissolved, and the solvent xylene is isolated and used for a new synthesis. If it is not desired to obtain the xanthate in the form of an aqueous solution of a defined concentration, then after synthesis, the reaction mixture is cooled and filtered. The synthesized xanthate is isolated as a filtration cake, and the xylene filtrate is used again for a new synthesis reaction. Figure 5 shows the reactions of by-product formation in the reaction mixture. If the reaction takes place in excess alcohol or the alcohol is a reactant and also a reaction medium, it will react with carbon disulfide to give dialkyl thiocarbonate (I) with the evolution of hydrogen sulfide (II). This reaction is favored to a small extent, which is confirmed especially by the reaction of alkyl-xanthogenic acid with alcohol. The reaction of neutralization of xanthogenic acid with sodium hydroxide is incomparably faster. Hydrogen sulfide reacts with the alkali present in the reaction mixture to release the alkali sulfide (III). Carbon disulfide reacts in parallel with the alkali, which is in the reaction mixture, to form trithiocarbonate (IV) and carbonate (V).

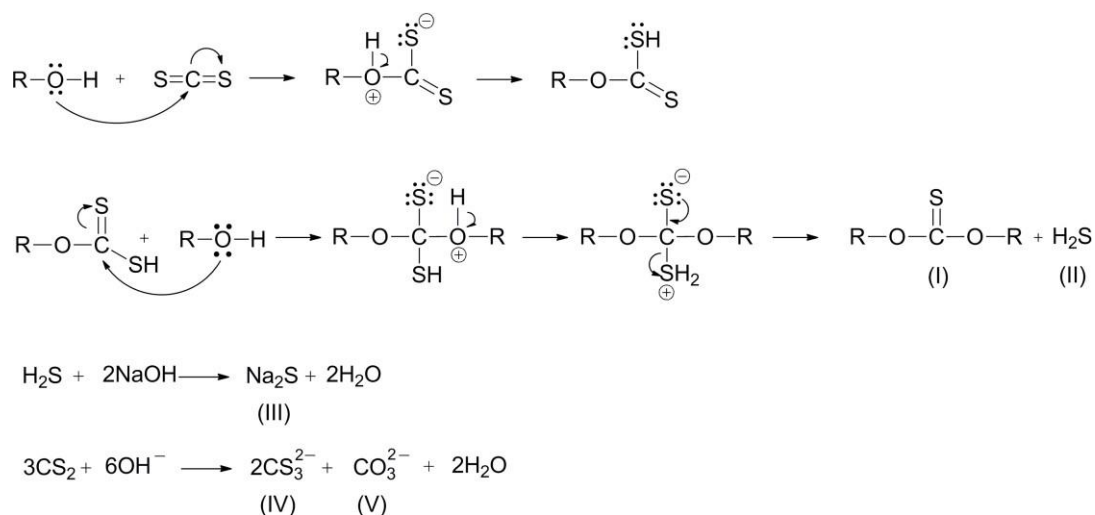


Figure 5. Side reactions in the synthesis of alkaline alkyl xanthates

According to the described optimized laboratory procedure for the synthesis of alkali-alkylxanthogens in the form of aqueous solutions, the possibility of creating by-products is reduced to a minimum. Namely, the design of the reactor is such that it enables intensive mixing, which is necessary for the maximum number of collisions of correctly oriented molecules that react. The reactor used with ideal mixing in this synthesis, enables far better phase contact and more efficient mixing, and thus better product yield and quality.

#### 4. CONCLUSION

In this paper, an optimized laboratory procedure for the synthesis of sodium ethylxanthogens in the form of an aqueous solution is presented. Synthesis parameters in laboratory conditions were defined and trial industrial productions were performed. Since xanthates are used in the flotation process in the form of aqueous solutions of lower concentrations, the question naturally arises of the possibility of producing commercial packaging of xanthates in liquid form of a certain concentration. This question is even more interesting considering that in the production of liquid xanthates the drying phase is avoided, which from the aspect of profitability makes this process acceptable for industrial production. Based on the obtained results, which refer to the high percentage of conversion of reactants into products and the simplicity of the defined procedure in mild reaction conditions of synthesis with recycling of the reaction medium, the presented technological procedure is applied at the industrial level of production. By the defined procedure in this paper, the formation of by-products is reduced to the minimum possible extent. The problem that arises in the process of production of xanthate of liquid consistency, ie. aqueous solution is to provide the highest possible concentration of the final product due to the productivity of the reactor and transport costs. Storage conditions for final products are defined, bearing in mind that xanthates crystallize at higher concentrations than 35%, so it is important from the aspect of storage to produce them so that concentrations of final products do not exceed 35%, especially in colder months.

### Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Serbia (Project Number 43007).

### REFERENCES

1. Abellán-Flos, M.; Tañç, M.; Supuran, C.T. & Vincent, S.P.: Multimeric xanthates as carbonic anhydrase inhibitors. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, Vol. 31, Issue 6 (2015), pp. 946–952. ISSN 1475-6366. doi: [10.3109/14756366.2015.1072177](https://doi.org/10.3109/14756366.2015.1072177).
2. Akkilagunta, V.K. & Kakulapati, R.R.: Synthesis of unsymmetrical sulfides using ethyl potassium xanthogenate and recyclable copper catalyst under ligand-free conditions. *The Journal of Organic Chemistry*, Vol. 76, Issue 16 (August 2011), pp. 6819–6824. ISSN 0022-3263. doi: [10.1021/jo200793k](https://doi.org/10.1021/jo200793k).
3. Alexander, E.R. & Mudrak, A.: Studies on the mechanism of chugaev and acetate thermal decompositions. I: Cis- and trans-2-phenylcyclohexanol. *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 72, Issue 4 (1950), pp. 1810–1813. ISSN 0002-7863.
4. Ara, I.; El Bahij, F.; Lachkar, M. & Larbi, N.B.: Synthesis and characterization of ethylxanthato complexes of zinc(II) with P-donor ligands. *Transition Metal Chemistry*, Vol. 28, Issue 8 (November 2003), pp. 908–912. ISSN 0340-4285. doi: [10.1023/A:1026326404549](https://doi.org/10.1023/A:1026326404549).
5. Bai, L.; Liu, J.; Han, Y.; Jiang, K. & Zhao, W.: Effects of xanthate on flotation kinetics of chalcopyrite and talc. *Minerals*, Vol. 8, Issue 9 (September 2018), Article no. 369: pp. 1–14. ISSN 2075-163X. doi: [10.3390/min8090369](https://doi.org/10.3390/min8090369).
6. Bartram, T.W. & Weltman, W.C.: *Manufacture of xanthates*. U.S. Patent no. 1724549. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1929. – 3 pp.
7. Chênevert, R.; Paquin, R. & Rodrigue, A.: Crown ether catalysis in the synthesis of xanthates. *Synthetic Communications*, Vol. 11, Issue 10 (1981), pp. 817–821. ISSN 0039-7911. doi: [10.1080/00397918108065661](https://doi.org/10.1080/00397918108065661).
8. Chia, C.-J.; Currah, J.E. & Lusby, G.R.: *Manufacture of alkali metal xanthates*. U.S. Patent no. 3864374. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1975. – 3 pp.
9. Chigvintseva, O. & Dašić, P.: *The research of polymer composites based on polyarylate polyester*. Scientific Monography. Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2019. – 180 pp. ISBN 978-86-6075-071-8.
10. Christmann, L.J.: *Butyl xanthate flotation*. U.S. Patent no. 1837852 A. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1931. – 2 pp.
11. Danzig, M.J. & Kinnersley, A.M.: *Method for regulating plant growth using xanthates*. U.S. Patent no. 4806149. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1989. – 4 pp.
12. De Witt, G.G.: *Xanthates and method of making same*. U.S. Patent no. 2037718. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1936. – 2 pp.

13. Efrima, S. & Pradhan, N.: Xanthates and related compounds as versatile agents in colloid science. *Comptes Rendus Chimie*, Vol. 6, Issue 8-10 (August 2003), pp. 1035–1045. ISSN: 16310748. doi: [10.1016/j.crci.2003.08.002](https://doi.org/10.1016/j.crci.2003.08.002).
14. Friebolin, W.; Schilling, G.; Zöllner, M. & Amtmann, E.: Antitumoral activity of non-platinum xanthate complexes. *Journal of Medicinal Chemistry*, Vol. 48, Issue 25 (December 2005), pp. 7925–7931. ISSN 0022-2623. doi: [10.1021/jm040899l](https://doi.org/10.1021/jm040899l).
15. Friebolin, W.; Schilling, G.; Zöllner, M. & Amtmann, E.: Synthesis and structure-activity relationship of novel antitumoral platinum xanthate complexes. *Journal of Medicinal Chemistry*, Vol. 47, Issue 9 (April 2004), pp. 2256–2263. ISSN 0022-2623. doi: [10.1021/jm0309405](https://doi.org/10.1021/jm0309405).
16. Gable, R.W.; Hoskins, B.F. & Winter, G.: Reversible and non-reversible inclusion compounds of the nickel xanthate adducts with 4,4'-bipyridyl and with 2,2'-dipyridylamine. *Inorganica Chimica Acta*, Vol. 96, Issue 2 (January 1985), pp. 151–159. ISSN 0020-1693. doi: [10.1016/S0020-1693\(00\)87575-1](https://doi.org/10.1016/S0020-1693(00)87575-1).
17. García-Leiva, B.; Teixeira, L.A.C. & Torem, M.L.: Degradation of xanthate in waters by hydrogen peroxide, fenton and simulated solar photo-fenton processes. *Journal of Materials Research and Technology*, Vol. 8, Issue 6 (November–December 2019), pp. 5698–5706. ISSN 2238-7854. doi: [10.1016/j.jmrt.2019.09.037](https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.09.037).
18. Hirschkind, W.: *Process for manufacturing alkali metal xanthates*. U.S. Patent no. 1872452. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1932. – 3 pp.
19. Hirschkind, W.: *Process of manufacturing sodium xanthate*. U.S. Patent no. 1701264. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1929. – 2 pp.
20. Hirschkind, W.: *Process for preparing xanthates*. U.S. Patent no. 2024925. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1935. – 4 pp.
21. Hussain, M.F.; Sangahi, A.K. & Puri, B.K.: N-methylethylxanthocarbamate as an analytical reagent: Differential pulse polarographic determination of cadmium in standard alloys, biological and environmental samples after adsorption of its complex on microcrystalline naphthalene. *Journal of Analytical Chemistry*, Vol. 57, Issue 8 (August 2002), pp. 724–729. ISSN 1061-9348. doi: [10.1023/A:1016830010796](https://doi.org/10.1023/A:1016830010796).
22. Jun, H.: *Process for synthesizing sodium butyl xanthate* [in Chinese]. CN Patent no. 102050769 (A). Beijing (China): State Intellectual Property Office (SIPO), 2011. – 5 pp.
23. Kempainen, J.; Aaltonen, A.; Sihvonen, T.; Leppinen, J. & Sirén, H.: Xanthate degradation occurring in flotation process waters of a gold concentrator plant. *Minerals Engineering*, Vol. 80 (September 2015), pp. 1–7. ISSN 0892-6875. doi: [10.1016/j.mineng.2015.05.014](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.05.014).
24. Kim, D.S.; Kuh, S.E. & Moon, K.S.: Characteristics of xanthates related to hydrocarbon chain length. *Geosystem Engineering*, Vol. 3, Issue 1 (March 2000), pp. 30–34. ISSN 1226-9328. doi: [10.1080/12269328.2000.10541147](https://doi.org/10.1080/12269328.2000.10541147).
25. Lee, A.W.M.; Chan, W.H.; Wong, H.C. & Wong, M.S.: One pot phase transfer synthesis of O-alkyl, S-methyl dithiocarbonates (xanthates). *Synthetic Communications*, Vol. 19, Issue 3-4 (1989), pp. 547–552. ISSN 0039-7911. doi: [10.1080/00397918908050698](https://doi.org/10.1080/00397918908050698).
26. Lee, K.; Archibald, D.; McLean, J. & Reuter, M.A.: Flotation of mixed copper oxide and sulphide minerals with xanthate and hydroxamate collectors. *Minerals Engineering*, Vol. 22, Issue 4 (2009), pp. 395–401. ISSN 0892-6875. doi: [10.1016/j.mineng.2008.11.005](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2008.11.005).
27. Lin, S.; Liu, R.; Bu, Y.; Wang, C.; Wang, L.; Sun, W. & Hu, Y.: Oxidative Depression of Arsenopyrite by Using Calcium Hypochlorite and Sodium Humate. *Minerals*, Vol. 8, Issue 10 (October 2018), Article no. 463: pp. 1–15. ISSN 2075-163X. doi: [10.3390/min8100463](https://doi.org/10.3390/min8100463).
28. Ma, X.; Xia, L.; Wang, S.; Zhong, H. & Jia, H.: Structural modification of xanthate collectors to enhance the flotation selectivity of chalcopyrite. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 56, Issue 21 (May 2017), pp. 6307–6316. ISSN 0888-5885. doi: [10.1021/acs.iecr.6b04566](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b04566).
29. McCool, J.C.: *Method of preparing alkali metal xanthates*. U.S. Patent no. 2678939. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1954. – 3 pp.
30. *Methods for chemical analysis of xanthates. The lead-acetate titration method for determination of xanthate content*. National Standard of Chinese Standard YS/T271.1-1994. Beijing (China): China Non-Ferrous Metal Corporation, 1987, pp. 1–7.
31. Mikhlina, Y.; Vorobyev, S.; Saikova, S.; Tomashevich, Y.; Fetisova, O.; Kozlova, S. & Zharkov, S.: Preparation and characterization of colloidal copper xanthate nanoparticles. *New Journal of Chemistry*, Vol. 4 (2016), Article no. c6nj00098c: pp. 1–7. . doi: [10.1039/c6nj00098c](https://doi.org/10.1039/c6nj00098c).



32. Milosavljević, M.M.; Marinković, A.D.; Rančić, M.; Milentijević, G.; Bogdanović, A.; Cvijetić, I.N. & Gurešić, D.: New eco-friendly xanthate-based flotation agents. *Minerals*, Vol. 10, Issue 4 (April 2020), Article no. 350: pp. 1–18. ISSN 2075-163X. doi: [10.3390/min10040350](https://doi.org/10.3390/min10040350).
33. Milosavljević, M.M.; Mijin, D.Ž.; Milisavljević, S.S.; Elezović, N.M. & Milanović, J.K.: New facile one-pot synthesis of S-alkyl thiolcarbamates from xanthogenate in water. *Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly*, Vol. 144, Issue 12 (December 2013), pp. 1833–1837. ISSN 0026-9247. doi: [10.1007/s00706-013-1083-7](https://doi.org/10.1007/s00706-013-1083-7).
34. Milosavljević, M.M.; Vuković, G.D.; Marinković, A.D.; Aleksić, R.R. & Uskoković, P.S.: Synthesis of N-(3- and 4-substituted phenyl)-O-isobutyl thionocarbamates from O-isobutyl xanthate and amines using a nano-platinum multi-walled carbon nanotube catalyst. *Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly*, Vol.142, Issue 10 (October 2011), pp. 1045–1053. ISSN 0026-9247. doi: [10.1007/s00706-011-0568-5](https://doi.org/10.1007/s00706-011-0568-5).
35. Mohamed, A.A.; Kani, I.; Ramirez, A.O. & Fackler, J.P. Synthesis, characterization, and luminescent properties of dinuclear gold(I) xanthate complexes: X-ray structure of [Au<sub>2</sub>(nBu-xanthate)<sub>2</sub>]. *Inorganic Chemistry*, Vol. 43, Issue 13 (June 2004), pp. 3833–3839. ISSN 0020-1669. doi: [10.1021/ic0349858](https://doi.org/10.1021/ic0349858).
36. Mustafa, S.; Hamid, A.; Naeem, A. & Sultana, Q.: Effect of pH, temperature and time on the stability of potassium ethyl xanthate. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, Vol. 26, Issue 4 (December 2004), pp. 363–366. ISSN 0253-5106.
37. Nace, H.R.: Chapter 2: The preparation of olefins by the pyrolysis of xanthates: The Chugaev reaction. In: *Organic Reactions*. Hoboken (New Jersey – USA): John Wiley & Sons Inc., 2011, pp. 57–100. ISBN 978-0-471-26418-7. doi: [10.1002/0471264180.or012.02](https://doi.org/10.1002/0471264180.or012.02).
38. Nava-Alonso, F.; Pecina-Treviño, T.; Pérez-Garibay, R. & Uribe-Salas, A.: Pulp potential control in flotation: The effect of hydrogen peroxide addition on the extent of xanthate oxidation. *Canadian Metallurgical Quarterly*, Vol. 41, Issue 4 (2002), pp. 391–397. ISSN 0008-4433. doi: [10.1179/cmq.2002.41.4.391](https://doi.org/10.1179/cmq.2002.41.4.391).
39. Neerupama; Sachar, R.; Sambya, N.; Kapoor, K.; Singh, K.; Gupta, V.K. & Rajnikant: Synthesis, characterization and X-ray structure of the adducts of bis(O-butyl)dithiocarbonato)nickel(II) with substituted pyridines. *Acta Chimica Slovenica*, Vol. 60, Issue 2 (2013), pp. 397–402. ISSN 1580-3155.
40. Niu, X.; Chen, J.; Li, Y.; Xia, L.; Li, L.; Sun, H. & Ruan, R.: Correlation of surface oxidation with xanthate adsorption and pyrite flotation. *Applied Surface Science*, Vol. 495 (November 2019), Article no. 143411: pp. 1–9. ISSN 0169-4332. doi: [10.1016/j.apsusc.2019.07.153](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.07.153).
41. Özün, S. & Ergen, G.: Determination of optimum parameters for flotation of galena: Effect of chain length and chain structure of xanthates on flotation recovery. *ACS Omega*, Vol. 4, Issue 1 (January 2019), pp. 1516–1524. ISSN 2470-1343. doi: [10.1021/acsomega.8b02841](https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02841).
42. Palaty, S.; Devi, P.V. & Joseph, R.: Use of sodium and potassium butyl xanthate as accelerator for room temperature pre Vulcanization of natural rubber latex. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 122, Issue 2 (October 2011), pp. 1325–1332. ISSN 0021-8995. doi: [10.1002/app.34057](https://doi.org/10.1002/app.34057).
43. Pradhan, N.; Katz, B. & Efrima, S.: Synthesis of high-quality metal sulfide nanoparticles from alkyl xanthate single precursors in alkylamine solvents. *Journal of Physical Chemistry, B*, Vol. 107, Issue 50 (December 2003), pp. 13843–13854. ISSN 1520-6106. doi: [10.1021/jp0357951](https://doi.org/10.1021/jp0357951).
44. Rao, S.R. & Finch, J.A.: Base metal oxide flotation using long chain xanthates. *International Journal of Mineral Processing*, Vol. 69, Issue 1-4 (March 2003), pp. 251–258. ISSN 0301-7516. doi: [10.1016/S0301-7516\(02\)00130-8](https://doi.org/10.1016/S0301-7516(02)00130-8).
45. Reddy, P.Ch. & Rangamannar, B.: Comparative substoichiometric extraction and quantification of mercury in geological water samples with potassium salts of ethyl, propyl, butyl, pentyl and benzyl xanthates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 213, Issue 1 (May 1996). 9–19. ISSN 0236-5731. doi: [10.1007/BF02162481](https://doi.org/10.1007/BF02162481).
46. Saboury, A.A.; Alijanianzadeh, M. & Mansoori-Torshizi, H.: The role of alkyl chain length in the inhibitory effect n-alkyl xanthates on mushroom tyrosinase activities. *Acta Biochimica Polonica*, Vol. 54, Issue 1 (2007), pp. 183–192. ISSN 0001-527X. doi: [10.18388/abp.2007.3285](https://doi.org/10.18388/abp.2007.3285).
47. Sauer, G.; Amtmann, E. & Hummel, K.W.: *Antiviral and antitumor xanthate pharmaceutical compositions*. U.S. Patent no. 4851435. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1989. – 16 pp.
48. Scherm, A. & Hummel, K.: *Xanthates and antiviral use thereof*. U.S. Patent no. 4602037. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1986. – 10 pp.

49. Shen, Y.; Nagaraj, D.R.; Farinato, R. & Somasundaran, P.: Study of xanthate decomposition in aqueous solutions. *Minerals Engineering*, Vol. 93 (July 2016), pp. 10-15. ISSN 0892-6875. doi: [10.1016/j.mineng.2016.04.004](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.04.004).
50. Vanderbilt, B.M. & Thorn, J.P.: *Preparation of alkali alkyl xanthates*. U.S. Patent no. 2534085. Alexandria (Virginia – USA): United States Patent and Trademark Office (USPTO), 1950. – 3 pp.
51. Victoriano, L.I. & Cortés, H.B.: Cuprous dithiocarbamates – Syntheses and reactivity. *Journal of Coordination Chemistry*, Vol. 39, Issue 3-4 (1996), pp. 231–239. ISSN 0095-8972. doi: [10.1080/00958979608024331](https://doi.org/10.1080/00958979608024331).
52. Vorobyev, S.A.; Saikova, S.V.; Novikova, S.A.; Fetisova, O.Y.; Zharkov, S.M.; Krylov, A.S.; Likhatski, M.N. & Mikhlin, Y.L.: Colloidal and immobilized nanoparticles of lead xanthates. *ACS Omega*, Vol. 4, Issue 7 (July 2019), pp. 11472–11480. ISSN 2470-1343. doi: [10.1021/acsomega.9b00841](https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00841).
53. Weien, P.; Tao, S. & Weiping, L.: *Preparation method of xanthate* [in Chinese]. CN Patent no. 104774166 (A). Beijing (China): State Intellectual Property Office (SIPO), 2015. – 10 pp.
54. [Whitmore](#), F.C. & [Simpson](#), C.T.: Some aspects of the Tschugaeff reaction for dehydrating alcohols. *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 55, Issue 9 (1933), pp. 3809–3812. ISSN 0002-7863. doi: [10.1021/ja01336a060](https://doi.org/10.1021/ja01336a060).
55. Wong, T.C.; Chan, W.H. & Cheng, V.K.W.: The preparation and characterization of a cellulose xanthate based ion-exchange reagent. *Journal of Chemical Education*, Vol. 71, Issue 9 (September 1994), pp. 803–805. ISSN 0021-9584. doi: [10.1021/ed071p803](https://doi.org/10.1021/ed071p803).
56. Xiong, R.-G.; Yu, Z.; Liu, C.-M. & You, X.-Z.: Crystal structure and magnetic properties of a novel *cis*-4,4'-bipyridine polymeric complex of Ni<sup>II</sup>: *cis*-catena-( $\mu$ -4,4'-bipy) [Ni(Et-XA)<sub>2</sub>] $\cdot$ 0.5EtOH $\cdot$ CHCl<sub>3</sub>. *Polyhedron*, Vol. 16, Issue 15 (1997), pp. 2667–2670. ISSN 0277-5387. doi: [10.1016/S0277-5387\(96\)00595-5](https://doi.org/10.1016/S0277-5387(96)00595-5).
57. Yoshida, H.: Reaction of xanthates with t-amines. VI: The reaction mechanism. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, Vol. 42, Issue 7 (July 1969), pp. 1948–1954. ISSN 0009-2673. doi: [10.1246/bcsj.42.1948](https://doi.org/10.1246/bcsj.42.1948).
58. Zhang, Y.; Shao, Y.; Zhang, R.; Li, D.; Liu, Z. & Chen, H.: Dating ore deposit using garnet u–pb geochronology: Example from the xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit, Eastern China. *Minerals*, Vol. 8, Issue 1 (2018), Article no. 31: pp. 1–18. ISSN 2075-163X. doi: [10.3390/min8010031](https://doi.org/10.3390/min8010031).

**Milica Tufegdžić, Aleksandar Marić** (*Academy of Applied Studies Šumadija - Department of Trstenik, Serbia*)

## INTEGRATING BUSINESS PROCESSES TO ENTERPRISE

*Developing completely integrated information environment for business processes is the main challenge for modern enterprises. Enterprise Information System (EIS), as an essential component of any enterprise system, is a vital tool for supporting, extending and integrating business processes at all levels. Quality EIS can be accomplished through the process of modeling multi-dimensional aspects of the enterprise architecture, together with proper integration of the business, organizational, information, application and technological sub-architectural components. Unified Modeling Language (UML) with its diagrams provides modeling support for representing static structure and dynamic behavior of EIS, using standard notations and rules.*

*Розробка повністю інтегрованого інформаційного середовища для бізнес-процесів є головною проблемою для сучасних підприємств. Інформаційна система підприємств (EIS), як важливий компонент будь-якої корпоративної системи, є життєво важливим інструментом підтримки, розширення та інтеграції бізнес-процесів на всіх рівнях. Якісна (EIS) може бути досягнута за допомогою процесу моделювання багатовимірних аспектів архітектури підприємства, разом із належним інтегруванням ділових, організаційних, інформаційних, прикладних та технологічних суб-архітектурних компонентів. Уніфікована мова моделювання (UML) зі своїми діаграмами забезпечує підтримку моделювання для представлення статичної структури та динамічної поведінки EIS, використовуючи стандартні позначення та правила.*

### 1. INTRODUCTION

Modern enterprises and organizations today are faced with globalization, virtualization, agile approaches, market competition and demands for high quality products and services, as well as increasing customers' needs. Business processes, as interrelated dependent activities, became more complex, dynamic, long-termed and comprehensive [1]. From this point of view the main challenge for enterprises is to integrate and coordinate the business processes efficiently [2]. Describing business activities and their interactions with the resources is the main focus in business process modeling [3]. Business environments today are highly automated, where a modern, complex business process is an “inherently distributed system” and presents a core of business organizations [4]. The main tools for support and control of the execution of these processes are information systems, which play a critical role in creation and achieving competitive advantages, desired results for customer and company success [1,5]. These information systems range from business process reengineering to creating completely new business models, such as automation of production processes, via streamlining of business processes by electronic work flow systems to the creation of new business models [5].

The enterprises as living things must have the ability to detect changes in environment, respond to them and work under uncertain and unexpected business conditions. The boundaries of "main" enterprise are extended from suppliers, vendors or business partners, though production process or service, to customers and distributors [2]. This leads to paradigmatic shift from traditional enterprise architecture to digital architecture which includes social Web, System Oriented Architecture (SOA), big data analytics, omni-channels, cloud computing, virtualization, Internet-of-Things and so on [6]. Nowadays, essential component of any enterprise system is EIS, as vital tools and key Information Technology (IT) assets for organizing, planning, scheduling, integrating, controlling and extending business processes across enterprise boundaries, at intra- and intra-organizational levels [6,7,8]. EIS encompasses different modules for planning, manufacturing, sales, marketing, distribution, accounting, financial, human resources management, project management, inventory management, service and maintenance, transportation and e-business [6].

During the decades, from a historical Information System (IS) application perspective and from a historical Information and Communication Technologies (ICTs) perspective, EIS have evolved, from Enterprise Resource Planning (ERP/I), to ERP/II (known as extended ERP - eERP),



and finally to ERP/III. However, with respect to the EIS history, six particular types of EIS can be separated: Enterprise Resource Planning (ERP), Supply Chain Management (SCM), Manufacturing Execution Systems (MES), Customer Relationship Management (CRM), Product Lifecycle Management (PLM) and Business Intelligence (BI) [4,6].

Core component of every EIS is software architecture, which supports the quality attributes or non-functional requirements as key business drivers. It describes a set of system components as well as their topological relations in an EIS, using a variety of business models, analytical techniques, and conceptual tools to describe the structure and dynamics of an enterprise [7,8]. Enterprise architecture is a collection of artifacts, due the fact that the logical organization of business processes and business functions, information architecture (software architecture, network and database architecture) and information flow are described and modeled with artifacts [8]. The Zachman framework, as the most comprehensive framework, represents the artifacts of EIS, covering all aspects, from business strategies to the information systems coding, in order to model and create completely integrated information environment [9].

Various modeling languages and notation are developed for business process modeling and specifying, visualizing, constructing, and documenting the artifacts of software systems [3,10]. With the use of object-oriented technology it is possible to design business process by data attributes and operations of the objects, flows between object actions, and represent business object as entities with encapsulated business logic and data [10]. The Unified Modeling Language (UML), developed by the Object Management Group (OMG), as the mainstream modeling approach within IT, is used to represent information models in different phases of system development [11,12]. It is used for modeling software system, as well as for business processes and business architecture [12].

Mapping different UML diagrams into the cells of Zachman framework, represented through two independent aspects in a matrix, give opportunities to integrate and extend business processes into EIS. Special visualizations and views of different architectures such as: business, application, information, technical and product architecture are provided, together with accompanying infrastructures. These are key factors for a successful execution of an integrated enterprise system.

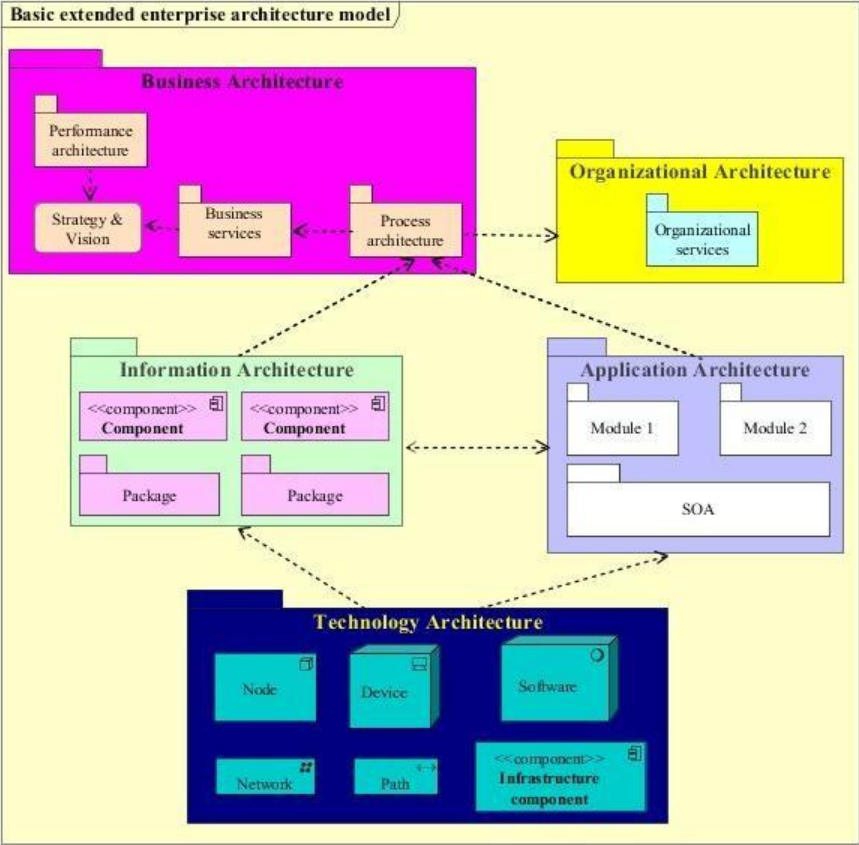
## **2. THE ROLE OF BUSINESS PROCESSES IN EXTENDED ENTERPRISE ARCHITECTURE MODEL**

Trends in the development of EIS are related with the intention of using information generated within the company and ensuring cooperation with other enterprises, customers and partners [13]. In addition, there is strong dependency and need for growth in terms of integration with suppliers, customers, partners, authorities, the public, service providers, and other external stakeholders [14]. A number of organizations use the process called enterprise integration as organizations linkage of their own systems to external systems, which is a key technique for transforming business processes and increasing efficiency [15]. This all leads to automation of all internal enterprise business processes and changes in external relationships, as well as structural changes of system architecture and multilevel applications built on concepts of service-oriented architecture (SOA) [13].

Business processes are defined through a number of linked activities or logically related tasks, triggered by events from the business environment and subdivided into different business functions. One of the main tasks during the developing process of EIS is the integration of the supported business processes. This task is accomplished by providing standards for data, databases/clusters of databases, business processes or any other part of the system [16,17]. System activities directly invoke software services or software functions. User interfaces are provided for user-supported activities [16].

Representing and keeping the alignment between business processes, business information and the corresponding support systems and technology is the base for modeling multi-dimensional aspects of the enterprise architecture. Business nouns are used for describing the basic roles in

different views focused on Organizational, Business, Information, Applications and Technological concerns [18]. In line with these views, five architectural components (sub-architectures) can be recognized: business, organizational, information, application and technological architecture. Each of them is individually represented and organized as a UML package [9,18]. The relationships between packages are represented as dotted arrows and sub-architecture elements are symbolically presented using UML notation at Figure 1. Simplified basic extended enterprise architecture model are shown at Figure 1.



**Fig. 1:** Basic extended enterprise architecture model using UML notation

The core of business architecture is made of business processes, as a set of activities conducted over input entities. These entities collaborate with each other through different roles, performing proper operations or services over the other entities and implementing business strategies. This collaboration is coordinated and represented by UML’s dynamic diagrams. The organizational architecture includes organizational units, human resources etc. It depicts all the aspects that are related to the organization that is composed of entities, which describes enterprise artifacts, such as resources required for business, support and management processes. Entities are represented as UML classes and described with its attributes and methods. The process of modeling information requirements necessary to support business processes and functions results in the information architecture. Physical data and logical aspects are described in information architecture. The application architecture supports the business requirements and manages the organization’s entities. It defines applications required for enabling business architecture and describes application services needed for business process support. The technological architecture represents technologies for support business processes and applications from the other subsystems. Physical and infrastructural concepts (such as computational and the non-computational nodes) that support application platforms for technological infrastructure have to be identified and planned [9,18].

### **3. MAPPING UML DIAGRAMS INTO ZACHMAN FRAMEWORK FOR ENTERPRISE ARCHITECTURE**

Unified modeling language (UML) is a modern approach to modeling software systems. As a visual, object-oriented and multipurpose modeling language, it is considered as de facto standard in software development. But, UML is also used for business process modeling [19,20,21]. Building profiles which introduce a set of stereotypes that define specializations of UML meta-model elements is possible [21]. Actual standard UML 2.5 is a conglomeration of 14 diagrams, classified in two major kinds of UML diagrams: structure diagrams, which shows show the static structure of the system and its parts, and behavior diagrams, which show the dynamic behavior of the objects in a system over the time [19,20,22]. Structure diagrams include class, object, package, composite structure, component, deployment and profile diagrams. Behavior diagrams include use case, activity and state machine diagrams, as well as the four interaction diagrams (sequence, communication, timing and interaction overview diagrams) [20,22].

ZFEA is enterprise ontology or meta-model of an enterprise. The ZFEA is 6x6 two-dimensional schema, represented as matrix, comprised of columns and rows. Every intersection between columns and rows provides a representation or an enterprise view. Rows, columns and cells in the architecture affect each other, so the changes in any model influence the other models. Various enterprise entities and objects designed as artifacts can be classified according to the fundamental abstractions namely What? How? Where? Who? When? Why?, in columns, as well as specific audience perspectives and transformations in rows [23]. Each cell is primitive and can be described and modeled independently [24].

Mapping different UML diagrams into ZFEA cells is conducted according to the extended enterprise definition and basic architecture model presented at Fig. 1. Fig. 2 shows the possibilities for using different UML diagrams for modeling items presented in cells. Rows respectively represent Scope, Business model, System model, Technology model, Detailed representations and Functioning enterprise. Six basic questions progress toward specific abstractions are: Data, Function, Network, People, Time and Motivation. Scope is realized by identification, Business model by definition, System model by representation, Technology model by configuration, Detailed representations by configurations and Functioning enterprise by instantiations. Data refer to any entity, as class of business things, business entities, data entity, segment/table, filed or actual business data. In our case data refer to inventory. Functions are represented as processes, for example: class of business processes, business processes, application function, computer function, language statement and actual application code. Network is referred to as distribution, for example node as: major business location, business location, information system function or physical devices such as processor, storage etc., hardware or system software, addresses and actual physical networks. People are referred to as responsibility (major organization, organization unit, role, user, identity and actual business organization). Time is related to the term timing, where time refers to major business event, business event, system event, execution time, interrupt and actual business schedule. Motivation is described with major business goals or critical success factor, business objective, business strategy, action assertion, condition, sub-condition and actual business strategy.

### **4. DISCUSSION**

Package, class and use case diagrams should be used for presenting things that are important to business, while activity and use case diagrams are proper for processes which business performs. Class and composite structure diagram could be applied for semantic model. Activity, state machine and interaction diagrams should be used for business model and application architecture. Package, class and component diagrams could be used for logistic data model and physical data model. System design could be modeled with activity, state, profile and interaction diagrams. Technology architecture could be presented with deployment, component and profile diagram, and presentation architecture with deployment diagram. Human interface architecture should be modeled with use

case and profile diagram, and processing structure with timing and state machine diagram. State machine diagram will also be used for modeling and presenting control structure. Network architecture should be presented with network architecture diagram. UML doesn't provide any specific elements for network, but for this purpose, a deployment diagram with some extra networking stereotypes could be used, showing nodes and communication paths.

Classification Names Perspectives Audience	DATA What	FUNCTION How	NETWORK Where	PEOPLE Who	TIME When	MOTIVATION Why	Classification Names Model names
	Composite integrations →		← Alignment		← Composite integrations		
SCOPE/ EXECUTIVE PERSPECTIVE (Business context planners)	List of things important to business Inventory identification Package diagrams Class diagrams Use case diagrams	List of processes business performs Process identification Activity diagrams diagrams	List of locations in which the business operate Distribution identification	List of organizations important to the business Responsibility identification	List of events significant to the business Timing identification	List of business goals/ strategies Motivation identification	SCOPE CONTEXT (Scope identification list)
BUSINESS MODEL/ BUSINESS MANAGER PERSPECTIVE (Business context owners)	Semantic model Inventory definition Class diagrams Composite structure diagrams	Business process model Process definition Activity diagrams State machine diagrams Interaction diagrams	Business logistic system Distribution definition	Workflow model Responsibility definition	Master schedule Timing definition	Business plan Motivation definition	BUSINESS CONCEPTS (Business definition model)
SYSTEM MODEL/ BUSINESS MANAGER PERSPECTIVE (Business logical layer developers)	Logistic data model Inventory representation Package diagrams Class diagrams Component diagrams	Application architecture Process representation Activity diagrams State machine diagrams Interaction diagrams	Distributed system architecture Distribution representation Deployment diagrams	Human interface architecture Responsibility representation Use case diagrams	Processing structure Timing representation Timing diagrams State machine diagrams	Business rule model Motivation representation	SYSTEM LOGIC (System representation model)
TECHNOLOGY MODEL/ ENGINEER PERSPECTIVE (Business physical layer builders)	Physical data model Inventory specification Class diagrams Package diagrams Component diagrams	System design Process specification Activity diagrams State machine diagrams Interaction diagrams	Technology architecture Distribution specification Deployment diagrams Component diagrams	Presentation architecture Responsibility specification Deployment diagrams	Control structure Timing specification State machine diagrams	Rule design Motivation specification	TECHNOLOGY PHYSICS (Technology specification model)
DETAILED REPRESENTATION/ TECHNICIAN PERSPECTIVE (Business component implementers)	Data definition Inventory configuration	Program Process configuration	Network architecture Distribution configuration Network architecture diagrams	Security architecture Responsibility configuration	Timing definition Timing configuration	Rule specification Motivation configuration	TOOL COMPONENTS (Tool configuration model)
FUNCTIONING ENTERPRISE/ ENTERPRISE PERSPECTIVE (Business component implementation)	Actual business data Inventory instantiations	Actual application code Process instantiations	Actual physical networks Distribution instantiations	Actual business organization Responsibility instantiations	Actual business schedule Timing instantiations	Actual business strategy Motivation instantiations	OPERATIONS INSTANCES (Implementations) The Enterprise
Perspectives Audience	Composite integrations →		← Alignment		← Composite integrations		
Enterprises Names	Inventory Sets	Process Flows	Distribution networks	Responsibility Assignments	Timing Cycles	Motivation Intentions	

Fig.

2: Mapping UML diagrams into ZFEA cells (adapted from [24])

Class diagrams with its common types domain model diagram and diagram of implementation classes is the most convenient logical construct for modeling data in the contexts of scope, business, system and technology model, showing structure of the designed system, subsystem or components as related classes and interfaces, with their features, constraints and relationships - associations, generalizations, dependencies, etc. Activity diagrams are the most important UML diagrams for business process modeling or business process mapping, mostly due to the fact that they describe object which are consumed or produced by an activity and the relationship between different activities. State machine diagrams are a proper solution for business process model, application architecture, system design, as well as for control and processing structure.

## 5. CONCLUSION

There is a strong interdependency between business processes and EIS implementation. Business processes integration with EIS provides opportunities to improve business processes, through data integration and unifying information support within enterprise. Design and modeling multi-dimensional aspects of enterprise architecture, composed of five sub-architectural components, should be done according to basic roles in different views, using ZFEA as fundamental enterprise ontology. Each cell in ZFEA matrix obtained at the intersections of each row (perspective) and each column (abstraction) can be described and modeled independently using different modeling languages. Methodology based on UML provides visual notation and a high-level view of representation or enterprise view. Set of core modeling concepts, expressed as graphical notation in the form of 11 UML diagrams used, fits well in ZFEA cells, covering parts of Scope and Business model, almost all parts of System model and Technology model, and partly

Detailed representation. Most frequently used UML diagrams are: class diagram (covers 4 perspectives), activity diagram (also covering 4 perspectives), state machine diagram (covers 3 perspectives) and interaction diagrams (covers 3 perspectives). Using UML diagrams provides object-oriented approach to EIS modeling, but also allows easy and rapid changes in architectural components, their relationships and deployment of the targeted system.

## REFERENCES

9. Loja, L.F.B.; Graciano, N.V.V.; Costa, S.L. & de Oliveira, J.L.: A Business Process Metamodel for Enterprise Information Systems Automatic Generation. In: Proceedings of the First Brazilian Workshop on Model Driven Development (BW-MDD); Salvador, BA, Brazil: UFBA, 2010. pp. 37-44.
10. Dos Santos, L.R.; Silva, S.V. & de Campos, R.: Enterprise Integration Modeling for Extended Enterprise in ERP Systems. In: Xu L.D., Tjoa A.M., Chaudhry S.S. (eds), Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II. IFIP - The International Federation for Information Processing. Springer, Boston, MA, 2007, Vol. 254. 343-347 pp.
11. Peixoto, D.C.C.; Batista, V.A.; Atayde, A.P.; Borges, E.P.; Resende, R.F. & Pádua, C.I.P.S.: A Comparison of BPMN and UML 2.0 Activity Diagrams. VII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2008, Vol. 56, 1-12 pp.
12. Dakic, D.; Stefanovic, D.; Cosic, I.; Lolic, T. & Medojevic, M.: Business Process Mining Application: A Literature Review. In: Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium, Vienna, Austria, 2018. DAAAM International, pp. 0866-0875. ISSN 1726-9679. doi:10.2507/29th.daaam.proceedings.125.
13. Chan, J.O.: Enterprise Information Systems Strategy and Planning. *The Journal of American Academy of Business*, Number 2 (March 2005), pp. 148-153.
14. Romero, D. & Vernadat, F.: Enterprise Information Systems State of the Art: Past, Present and Future Trends. *Computers in Industry*, Vol. 79 (June 2016), pp. 3-13. doi:10.1016/j.compind.2016.03.001.
15. Niu, N.: Enterprise Information Systems Architecture - Analysis and Evaluation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 9, No. 4 (November 2013), pp. 2147-2153.
16. Xu, L.D.: Enterprise Systems: State-of-the-Art and Future Trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 7, No. 4 (November 2011), pp. 630-640. doi:10.1109/TII.2011.2167156.
17. Nogueira, J.M.; Romero, D.; Espadas, J. & Molina, A.: Leveraging the Zachman framework implementation using action - research methodology - a case study: aligning the enterprise architecture and the business goals. *Enterprise Information Systems*, Vol. 7, No. 1 (2013), pp. 100 - 132. doi:10.1080/17517575.2012. 678387.
18. Yuura, K.; Kagei, K. & Danno, H.: Component-Oriented Development Method and Environment for Advanced Enterprise Information Systems. *Hitachi Review*, Vol. 47, No.6 (1998), pp. 256-261.
19. Rosén, J.: Development of Industrial Information Systems based on Standards. *PhD Thesis*, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2010.
20. Jonkers, H.; Marc Lankhorst, M.; van Buuren, R.; Hoppenbrouwers, S.; Bonsangue, M. & van der Torre, L.: Concepts for Modelling Enterprise Architectures. *International Journal of Cooperative Information Systems*, Vol. 13, No. 03 (2004), pp. 257-287.
21. Serova, E.: Enterprise Information Systems of new Generation. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, Vol. 15, Issue 1 (2012), pp. 116 -126.
22. Tambo, T.: Enterprise Architecture beyond the Enterprise - Extended Enterprise Architecture Revisited. In: Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2017); Vol. 3, pp. 381-390. ISBN: 978-989-758-249-3. doi:10.5220/0006277103810390.
23. Carmen, R.: The enterprise information system and risk management. Available at <https://core.ac.uk/download/pdf/6304171.pdf>
24. Hummel, O.; Momm, C.; Hickl, S.: Towards Quality-Aware Development and Evolution of Enterprise Information Systems. In: Proceedings of the SAC'10; Sierre, Switzerland, March 22-26, 2010, pp. 137-144.
25. Information Resources Management Association: Enterprise Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools and Applications, Ed. Khosrow-Pour, M.; Hershey PA: Information Science Reference, 2011. 42-43 pp. ISBN 978-1-61692-853-7 (ebook).
26. Sousa, P.; Caetano, A.; Vasconcelos, A.; Pereira, C. & Tribolet, J.: Enterprise Architecture Modeling with the Unified Modeling Language. Chapter submitted to the book "Enterprise Modeling and Computing with UML", IRM Press, Revised version, November 2005.
27. Engels, G.; Forster, A.; Heckel, R. & Thone, S.: Process Modeling using UML. In: Dumas, M.; van der Aalst, W.M.P. & ter Hofstede (eds), A.H.M., 02 September 2005. <https://doi.org/10.1002/0471741442.ch5>
28. Wieringa, M.J.; Bonsangue, M.M.; van Buuren, R.; Groenewegena, L.P.J.; Jonkers, H. & Lankhorst, M.M.: Investigating the mapping of an Enterprise Description Language into UML 2.0, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 101 (2004), pp. 155-179.

29. Darius Silingas, D. & Butleris, R.: Towards customizing UML tools for enterprise architecture modeling. In: Proceedings of the IADIS international conference (Information Systems 2009), 25-27 February, 2009, Barcelona, Spain.
30. UML 2.5 Diagrams Overview. Available at <https://www.uml-diagrams.org/uml-25-diagrams.html>, accessed 30.06.2020., © 2009-2020 [uml-diagrams.org](https://www.uml-diagrams.org)
31. Gerber A.; le Roux P.; Kearney C. & van der Merwe A.: The Zachman Framework for Enterprise Architecture: An Explanatory IS Theory. In: Hattingh M., Mathee M., Smuts H., Pappas I., Dwivedi Y., Mäntymäki M. (eds), Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology, I3E 2020, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham, Vol. 12066.
32. Frankel, D:S.; Harmon, P.; Mukerji, J.; Odell, J.; Owen, M.; Rivitt, P.; Mike Rosen, M. & Soley, R.M.: The Zachman Framework and the OMG's Model Driven Architecture. Whitepaper, *Business Process Trends*, September 2003, Available at <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/09-03 WP Mapping MDA to Zachman Framework.pdf>.

Хохлов А.В., Міхєєнко Д.Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ

*У статті розглянуті нейронні мережі як інструмент прогнозування. Дано короткий опис нейронних мереж в цілому і конкретно в області прогнозування.*

*The article discusses neural networks as a forecasting tool. A brief description of neural networks in general and specifically in the field of forecasting is given.*

Прогнозування - це передбачення майбутніх подій. Метою прогнозування є зменшення ризику при прийнятті рішень. Прогноз зазвичай виходить помилковим, але помилка залежить від використовуваної прогнозуючої системи. Надаючи прогнозу більше ресурсів, можна збільшити точність прогнозу і зменшити збитки, пов'язані з невизначеністю при прийнятті рішень. Типовими додатками техніки прогнозу є передбачення цін на фондовій біржі, прогноз погоди, прогноз споживання електроенергії, прогноз відмов технічних систем.

Потрібно розрізняти два види прогнозування: експертний і формалізоване [1].

Експертне прогнозування має на увазі формування майбутніх значень експертом, тобто людиною, що володіє глибокими знаннями в певній галузі. Експерт при цьому часто використовує математичний апарат, проте в даному виді прогнозування математичний апарат є лише допоміжним обчислювальним інструментом. Основою ж є знання та інтуїція експерта, а тому іноді ці методи називають інтуїтивними.

Формалізоване прогнозування - це прогнозування на підставі математичної моделі, яка, вловлюючи закономірності процесу, на своєму виході має майбутні значення досліджуваного процесу. Математичних моделей прогнозування досить багато, наприклад, згідно з рядом оглядів в даний час налічується понад 100 класів моделей прогнозування [2].

У літературі є велика кількість класифікаційних схем методів прогнозування [3, 4]. Однак більшість з них або неприйнятні, або володіють недостатньою пізнавальною цінністю.

У теперішній час для розв'язання завдань прогнозування найбільш популярні нейронні мережі (ANN) і модель авторегресії та ковзного середнього з екзогенними змінними (ARIMAX) [5, 6].

Переваги цих методів:

- вони повніше описані в літературі;
- існує безліч прикладів з реалізації;
- вже створені готові функції, класи і методи в різних мовах програмування, що значно полегшить завдання програмної реалізації.

Метою роботи є огляд можливостей використання нейромереж для розв'язання задач прогнозування.

Перш ніж реалізувати нейронну мережу, потрібно розуміти просту річ: це інструмент складний, непрозорий і досить громіздкий, який знайшов широке застосування в цілому класі задач [7-10]. Нейронні мережі використовуються головним чином в задачах розпізнавання образів (patter recognition). Існує безліч застосувань нейронних мереж для вирішення задач прогнозування часових рядів. Зазвичай при прогнозуванні часових рядів використовуються багат шарові, найчастіше тришарові, нейронні мережі прямого поширення. Виглядає така мережа в такий спосіб (рис. 1 та 2).

Недолік нейронних мереж полягає в тому, що розробникам, недоступно те, що відбувається всередині мережі. Розробники формують входи, після цього розраховуємо виходи і просто зіставляємо одне з іншим. У нас немає можливості детально і покроково простежити те, як отримані на виході значення були розраховані. Цей режим виконання

обчислень в «чорному ящику» надзвичайно ускладнює процес інтерпретації результатів і модифікації мережі - неясно, що в ній потрібно змінити, щоб стало точніше.

Рис.1 – Нейромережа з одним виходом

Рис.2 - Нейромережа з декільком виходами

Загальний алгоритм прогнозування за допомогою нейронної мережі.

Алгоритм складається з наступних пунктів:

- отримання тимчасового ряду з інтервалом в обрану тимчасову ітерацію;
- заповнення «прогалин» в історії;
- згладжування ряду методом ковзних середніх (або іншим);
- отримання ряду відносного зміни прогнозованої величини;
- формування таблиці «вікон» з глибиною занурення тимчасових інтервалів;
- додавання до таблиці додаткових даних (наприклад, зміна величини за попередні роки);
- шкалирование;
- визначення навчальної та валідаційної вибірок;
- підбір параметрів нейромережі;
- навчання нейромережі;



– перевірка працездатності нейромережі в реальних умовах.

На основі нейронних мереж є можливість будувати короткострокові і середньострокові прогнози. Крім того, позитивно на якості прогнозу може позначитися інформація про зовнішнє середовище. Завдяки використанню нейронних мереж при прогнозуванні, такого роду зміни в моделі зводяться, фактично, до додавання нових колонок в навчальну вибірку і перенавчання мережі. Головна проблема для якісного прогнозу - наявність історії даних за досить тривалий термін і грамотна попередня обробка даних. Залучення експерта в цій області допоможе дати відповідь на питання, чи враховуються при аналізі всі фактори, що впливають на результат.

## ВИСНОВКИ

Слід особливо відзначити той факт, що ефективне вирішення завдання прогнозування можливо тільки в тому випадку, якщо нейронна мережа навчається на великому обсязі даних. У разі малорозмірної або неякісної навчальної вибірки навіть найкращий алгоритм не дасть задовільного результату, оскільки без повноцінного набору даних нейромережа принципово не здатна навчитися.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Armstrong S. J. *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners* / Armstrong. – New York: Springer, 2002. – 850 p.
2. Бідюк П. І. Аналіз часових рядів (навчальний посібник) / П. І. Бідюк, В. Д. Романенко, О. Л. Тимошук. – Київ: Політехніка, 2010. – 317 с.
3. Pradhan R.P., Kumar R. *Forecasting Exchange Rate in India: An Application of Artificial Neural Network Model* // *Journal of Mathematics Research*. 2010, Vol. 2, No. 4. P. 111 – 117.
4. Yildiz B., Yalama A., Coskun M. *Forecasting the Istanbul Stock Exchange National 100 Index Using an Artificial Neural Network* // *An International Journal of Science, Engineering and Technology*. 2008, Vol. 46. P.36 – 39.
5. *An Artificial Neural Network Approach for Day-Ahead Electricity Prices Forecasting* / J. Catalao [at al.] // *6th WSEAS international conference on Neural networks, USA, Stevens Point, 2005*. P. 80 – 83.
6. . Kumar M. *Short-term load forecasting using artificial neural network techniques: Thesis for Master of Science degree in Electrical Engineering. India, Rourkela, National Institute of Technology, 2009*. 48 p.

Николайчук Я.М., Заведюк Т.О. (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна)

## ФУНКЦІЇ, МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ТА СТРУКТУРА КОМПОНЕНТІВ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ

*Викладені методи та теоретичні засади цифрового опрацювання інформаційних потоків, представлених гармонічними сигналами, на основі спецпроцесорних засобів з нейроподібними компонентами. Розглянуто методологію створення математичної теоретико-числової моделі самовідновлюваної системи передавання сигналів біонейронного волокна.*

*The stated methods and theoretical foundations of digital processing of data streams presented harmonious signals based specprocessors funds from neuron components. Considered methodology to create a mathematical theoretical and numerical models of self-healing system of signal transmission bio-neural fibers.*

Біонейронні системи глибоко досліджуються у всьому світі з позицій біології, нейрокібернетики, теорії сигналів, теорії кодування інформації [1]. При цьому важливою задачею є комп'ютерне моделювання особливостей функціонування біонейронних систем, отримання, перетворення та зберігання ними інформації.

Актуальною науково-прикладною задачею є розробка архітектур спецпроцесорів, які моделюють реакцію та алгоритми опрацювання сигналів біологічними нейронами і орієнтовані на реалізацію у вигляді мікроелектронних структур, в тому числі нанотехнологій.

Аналіз літературних даних в галузі нейронних мереж та нейрокібернетики демонструє важливі наукові результати моделювання та теоретичної формалізації функцій нейрона, персептрона та нейронних мереж [2-4]. На рис. 1 показана структура порогової моделі формального нейрона та описана його вихідна реакція [5].

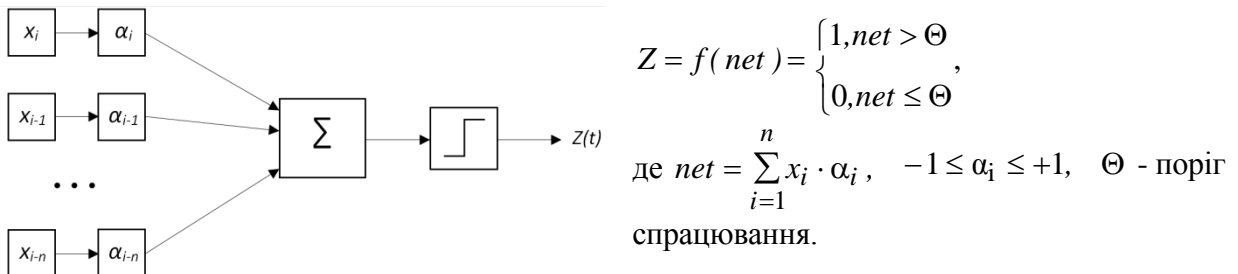


Рисунок 1 – Структура порогової моделі та реакція формального нейрона

Для вирішення широкого класу задач в галузі інтелектуальної обробки даних все більше застосовуються гібридні нейро-фаззі-системи і вейвлет-нейро-фаззі-системи, що об'єднують в собі переваги кожного з підходів та мають покращені апроксимуючі властивості, при цьому не втрачають здатності функціонувати в реальному часі. Такими системами є архітектури типу Ванга-Менделя, адаптивні нейро-фаззі системи Такагі-Сугено-Канга, вейлет-нейро-фаззі мережі, адаптивні вейвлет-нефро-фаззі системи з W-нейронами [6].

Для вирішення задачі on-line прогнозування нестационарних сигналів було запропоновано вейвлет-нейронний предикат, основою якого є вейвлет-нейрон [6], структура якого приведена на рис. 2.

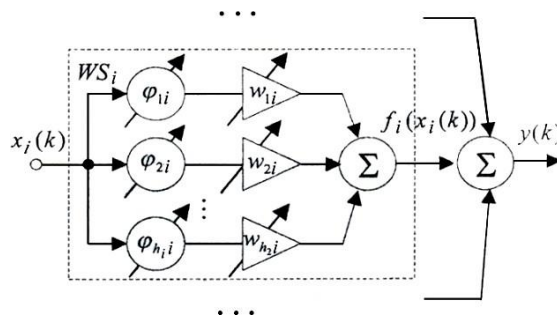


Рисунок 2 – Архітектура вейвлет-фазі-нейрона

Вейвлет-нейрон достатньо близький по архітектурі до формального нейрону з  $n$  входами. При надходженні на вхід вейвлет-нейрону векторного сигналу  $x(k)$ , на його виході формується скалярне значення

$$y(k) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i(k)) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{h_j} w_{ji} \varphi_{ji}(x_i(k)), \quad (1)$$

де  $w_{ji}(k)$  – синаптичні ваги.

В загальному випадку реакція формального нейрона на аналоговий вхідний сигнал  $x(t)$  може бути достатньо адекватно описана моделлю розширеного оператора ПІД-регулятора [7]:

$$Z(t) = \alpha_0 x(t) + \alpha_1 \frac{dx}{dt} + \alpha_2 \int x dx + \alpha_3 \frac{d^2x}{dt^2} + \dots + \alpha_i \int x(t)x(t+\tau) dx + \dots, \quad (2)$$

де  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots$  - вагові коефіцієнти,  $\int x(t)x(t+\tau) dx$  - автокореляційна функція вхідного сигналу.

Недоліком опису такої моделі є відсутність впливу в рівнянні кореляційних складових, які враховані у формулі Колмогорова для передбачення майбутнього значення стаціонарної функції [8], що використовується при реалізації передбачаючого фільтра Колмогорова-Габора:

$$g[x(t)] = r_0 + \sum_{n=1}^n r_n x + \sum_{n_1=0}^n \sum_{n_2=0}^n x x + r_{n_1 n_2} + \sum_{n_1=0}^n \sum_{n_2=0}^n \sum_{n_3=0}^n x x x + r_{n_1 n_2 n_3} + \dots, \quad (3)$$

де  $g[x(t)]$  - майбутнє передбачуване значення функції;

$x_{n_1}, x_{n_2}, \dots$  - значення цієї функції в минулому;

$r_{n_i}$  - коефіцієнти впливу (ваги) кожного члену.

В результаті досліджень було встановлено, що реакцією нейрона на гармонічний сигнал буде формування імпульсів в певні моменти часу [9], а саме при:

- переході гармонічного сигналу через 0;
- максимальних додатних та від'ємних значеннях;
- рівності гармонічного сигналу та його першої похідної.

Нехай маємо один період синусоїди, яка описується рівнянням

$$x_1(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

де  $A_0$  – амплітуда;  $\omega$  – частота;  $t$  – час. Зобразимо цей сигнал на рис. 3.

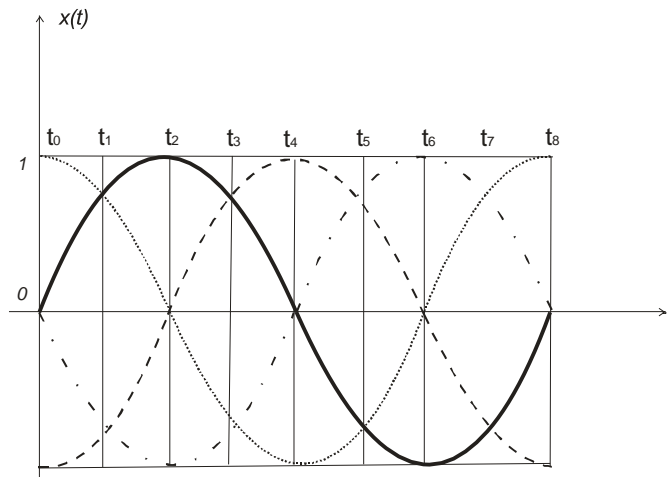


Рисунок 3 – Чотирифазний гармонічний сигнал

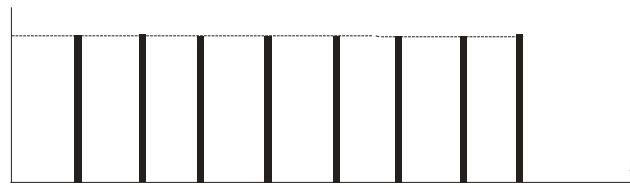


Рисунок 4 – Модель реакції нейрона на гармонічний сигнал

Для того, щоб знайти моменти часу реакції нейрона на гармонічний сигнал, побудуємо на цьому ж графіку косинусоїди  $x_2(t)=A_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$  і  $x_3(t)=A_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi)$  і синусоїду  $x_4(t)=A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi)$ .

Таким чином, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} x_1(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ x_2(t) = A_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \\ x_3(t) = A_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi) \\ x_4(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \pi) \end{cases} \quad (4)$$

Представлені функції мають ряд особливих точок (рис. 3) залежно від параметру t:

$$\begin{array}{lll} t=4, & x_3(t)=A_0; & t=0, & x_2(t)=A_0; \\ t=5, & x_3(t)=x_4(t); & t=1, & x_1(t)=x_2(t); \\ t=6, & x_4(t)=A_0; & t=2, & x_1(t)=A_0; \\ t=7, & x_4(t)=x_2(t). & t=3, & x_1(t)=x_3(t); \end{array}$$

На рис. 4 покажемо реакцію нейрона на гармонічний сигнал. Це буде послідовність імпульсів у вказаних вище особливих точках.

*Метою роботи* є обґрунтування застосування базису Крестенсона для моделювання процесів опрацювання інформації в нейронних пучках, створення спецпроцесорів опрацювання і згортки гармонічних сигналів в якості електронних моделей нейропроцесорів.

Обґрунтування застосування базису Крестенсона для теоретичного рішення задачі передавання сигналів по нейронних пучках

Теоретико-числовий базис (ТЧБ) Крестенсона утворюється на основі системи пилоподібних функцій. Названий базис породжує систему числення залишкових класів, фундаментальною основою якої є Китайська теорема про залишки та теорія полів Галуа [9].

Унікальною особливістю ТЧБ Крестенсона є однозначність прямого та зворотнього спектрального перетворення з точністю до фази, яка відсутня у широкоживаному ТЧБ Фур'є на основі гармонічних функцій, в якому інформація про фазу перетворюваних сигналів втрачається. Тому у базисі Фур'є неможливо відновлювати сигнали після спектрального аналізу тільки з відповідними статистичними та кореляційними характеристиками. Таким чином, теоретичне рішення задачі передавання сигналів з самовідновленням в нейронних пучках доцільно виконати на основі ТЧБ Крестенсона. Тим більше, що біологічні дослідження дозволили однозначно встановити, що в нейронних системах гармонічні (синусоїдальні) сигнали перетворюються в число-імпульсні зі змінною частотою, амплітудою та періодичністю. Відповідно, теоретичне рішення поставленої задачі адекватно може бути отримане в дискретній формі ТЧБ Крестенсона.

Структурна модель самовідновлюваної системи передавання сигналів біонейронного волокна в базисі Крестенсона

Функціональними обмеженнями відомих моделей нейронів є неортогональність перетворення в результаті сумування зважених вхідних сигналів нейронів. Застосування теоретико-числового базису (ТЧБ) Крестенсона, який породжує систему числення залишкових класів, як показано у [5], дозволяє використати наступні порогові функції по модулю  $P_j$ :

$$[h_j] = \text{res} \sum_{i=1}^k [\oplus x_i](\text{mod } P_j); [h_j^*] = \text{res} \sum_{j=1}^k \alpha_j \cdot [h_j]; [Z_j] = \text{res} \sum_{j=1}^k \beta_j \cdot [h_j](\text{mod } P_j), \quad (5)$$

де  $[h_j]$  – імпульсний сигнал з числом імпульсів, яке рівне найменшому невід'ємному залишку порогової модульної операції;

$\text{res}$  – символ порогової операції по модулю  $P_j$ ;

$\alpha_j$  – вагові коефіцієнти моделі нейрона (рис. 1);

$\beta_j$  та  $P_0$  – відповідно вагові коефіцієнти та пороговий модуль приймального нейрона  $H_0$ .

На рис. 5 показано запропоновану структурну модель нейропроцесора, який виконує функції порогового формування імпульсних сигналів на основі ТЧБ Крестенсона згідно рівнянь (5).

Приклад розрахунку даної мережі для взаємно-простих модулів  $P_1=9$ ,  $P_2=10$ ,  $P_3=11$ , коли число нейронів  $k=3$ , приведений в статті [5].

Приведена структура взаємодії нейронів в нейронному пучку демонструє більш широке поняття функцій нейрона при опрацюванні імпульсних потоків в біологічних системах з врахуванням ефекту їх самовідновлення при відмовах окремих нейронів.

Розробка згорткових нейропроцесорів з одночасним моделюванням функції аксонів і нейронів

Незважаючи на поширену в літературі модель реакції нейрона на вхідний гармонічний сигнал (рис. 4), результати експериментальних досліджень показують неадекватність такої моделі. Дослідження зворотної задачі, яка полягає у визначенні аналітики вхідного гармонічного сигналу, що породжує реальний потік імпульсів на виході нейрона дозволяє встановити, що більш адекватним вхідним сигналом є  $\sin 2x$  [2]. На рис.6 показана реакція нейрона на вказаний тип вхідного гармонічного сигналу.

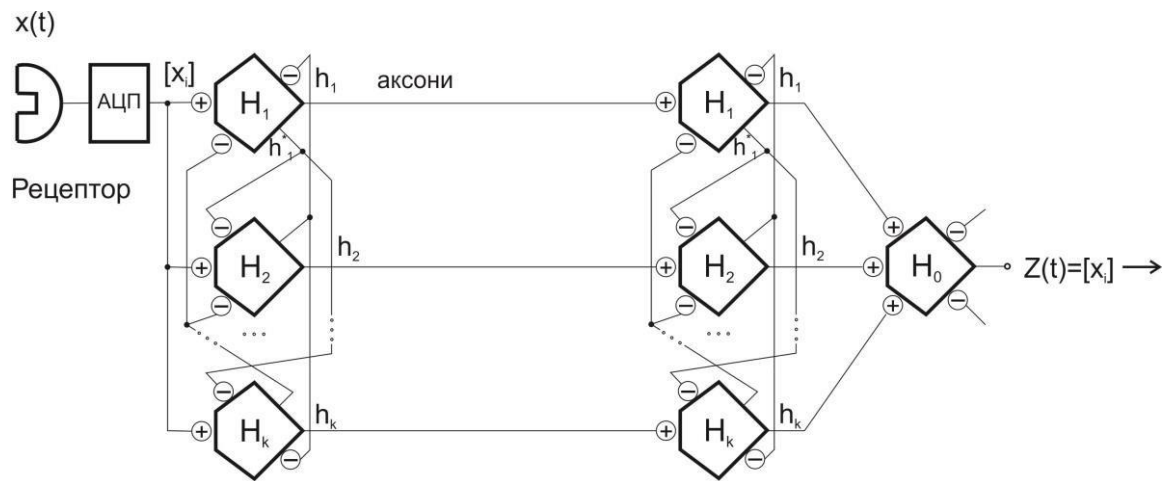


Рисунок 5 – Структурна модель само відновлюваної системи передавання сигналів біонейронного волокна в базисі Крестенсона

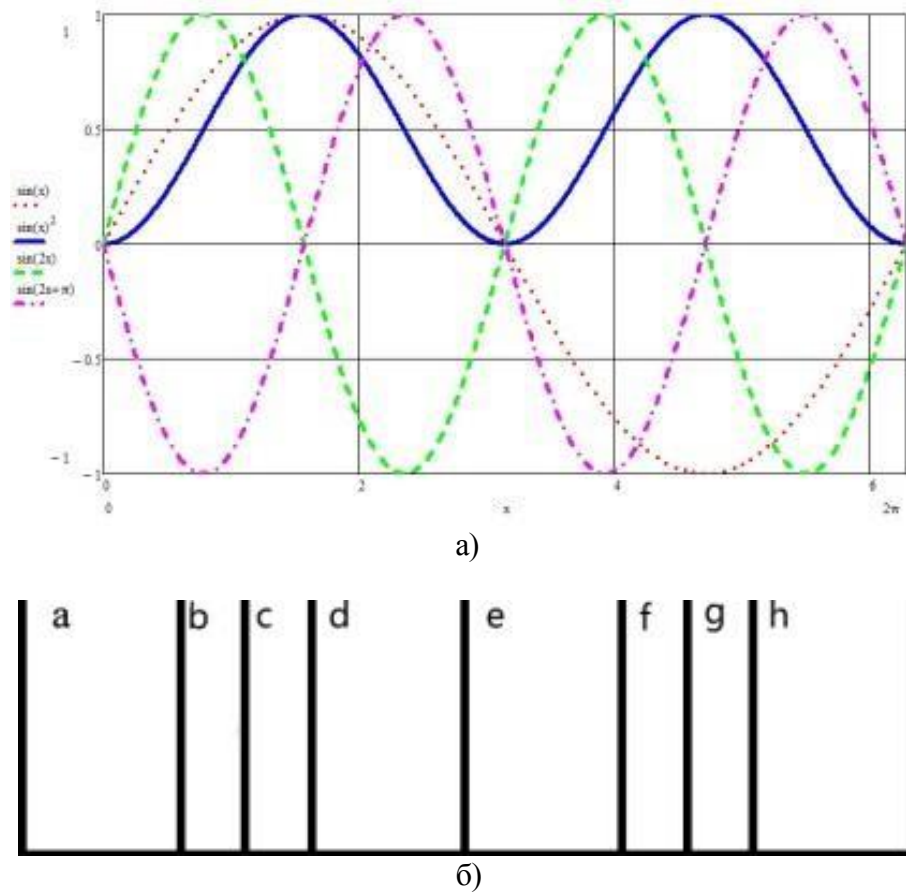


Рисунок 6 – Модель гармонічного сигналу  $y(x) = \sin^2(x)$  та його похідної (а) і відповідна модель реакції на нього нейрона (б)

Актуально задачею є створення спекроцесорів на основі рекурентного нейрона, який реалізує функції згортки послідовності  $x_i$  з ваговими коефіцієнтами  $\alpha_i$ . На рис. 7 показано структуру спеціалізованого процесора, який реалізує функцію рекурентного нейрона.

Особливістю такого нейропроцесора, який може бути використаний для розпізнавання гармонічних сигналів, є використання модуля піднесення до квадрату ( $[x_i]^2$ ) та формувача імпульсів ( $\Phi$ ), який на інтервалі одного періоду формує послідовність імпульсів, приведена на рис. 6б.

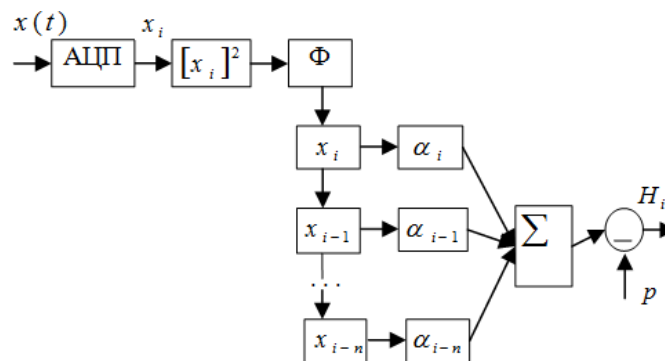


Рисунок 7 – Структура спец процесора на основі моделі рекурентного нейрона

На рис. 8 приведена структурна схема спецпроцесора, що реалізує формування імпульсів на основі виразу  $y(x) = \sin^2(x)$ , що відповідає реакції нейрона на потужність гармонічного сигналу [10].

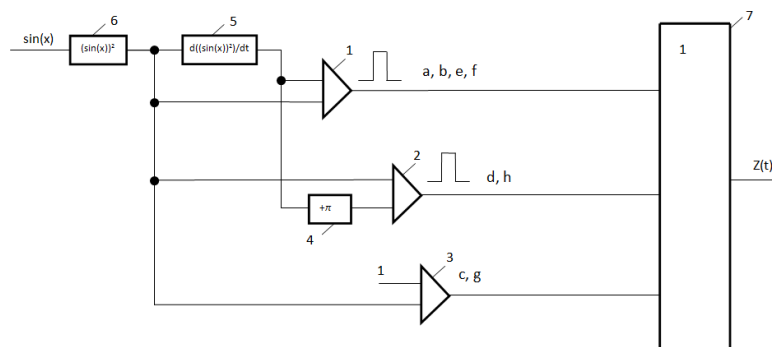


Рисунок 8 – Структурна схема нейроподібного спец процесора для перетворення гармонічного сигналу в імпульсний потік на основі виразу  $y(x)=\sin^2(x)$

Запропонований спец процесор містить три імпульсних компаратора – 1, 2 і 3, фазоповертач на кут  $\pi$  – 4, схему диференціювання – 5, схему піднесення вхідного сигналу до квадрату – 6 і логічний елемент АБО – 7.

Пристрій працює наступним чином – вхідний сигнал  $x(t)$  поступає на схему піднесення до квадрату 6, вихідний сигнал якої одночасно подається на вхід схеми диференціювання 5 і на перші входи компараторів 1, 2 і 3, вихідний сигнал схеми диференціювання подається на другий вхід 1-го компаратора і на вхід фазоповертача на кут  $\pi$  4, вихідний сигнал якого подається на другий вхід компаратора 2, на другий вхід компаратора 3 подається сигнал "логічна одиниця", вихідні сигнали всіх трьох компараторів подаються на вхід логічного елементу АБО, на виході якого формується вихідний сигнал пристрою.

Імпульсний компаратор 1 формує імпульси, які відповідають сигналам a, b, e, f в моменти часу, коли квадрат вхідного сигналу і похідна квадрату вхідного сигналу співпадають; імпульсний компаратор 2 формує імпульси, які відповідають сигналам d і h в моменти, коли квадрат вхідного сигналу і зсунута на кут  $\pi$  похідна квадрату вхідного сигналу співпадають; імпульсний компаратор 3 формує імпульси, які відповідають сигналам

с і g в моменти, коли квадрат вхідного сигналу набуває максимального значення. Вихідні сигнали усіх трьох імпульсних компараторів подаються на вхід логічного елементу АБО, на виході якого формується сигнал, адекватний реакції нейрона на вхідний гармонічний сигнал у вигляді пачки імпульсів у визначені моменти часу a, b, c, d, e, f, g та h (рис. 6б).

Імпульси, що формуються на виході нейрона (рис.6б), можна представити у вигляді коду

$$1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0, \quad (6)$$

на основі якого шляхом заміни нулів на “+1”, а одиниць – на “-1”, аналогічно, як це виконується для шумоподібних кодів Баркера, отримуємо центрований нормований сигнальний код

$$- - - + + - + + - - - + + - + +. \quad (7)$$

Даний код рухається по аксону нейрона.

Для організації згортки даного коду в рекурентному нейроні необхідна розробка електронної моделі аксона.

Таким чином, сформований імпульсний сигнал на виході нейрона в біологічних системах рухається по аксону згідно схеми процесу передавання збудження (рис. 9):

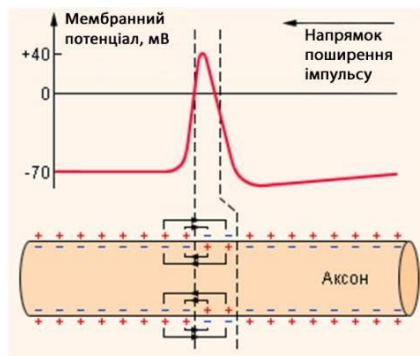


Рисунок 9 – Процес передачі сигналу по аксону у відповідності до зміни мембранного потенціалу нейрона

Відома електронна модель аксона нейрона Ходжкіна-Хакслі [11], яка описує генерацію і розповсюдження потенціалів дії в нейронах і реалізується на аналогових елементах.

Недоліком цієї моделі є обмежені функціональні можливості через те, що вона представляє собою комплекс ординарних диференціальних рівнянь, який описує характеристики електричного сигналу в аксоні в аналоговому виді.

На рис. 10 запропонована абстрактна модель аксона нейрона, яка демонструє трансформацію потенціалів “+” і “-“ та їх переміщення від входу до виходу.

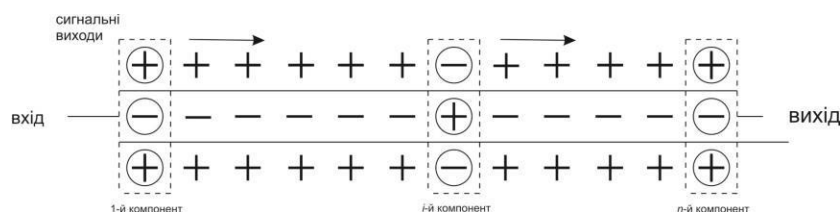


Рисунок 10 – Абстрактна модель аксона нейрона



З метою мікромініатюризації реалізації моделі аксона нейрона шляхом її виконання на основі мікро- та нанотехнологій розроблена структура спецпроцесора на основі структури регістра зсуву на D-тригерах та компараторів (рис. 11) [12], де 1 – вхід, 2 – вихід, 3 – сигнальні виходи, 4 – D-тригери, 5 – генератор імпульсів, 6 – компаратор, 7 – від’ємний потенціал, 8 – компоненти.

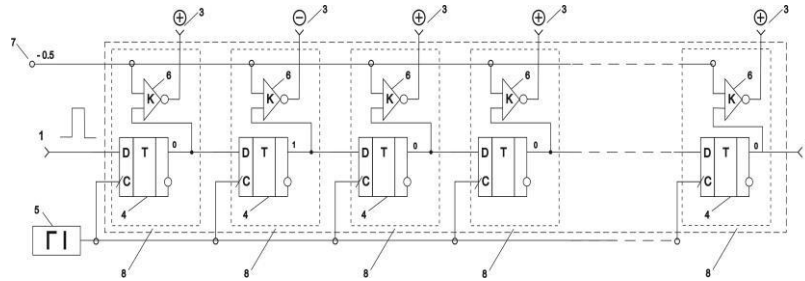


Рисунок 11 – Структурна схема спецпроцесора реалізації моделі аксона нейрона

Пристрій працює наступним чином – вхідні сигнали у вигляді позитивних імпульсів поступають на вхід 1 і подаються на D-вхід тригера першого компонента. При поступленні вхідних позитивних імпульсів на вхід пристрою 1 відбувається зсув інформації по фронту наростання сигналів генератора імпульсів 5 в тригерах 4, які з’єднані між собою як операційний пристрій ”регістр зсуву”. В залежності від стану і-го тригера на виході з кожного і-го компаратора 6 формується потенціал, знак якого визначається згідно виразу:

$$T_i = \begin{cases} 0; & 0 - 0.5 = -0.5; \\ 1; & 1 - 0.5 = +0.5. \end{cases} \quad (8)$$

В результаті кожен вхідний імпульс, який поступає на вхід 1 пристрою у вигляді від’ємного потенціалу на відповідних виходах 3 рухається синхронно з тактовою частотою генератора імпульсів 5, від входу пристрою 1 до виходу 2, що однозначно функціонально моделює роботу біологічного аксона нейрона.

У випадку, коли тривалість імпульсу, який поступає на вхід моделі аксона нейрона, перевищує в кілька разів тактову частоту генератора імпульсів 5, на сигнальних виходах моделі аксона нейрона буде рухатись група від’ємних потенціалів, кількість яких відповідатиме числу імпульсів генератора імпульсів 5, що генеруються на інтервалі часу, рівному тривалості вхідного імпульсу.

Сучасний рівень розвитку мікроелектроніки та нанотехнологій дозволяє реалізувати запропоновану модель аксона нейрона з розмірами, що наближаються до мікронних розмірів біологічних нейронів. Регулярність структури запропонованого пристрою дозволяє нарощувати її, що розширює функціональні можливості запропонованої моделі аксона нейрона і еквівалентно нарощуванню аксона нейрона конусом росту.

В результаті опрацювання імпульсного потоку сигналів (7), який формується на виході перетворювача (рис. 8) процесором зі структурою рекурентного нейрона (рис. 7), отримується сигнальний імпульсний код, приведений на рис. 12.

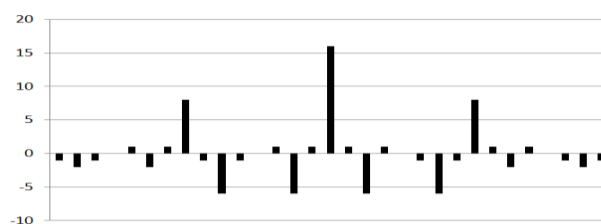


Рисунок 12 – Результат згортки сигнального коду, який рухається по аксону нейрона

Встановлена подібність імпульсного коду, який рухається по аксону нейрона при дії на входи нейрона гармонічного сигналу характеристикам шумоподібних сигналів, які широко використовуються в системах зв'язку та виявлення корисних сигналів на фоні завад, може пояснювати ефект високоякісного і швидкодіючого розпізнавання мовних сигналів та інших образів в біологічних нейронних системах. А це, в свою чергу, визначає перспективу розробки нейропроцесорів на основі багатоканальних автокореляційних структур.

### ВИСНОВКИ

Викладено теоретичні засади та сучасний рівень моделювання функцій нейронів та моделей нейронів на основі цифрової згортки, вейвлет-перетворень та перетворення теоретико-числового базису Крестенсона. Проаналізовані структури моделей нейронів. Запропонована структура рекурентного нейрона, електронна модель аксона та кореляційний спецпроцесор опрацювання імпульсних сигналів нейронів, які виконують функції формування імпульсної послідовності  $\sin^2 x$ -сигналів та їх автокореляційну згортку, яка наближається до характеристик шумоподібних сигналів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Заведюк Т.О., Николайчук Я.М., Воронич А.Р. Самовідновлювана система передавання сигналів біонейронного волокна у базисі Крестенсона. // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2012. – 4 (191). – С. 137-142.
2. Bodyanskiy Ye., Pliss I., Vynokurova O. Hybrid wavelet-neuro-fuzzy system using adaptive W-neurons // Wissenschaftliche Berichte, FH Zittau/Goerlitz, 2010. – 106, N 2454–2490. – S. 301–308.
3. Івахненко О.Г., Лапа В.Г. Передбачення випадкових процесів. – Київ: Наук.думка, 1969. – 420с.
4. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації. – Тернопіль, ТНЕУ. – 2008. – 536с.
5. Пристрій формування імпульсів. Николайчук Я.М., Заведюк Т.О МПК H03K 5/153. Заявка № а 2010 13543 від 15.11.2010.
6. Hodgkin A.L., Huxley A.F. "A quantitative description of membrane current and its application conduction and excitation in nerve", J. Physiol. 117(1952), p. 500 – 544

## АВТОРЕГРЕСІЙНІ СТРУКТУРИ З РЕГУЛЯРИЗАЦІЄЮ

Наведені загальні теоретичні положення визначення частотних спектрів розроблених нейромережових авто регресійних структур які використовуються в якості емуляторів динамічного стану об'єктів керування. За результатами проведеного аналізу визначені основні властивості частотних характеристик, та наведені результати дослідження ефекту квантування за часом узагальнених ARMABIS-структур.

*The general theoretical provisions for determining the frequency spectra of the developed neural network auto-regression structures used as emulators of the dynamic state of control objects are given. Based on the results of the analysis, the main properties of frequency characteristics are determined, and the results of the study of the time quantization effect of generalized ARMABIS-structures are presented.*

Блок емуляції (ідентифікації) об'єкту є необхідним складовим елементом переважної більшості сучасних інтелектуальних систем керування [1, 2]. Побудова вказаних блоків на основі нейронних мереж [1,2] дозволяє в one-line режимі екстраполювати різницеве рівняння, яким описують динамічний стан об'єкту керування (дана модель широко відома під назвою «авторегресія») [3]. Недоліки вказаного підходу до синтезу моделі добре відомі: для оцінки виходу об'єкту у даний момент часу використовуються фактичні значення виходу об'єкту отримані раніш, що призводить до накопичення похибки при моделюванні вперед на число кроків більше одного, також не виключений варіант виходу системи керування за межі стійкості.

Мета роботи: висвітлення результатів розробки методики синтезу ARMABIS-моделей динамічних об'єктів керування, принципово нової методики визначення передаточних функцій розроблених нейромережових структур та результатів дослідження зміни спектральних щільностей нейромережових елементів в структурах систем автоматичного керування.

Аналіз попередніх досліджень. Доведено [3], що в якості моделей прямої та зворотної динаміки об'єктів керування, як лінійних так і нелінійних нестационарних, може бути застосована структура ARMA-моделі з розподіленням лагом.

Якщо записати дискретну ARMA-модель з розподіленням лагом порядку (0,q) (MA(q)) для еталонного значення  $y^*(t)$  вихідної координати об'єкту керування  $y(t)$  (desired)

$$y^*[i] = \alpha + \sum_{j=0}^q \gamma_j x[i-j] + \varepsilon[i], \quad (1)$$

кінцеву різницю порядку  $m$  запропоновано [3] визначити наступним чином:

$$\Delta^m y[i] = \mu(1-B)^m = \mu(\Delta^{m-1} y^*[i] - \Delta^{m-1} y[i-1]), \quad i = 0 \dots n - m \quad (2)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт регуляризації ADL-структури.

Виключивши з (2) еталонну величину  $y^*(t)$ , отримують [3] дискретні адаптивні структури моделей ADL (p,q), що характеризують адаптивні ARMA-процеси:

$$y[i] = \mu \sum_{j=0}^q \gamma_j x[i-j] + (1-\mu) \cdot \left( \left[ \sum_{j=1}^p (-1)^{j+1} \cdot p \cdot y[i-j] \right] + (-1)^{p+1} \cdot y[i-p] \right) + \mu \varepsilon[i]. \quad (3)$$

З метою надання адаптивних властивостей ADL-моделям розроблено [3] алгоритм адаптації вагових коефіцієнтів  $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$  на базі модифікованого градієнтного методу мінімізації квадратичного функціонала

$$J(\varepsilon_u) = 0,5 \varepsilon_u^T \varepsilon_u . \quad (4)$$

З урахуванням рівняння  $k$ -ої різниці

$$\Delta^k f_i = \sum_{v=0}^k (-1)^v C_k^v f_{i+k-v} , \quad (5)$$

де  $C_k^v$  - біноміальні коефіцієнти, адаптивна модель з розподіленим лагом ADL(p,q) (3) може бути представлена в формі різницевого рівняння шляхом перетворення загальної форми рівняння в кінцевих різницях

$$\begin{aligned} a_p y[i] = d_o \Delta^q \zeta[i] + d_1 \Delta^{q-1} \zeta[i] + \\ + \dots + d_q \zeta[i] - a_1 \Delta^{p-1} y[i] - \dots - a_p \Delta^p y[i] + v \varepsilon[i] , \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} c_0 y[i+p] = b_o \zeta[i+q] + b_1 \zeta[i+q-1] + \dots \\ + b_q \zeta[i] - c_1 y[i+p-1] - \dots - c_p y[i] + v \varepsilon[i] , \end{aligned} \quad (7)$$

або, при скороченні дискрету  $n$ :

$$\begin{aligned} c_0 y[i] = b_o \zeta[i+q-p] + b_1 \zeta[i+q-1-p] + \dots \\ + b_m \zeta[i-p] - c_1 y[i-1] - \dots - c_n y[i-p] + v \varepsilon[i] . \end{aligned} \quad (8)$$

Загальний шаблон різницевого рівняння (8) дозволив [3] записати рівняння моделі ADL(p,q) з урахуванням прийняття в якості регресора вхідної координати  $x$ :

$$\begin{aligned} y[i] - (1-\mu) \left( \sum_{j=1}^{p-1} (-1)^{j+1} \cdot p \cdot y[i-j] \right) - (1-\mu) \cdot \\ \cdot (-1)^{p+1} \cdot y[i-p] = \mu \sum_{j=0}^q \gamma_j x[i-j] + \mu \varepsilon[i] \end{aligned} \quad (9)$$

З урахуванням адаптивних властивостей моделі (9), які забезпечуються нейромережевим настроюванням вагових коефіцієнтів  $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$  дискретні адаптивні структури моделей ADL (p,q), що характеризують адаптивні ARMA-процеси скорочено прийнято [3] називати ARMABIS (*AutoRegressive with Moving Average Brain-inspired Systems*).

Відповідно до зазначеного вище, характеристичне рівняння ARMABIS-структури (9) має вид:

$$y[i] - (1-\mu) \left( \sum_{j=1}^{p-1} (-1)^{j+1} \cdot p \cdot y[i-j] \right) - (1-\mu) \cdot (-1)^{p+1} \cdot y[i-p] = 0 . \quad (10)$$

Загальне рішення неоднорідного різницевого рівняння (10) представляють [3] у вигляді суми перехідної та вимушеної складової. Перехідна складова визначається за загальною формулою

$$y(i) = C_1 \lambda_1^i + C_2 \lambda_2^i + \dots + C_n \lambda_n^i , \quad (11)$$

де  $\lambda_v (v=1, 2, \dots, n)$  - некратні корені характеристичного рівняння (10),  $C_v$  - довільні постійні.

Відповідно до рівняння перехідної складової (11) умова загасання вільного руху системи (умова стійкості), яка описується різницеvim рівнянням (10) має відомий [4] вид:

$$|\lambda_v| < 1 \quad (v=1, 2, \dots, n) . \quad (12)$$

Відповідно з вищевикладеним сформульована [3] наукова новизна запропонованого методу синтезу ARMA-моделей: розроблена ARMA-модель зі структурою ADL(p,q) характеризується адаптивними властивостями за рахунок настроювання вагових коефіцієнтів регресійного лагу (MA(p)-складова) на базі модифікованого градієнтного методу мінімізації квадратичного функціоналу, а умова стійкості системи забезпечується настроюванням вагових коефіцієнтів критеріального лагу (AR(q)-складова).

Необхідно відмітити, що специфікація ARMA-процесу (визначення лагової структури ARMA-моделей) (9) проводиться відповідно до розробленого методу оцінки величини найбільшого лагу [5], який ґрунтується на дослідженні кінцевих різниць перехідної функції.

З метою аналітичного розв'язку рівнянь ARMA-структур застосуємо  $z$ -перетворення до обох частин основного рівняння адаптивної ARMA-моделі зі структурою ADL (1,1)

$$y[i] = \mu\gamma_0x[i] + \mu\gamma_1x[i-1] + (1-\mu)y[i-1] + \mu\varepsilon[i], \quad (13)$$

з урахуванням сталого режиму та зсуву функції  $y(i-p) \Leftrightarrow z^p Y(z)$ :

$$y[i] - (1-\mu)y[i-1] = \mu\gamma_0x[i] + \mu\gamma_1x[i-1] + \mu\varepsilon[i], \quad (14)$$

$$Y(z)(1 - (1-\mu)z^{-1}) = X(z)\mu \sum_{q=0}^1 b_q z^q, \quad (15)$$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\mu \sum_{q=0}^1 b_q z^q}{1 + (1-\mu)z^{-1}}. \quad (16)$$

Відповідно до вищевикладеного, передаточна функція ARMA-структури матиме вид:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\left( \left[ \begin{array}{c} \mu \sum_{q=0}^1 b_q z^q \\ \sum_{p=1}^p \end{array} \right] \right)}{1 - (1-\mu) \cdot \frac{(-1)^{p+1} \cdot p \cdot z^p + (-1)^{p+1} \cdot z^p}{(-1)^{p+1} \cdot p \cdot z^p + (-1)^{p+1} \cdot z^p}}. \quad (17)$$

В даному випадку при дії на вході імпульсу Кронекера  $\delta_0$ , з  $z$ -образом  $\delta(z) = z^0 = 1$ , сигнал на виході буде мати вид імпульсної реакції  $y(i) \equiv h(i)$ :

$$H(z) = \frac{Y(z)}{\delta(z)} = Y(z) = \mu \sum_{i=0}^1 h(i) z^i. \quad (18)$$

Тобто передаточна функція ARMA-структури є  $z$ -образом його імпульсної реакції. Отже передаточна функція ARMA-структури може бути представлена степеневим поліномом прямим діленням чисельника на знаменник правої частини виразу (17).

Матеріал та результати досліджень. Загальні положення визначення частотних спектрів ARMA-структур. Розглянемо частотну функцію узагальненої ARMA-структури ADL (p,q) (9):

$$\begin{aligned} & A(\omega)e^{j\omega i \Delta t} - (1-\mu) \cdot (-1)^{p+1} \cdot A(\omega)e^{(j\omega i \Delta t - j\omega p \Delta t)} - \sum_{u=1}^{p-1} (-1)^{u+1} p A(\omega)e^{(j\omega i \Delta t - j\omega u \Delta t)} = \\ & = \mu \sum_{u=0}^q \gamma_u B(\omega)e^{(j\omega i \Delta t - j\omega u \Delta t)} \end{aligned} \quad ; (19)$$

$$A(\omega)e^{j\omega i\Delta t} \left[ 1 - (1-\mu) \cdot \left( (-1)^{p+1} \cdot e^{-j\omega p\Delta t} - \sum_{u=1}^{p-1} (-1)^{u+1} p e^{-j\omega u\Delta t} \right) \right] = ; \quad (20)$$

$$= \mu B(\omega) e^{j\omega i\Delta t} \sum_{u=0}^q \gamma_u e^{-j\omega u\Delta t} \left[ 1 - (1-\mu) \cdot \left( (-1)^{p+1} \cdot e^{-j\omega p\Delta t} - \sum_{u=1}^{p-1} (-1)^{u+1} p e^{-j\omega u\Delta t} \right) \right] = B(\omega) \mu \sum_{u=0}^q \gamma_u e^{-j\omega u\Delta t} ; \quad (21)$$

$$H(\omega) = \frac{A(\omega)}{B(\omega)} = \frac{\mu \sum_{u=0}^q \gamma_u e^{-j\omega u\Delta t}}{1 - (1-\mu) \cdot \left( (-1)^{p+1} \cdot e^{-j\omega p\Delta t} - \sum_{u=1}^{p-1} (-1)^{u+1} p e^{-j\omega u\Delta t} \right)} ; \quad (22)$$

Частотна характеристика ARMABIS-структури ADL (p,q) являє собою Фур'є-образ його імпульсної реакції. Останнє може бути доведено за умови  $\Delta t = 1$ :

$$H(\omega) = \sum_{u=-\infty}^{\infty} h(u) e^{-j\omega u} ; \quad (23)$$

$$h(u) = \frac{1}{2\pi} \int_{-p}^p H(\omega) e^{j\omega u} d\omega . \quad (24)$$

Проведемо дослідження динаміки зміни частотних характеристик ARMABIS-структур. Передаточна частотна функція ARMABIS-структури ADL (p,q) має вигляд:

$$A(\omega) e^{j\omega i\Delta t} - 2 \cdot (1-\mu) A(\omega) e^{(j\omega i\Delta t - j\omega\Delta t)} + (1-\mu) A(\omega) e^{(j\omega i\Delta t - j\omega 2\Delta t)} = \\ = B(\omega) \mu \gamma_0 e^{j\omega i\Delta t} + B(\omega) \mu \gamma_1 e^{(j\omega i\Delta t - j\omega\Delta t)} + B(\omega) \mu \gamma_2 e^{(j\omega i\Delta t - j\omega 2\Delta t)} , \quad (25)$$

$$A(\omega) e^{j\omega i\Delta t} \left( 1 - 2(1-\mu) e^{-j\omega\Delta t} + (1-\mu) e^{-j\omega 2\Delta t} \right) = \\ = B(\omega) e^{j\omega i\Delta t} \mu (\gamma_0 + \gamma_1 e^{-j\omega\Delta t} + \gamma_2 e^{-j\omega 2\Delta t}) . \quad (26)$$

Відповідно передаточна частотна функція (частотна характеристика) ARMABIS-структури ADL (2,2):

$$H(\omega) = \frac{A(\omega)}{B(\omega)} = \frac{\mu \cdot (\gamma_0 + \gamma_1 e^{-j\omega\Delta t} + \gamma_2 e^{-j\omega 2\Delta t})}{1 - 2(1-\mu) e^{-j\omega\Delta t} + (1-\mu) e^{-j\omega 2\Delta t}} \quad (27)$$

Імітаційне моделювання. В якості об'єкту керування обрана структура з передаточною функцією виду:  $W(s) = \frac{9}{0,7s^2 + 5,6s + 1}$ . Зміна лагових коефіцієнтів

моделі ADL(2,2) в процесі адаптації наведена в табл. 1. Перехідний процес еталонної моделі та фактичний вихід об'єкту керування в структурі адаптивної системи з ARMABIS-моделлю зворотної динаміки наведений на рис.1.

Таблиця 1

Динаміка зміни лагових коефіцієнтів ARMABIS-структури в процесі адаптації

t, c	c0	c1	c2	b0	b1	b2
0,2	1	-,4	0,2	0,005	0,0032	0
3,3	1	-,4	0,2	0,0235	0,0235	0,0203
9	1	-,4	0,2	-0,0276	-,0294	-0,0326

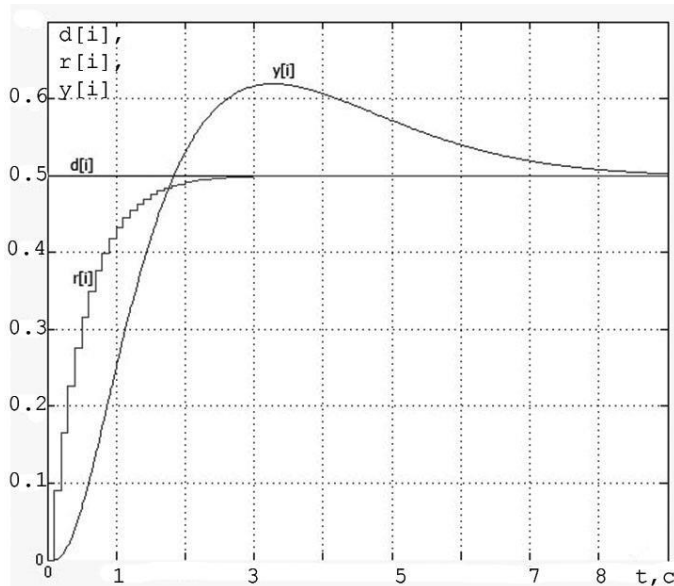


Рис. 1 - Перехідний процес вихідної координати  $y[i]$  об'єкту керування, сигнал завдання  $d[i]$ , перехідний процес еталонної моделі  $r[i]$

АФХ ARMABIS-структури в процесі адаптації з коефіцієнтом регуляризації  $\mu=0,8$  та коефіцієнтом швидкості настроювання вагових коефіцієнтів  $\gamma, h=0,05$  наведена на рис.2.

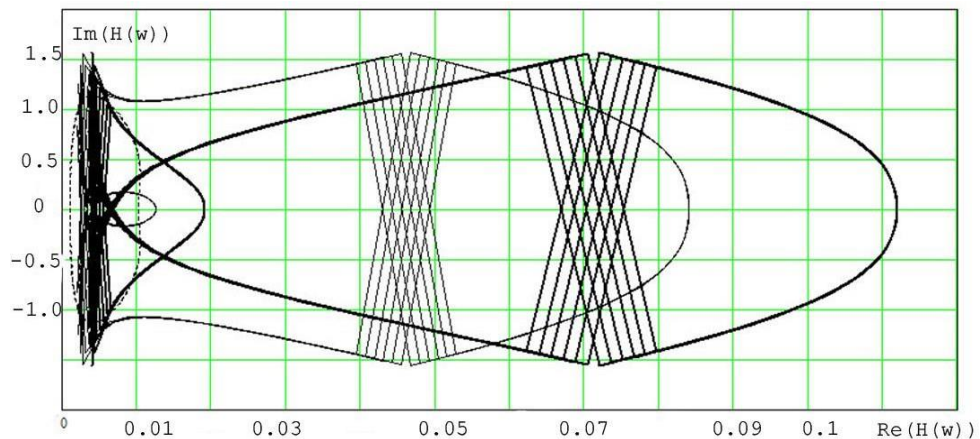


Рис. 2 – Динаміка зміни амплітудно-фазочастотної характеристики ARMABIS-структури ADL(2,2) в процесі адаптації на 0,2с.-  $H(w)$ , 3,3с -  $H_1(w)$ , 9с -  $H_2(w)$

Відповідно з проведеним аналізом частотних характеристик зроблені наступні висновки:

1. Частотні характеристики є неперервними функціями частоти;

2. Наявність дискретизації (в розглянутому прикладі  $\Delta t = 0,1$ с.) забезпечує періодичність частотної функції ARMABIS-структури. Період частотної функції дорівнює частоті дискретизації  $f = \frac{1}{\Delta t} = 10 \tilde{\Delta} \delta$ . Головний частотний діапазон: від

$\omega = -\frac{\pi}{\Delta t} = -31,42$  до  $\omega = \frac{\pi}{\Delta t} = 31,42$ . Граничні частоти головного частотного діапазону

відповідають частоті Найквіста (максимальна частота даних, яку здатна перетворити ARMABIS-структура);

3. Полоса пропускання ARMABIS-структури в процесі адаптації не змінюється і в даному прикладі складає від 0 до  $20\text{с}^{-1}$ . Полоса затримання не змінюється і дорівнює  $11,42\text{с}^{-1}$  з  $20\text{с}^{-1}$  до  $31,42\text{с}^{-1}$ ;

4. Частотні складові вхідного сигналу в полосі затримання подавлюються більше ніж в 3000 разів ( $\Delta A_C = 0,003$ ), а в полосі пропускання в процесі адаптації моделі ширина вікна пропуску поступово зменшується від  $\Delta A_f' = 1 - 0,01 = 0,99$  до значення  $\Delta A_f' = 1 - 0,118 = 0,88$  ( $A_{\text{мін}} = 1 - 0,88 = 0,12$ ). По закінченню адаптаційного процесу ARMABIS-структури частотні складові вхідного сигналу в полосі пропускання ослаблюються не більше ніж в  $\sqrt{2}/12$  разів. Відповідно з наведеним вище, верхня межа робочого затухання в полосі пропускання складає  $\Delta a = -20\lg(1 - \Delta A_f) = 1,11\text{дБ}$ , а нижня межа затухання в полосі затримання  $a_0 = -20\lg(\Delta A_C) = 50,5\text{дБ}$ .

Різниця верхніх меж на початку і по завершенню адаптаційного процесу  $\psi\Delta a = 1,02\text{дБ}$ , нижніх -  $\xi a_0 = 4,89\text{дБ}$ .

Дослідження ефекту квантування за часом ARMABIS-структур. Відповідно до наведених результатів моделювання можна зробити наступні висновки стосовно частотних спектрів ARMABIS-структур:

1. Спектр  $X^*(j\omega)$ , в силу симетрії, може бути визначений в діапазоні частот  $\left(0, \omega_0\right)$ ;  $\left(-\frac{\omega_0}{2}, \frac{\omega_0}{2}\right)$ ;

2. Спектр  $X(j\omega)$  на всіх кроках адаптації носить не фінітний характер;

3. Спектри  $X^*(j\omega)$  ARMABIS-структури однозначно не відповідають періодичному спектру  $X(j\omega)$ , отже ефект квантування за часом ARMABIS-структурою пов'язаний з втратою інформації.

Останній висновок вимагає дослідження спектральних характеристик з метою визначення обмежень, які дозволять обробляти вхідні сигнали ARMABIS-структурою без додаткових спотворень.

Припустимо, що спектр  $X(j\omega)$  є обмеженою функцією. Фінітність спектру прийемо на рівні подавлення вхідного сигналу в діапазоні полоси затримання ( $\Delta A_C = 0,0035$ )  $\omega_c'$ ,  $|X(j\omega)| = \Delta A_C$ .

Відповідно до приведених спектрів сигналів ARMABIS-структури в процесі адаптації, можна зробити висновок, що адаптація розробленої ARMABIS-структури не викликає зміну умовної частоти зрізу спектру  $\omega_c'$ ,  $X(j\omega) \neq \Delta A_C$ . Отже, при виконанні умови  $\omega_0 < 2\omega_c'$  буде відбуватися накладення зміщених спектрів  $X(j(\omega - kr\omega_0))$ ,  $k = 1, 2, \dots$  і в результаті спектр вихідної величини  $X^*(j\omega)$  в основній полосі ARMABIS-структури  $\left(-\frac{\omega_0}{2}, \frac{\omega_0}{2}\right)$  буде

відрізнятися від спектру вхідної величини  $X(j\omega)$ .



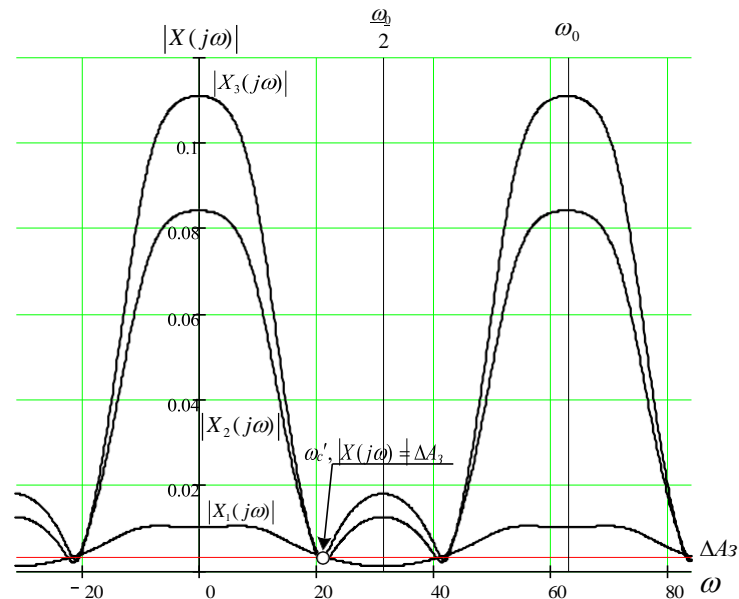


Рис. 3 – Спектри сигналів ARMABIS-структури в процесі адаптації

При виконанні умови  $\omega \geq 2\omega_c$  накладення зміщених спектрів відсутнє, що дає змогу стверджувати наступне: якщо безперервна величина  $x(t)$  має властивість фінітності свого спектру  $X(j\omega)$  в основній полосі ARMABIS-структури  $\left(-\frac{\omega_0}{2}, \frac{\omega_0}{2}\right)$  з умовною частотою

зрізу  $\omega_c$ ,  $|X(j\omega)| = \Delta A_c$ , то квантування за часом ARMABIS-структури з частотою  $\omega \geq 2\omega_c$  не призводить до втрати інформації.

### ВИСНОВКИ

Доведено, що розроблені нейромережеві авторегресійні структури з регуляризацією (ARMABIS-елементи) можуть бути використані в якості емуляторів динамічного стану об'єктів керування.

В результаті дослідження спектральних щільностей розроблених ARMABIS-емуляторів динаміки об'єктів керування встановлено наступне: частотні характеристики ARMABIS-емуляторів є неперервними функціями частоти; наявність дискретизації забезпечує періодичність частотної функції ARMABIS-структури; полоси затримання та пропускання ARMABIS-структури в процесі адаптації не змінюються; ефект квантування за часом ARMABIS-структурою пов'язаний з втратою інформації; якщо вхідна величина має властивість фінітності свого спектру в основній полосі ARMABIS-структури, то квантування за часом ARMABIS-структури з частотою  $\omega \geq 2\omega_c$  не призводить до втрати інформації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Щокін В.П. Оцінка ретроспективної глибини вектору стану нейромережевих і fuzzy емуляторів багатомірних (nD) систем / В.П.Щокін // Електроінформ. -2009. - №2.-С.19-23.

*Наукове видання*

За загальною редакцією  
д-ра техн. наук, професора

**КОВАЛЕВСЬКОГО Сергія Вадимовича**

**НЕЙПРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ  
НМТіЗ-2020**

**Збірник наукових праць**

За авторським редагуванням

32/2016    Формат 60 x 84/16.    Ум. друк. арк. 16,1  
Обл.-вид. арк. 17,2. Тираж 100 прим. Зам. № 50

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 1633 від 24.12.2003