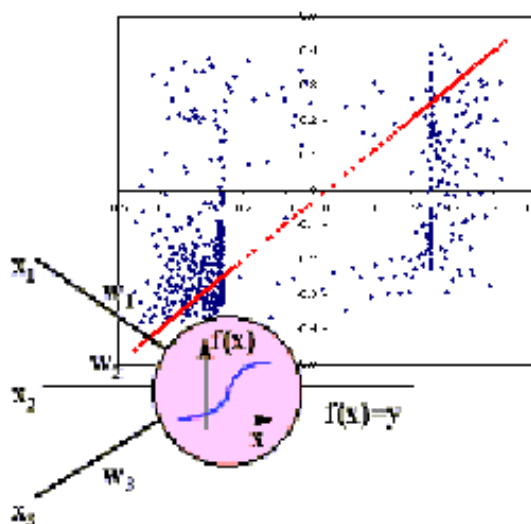


Міністерство освіти і науки України
Національна Академія наук вищої освіти України
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)
Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac (Serbia)
Факультет інженерної механіки університета Штроссмайера (Хорватія)
Зеленогурський університет (Польща)
"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)
ГО «Юнацький технопарк» (Україна)



НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТіЗ-2021

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

XX Міжнародної наукової конференції

Краматорськ 2021

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 Application" (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)
ГО «Юнацький технопарк» (Україна)

НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТіЗ-2021

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

XX Міжнародної наукової конференції

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

Краматорськ 2021

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 № 4 від 25.11.2021)

Програмний комітет конференції

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

Н46 Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2021: збірник наукових праць XX Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2021» / за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. С.В.Ковалевського. - Краматорськ: ДДМА, 2021. – 151 с.

ISBN 978-617-7889-07-5

У збірнику праць представлені перспективні теоретичні та практичні розробки в області нейромережних технологій, виконані в 2021 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 здобувачів освіти, наукових працівників широкого профілю та фахівців.

УДК 004.032.26+621(061.3)

ISBN 978-617-7889-07-5

©ДДМА, 2021

Boyko N.I. , (<i>Lviv Polytechnic National University, Ukraine</i>) PROBLEMS OF CLASSIFICATION OF MULTIMODAL DATA BY THE METHOD OF RELEVANT VECTORS USING PARALLEL CALCULATIONS.	7
Dasic P., Kovalevskyy S., Kovalevska O. (<i>Academy of Professional Studies Šumadija – Kragujevac, Serbia; Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) EQUIPMENT FOR SMART TECHNOLOGIES OF RECONFIGURABLE PRODUCTION.	20
Duk V, Kovalevskyy S. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) NEURAL NETWORK MODELING OF THE STRESS STATE OF MACHINE PARTS.	25
Gitis V., Pudov O., Gitis I. (<i>Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) NEURAL NETWORK SYSTEM FOR PREPARING STUDENTS FOR EXTERNAL INDEPENDENT TESTING.	27
Gordana V.Jelić¹, Vladica Stojanović², Dejan Stošović¹ (<i>Serbia, University of Kosovska Mitrovica, ¹Faculty of Technical Sciences, ²Faculty of Sciences and Mathematics</i>) DESCRIPTION OF MECHANISM TRAJECTORIES USING NEURAL NETWORKS	32
Kosheva L. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) NEURAL NETWORK STUDY OF THE NATURE OF ORGANIZATION MANAGEMENT	38
Kovalevskyy S., Kovalevska O. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SMART TECHNOLOGIES.	41
Kovalevskyy S., Kovalevska O. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) APPLICATION NEURAL NETWORK MODELLING.	49
Kovalevskyy S., Kovalevska O. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING TO RESEARCH INNOVATIVE TECHNOLOGIES	52
Lykhmanyuk J., Sinitza T., Kovalevsky S. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) INTELLIGENT MANAGEMENT OF RECONFIGURED PRODUCTION.	57
Siduk D., Lupa Yu. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF ASSEMBLY QUALITY AND PERFORMANCE OF PRODUCTS.	58
Sinitza T., Kovalevskyy S. (<i>Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine</i>) INTELLECTUAL MANAGEMENT OF THE VIRTUAL ENVIRONMENT OF TRAINING OF MODERN PROFESSIONALS	62
Slobodan Adžić¹, Marijana Milunović¹, Bojan Branković² (<i>¹Faculty of Management FAM, University Union-Nikola Tesla, Belgrade, Serbia; ²University in Belgrade, Faculty of Political Sciences, Belgrade, Serbia</i>). RATIONALE FOR APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING FOR ENVIRONMENTAL MONITORING	65
Бодяньський Є.В., Костюк С.О. (<i>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна</i>) АВТОМАТИЧНО НАЛАШТОВАНИЙ ЛІНІЙНИЙ БЛОК (АСЛУ) ДЛЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ПРЯМИМ ПОШИРЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ.	71
Гітіс В. Б., Дамян Д. (<i>Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна</i>) ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАФІЧНИХ ОБРАЗІВ.	77

- Ковалевський С.В., Чернокол А.В., Коротченко В.Е.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ МАЛО-ЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ. 81
- Кравець К.І., Шевченко Н.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАСТРОЮ КОРИСТУВАЧА МОБІЛЬНОГО ТЕЛЕФОНУ. 85
- Лахно В.А., Ахметов Б.С.** (Национальный университет биоресурсов и природопользования, г.Киев, Украина; Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан) АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ НА БАЗЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ. 89
- Лихманюк Я.В., Ковалевський С.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ПЕРСПЕКТИВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ РОЗУМНОГО ВИРОБНИЦТВА 92
- Мельников О.Ю., Бобрик А.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ОЦІНОК СТУДЕНТІВ З ОКРЕМОЇ ДИСЦИПЛІНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО МАТЕРІАЛУ. 94
- Мельников О.Ю., Закабула О.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РЕМОНТНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ПОШКОДЖЕННЯ ВОДОПРОВОДУ В НЕВЕЛИКОМУ МІСТІ. 99
- Мельников О.Ю., Кадацький М.А.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ І КОНЦЕПЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОЇ ТЕХНІКИ МЕТАННЯ СПОРТСМЕНА-МЕТАЛЬНИКА ЯДРА. 103
- Олійник С.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ НЕСТІЙКИХ СТАНІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ В ПРОЦЕСІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ. 110
- Ольховська О.Л., Гудкова К.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЕКТІВ 114
- Онищук С.Г., Тулупов В.І.** (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна) ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ. 120
- Піца О.Р., Гайдучок О.В.** (Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів) ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ 122
- Решетняк Т.В., Нечволода Л.В., Крикуненко К.М.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна) ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОТЕХНОЛОГІЙ 12
- Слюсар В.И.** (Центральный научно-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України) **Слюсарь И.И.** (Полтавський державний аграрний університет) ЛЬВЫ ЗООПАРКА НЕЙРОСЕТЕЙ. 129
- Слюсар В.И.** (Центральный научно-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України) МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫЕ НЕЙРОСЕТИ. 134

- Терещенко В. М., Гаврилюк О. М.** (*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*)) РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ПО ЗОБРАЖЕННЮ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ. 138
- Тулупов В.І., Онищук С.Г.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, Україна*) НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB NEURAL NETWORK TOOLBOX. 150

Boyko N.I., (Lviv Polytechnic National University, Ukraine)

PROBLEMS OF CLASSIFICATION OF MULTIMODAL DATA BY THE METHOD OF RELEVANT VECTORS USING PARALLEL CALCULATIONS.

The paper considers the recent development of a multi-core platform and low-cost clusters. A description of the process that makes parallel computations extremely effective for use in this study is provided. The use of hyperspectral images is given. Algorithms for classifying multimodal data for detecting anomalies are analyzed. The application of parallel computations for multimodal data classification problems is considered. The paper considers the RVM method using parallel calculations. The study developed three parallel implementations of the RVM method. The parallelization applied in working with matrices, multiclassifier strategy and strategy of "division-victory-merger" is described. Testing of parallel RVM methods on multicore platforms and clusters is considered. The obtained apparent increase in the efficiency of parallel RVM methods on multicore platforms and clusters is analyzed.

У роботі розглядається нещодавня розробка багатоядерної платформи та недорогих кластерів. Надано опис процесу, який робить паралельні обчислення надзвичайно ефективними для використання в цьому дослідженні. Подано використання гіперспектральних зображень. Проаналізовано алгоритми класифікації мультимодальних даних для виявлення аномалій. Розглянуто застосування паралельних обчислень для задач мультимодальної класифікації даних. У роботі розглянуто метод RVM з використанням паралельних розрахунків. У дослідженні розроблено три паралельні реалізації методу RVM. Описано розпаралелювання, яке застосовується при роботі з матрицями, мультикласифікаторну стратегію та стратегію «поділ-перемога-злиття». Розглянуто тестування паралельних методів RVM на багатоядерних платформах і кластерах. Проаналізовано отримане видиме підвищення ефективності паралельних методів RVM на багатоядерних платформах і кластерах.

Introduction. Nevertheless, the method of relevant vectors is the leading technique for classifying hyperspectral images. The task of a hyperspectral image is to obtain a spectrum for each pixel of the image to find objects, identify materials, or carry out recognition processes. Using a sparse property, RVM can acquire a golden state, which cannot be achieved by using the method of support vectors (SVM). The light property requires significantly less time to create a prediction, making RVM a potential leader for the classification of large-scale hyperspectral imaging. However, RVM is not widely used due to its slow training process. To solve this problem, the classification of hyperspectral images using RVM is accelerated by parallel calculations. Parallelization is manifested in aspects of a multi-class strategy, a set of several weak classifiers and operations with a matrix. Parallel RVM algorithms are implemented using the C programming language, similar functions of linear algebra packets and the interface library of message transmission. The methods proposed in work are evaluated by the AVIRIS IndianPines data set on the Beowulf cluster and multi-core platforms.

The **work aims** to investigate the problems of classification of multimodal data and accelerate calculating the RVM method with the help of parallel calculations.

The **main tasks** for solving this goal are:

- consider the general Bayesian method for obtaining sparse solutions of regression and classification problems using models with linear parameters;
- analyze the RVM machine learning algorithm and its application together with some comparative benchmarks, including hyperspectral imaging;
- develop three parallel RVM implementations;
- apply methods of parallel calculations to work with matrices, multiclassifier strategies and strategies of "division-victory-merger";
- to test parallel RVM methods on a multi-core platform and cluster.

Analysis of recent publications. His early research interests focused on neural computing and probabilistic data visualization techniques and later expanded to include more general machine learning methodology, particularly Bayesian statistical assumptions. For many years, Tipping has worked on various thematic areas [], both fundamental and applied, the most famous example of which is probably the predicted model of RVM technology. Michael Tipping wrote an article on June 1, 2001, in which the term relevance vector machine (RVM) was first used.

The scientific work presented a general Bayesian method for obtaining sparse solutions of regression and classification problems using models with linear parameters. Although this method is primarily available, Tipping introduced an approach with a specific feature, which he called the "method of relevant vectors" (RVM). This model has an identical functional form to the famous (SVM). This has been demonstrated using the probabilistic Bayesian method to obtain accurate models for prediction, which typically use far fewer essential functions than SVM but provide several additional advantages. These include the benefits of probabilistic predictions, automatic evaluation of so-called "noise" parameters and the ability to use arbitrary basic functions.

The article describes the Bayesian method and the associated machine learning algorithm RVM and provides several illustrative examples of its application, along with some comparative guidelines, including hyperspectral imaging.

Given the incredible amount of information stored in the hyperspectral image, a huge number of training samples are needed for accurate classifier training. Machine learning tasks, which involve learning the "natural state" on a finite number of data samples in a property space with a high number of dimensions, usually require a large amount of training data in order to provide at least a few samples with different combinations of values. A typical rule is that in each dimension there should be at least 5 training examples. With a fixed number of training samples, the predictive power of a classifier or regressor first increases as the number of sizes / functions used increases but then decreases. This problem is well known and is called the Hugh phenomenon [1].

Collecting a sufficient number of training samples is quite a difficult task. Therefore, the design of hyperspectral image classifiers, which will deal with a small training set, has become a topic of the last ten years. The solution of this problem [2–10] can be divided into four categories:

1. Regularization of the covariance matrix of the sample

2. Deleting a function or selecting a function
3. Expansion of training sessions through semi-control training
4. Low complexity classifiers such as SVM

Due to the advantages of the core, the Hugh phenomenon has a more negligible effect on SVM. Maximizing the stocks of pairs of classes guarantees SVM low training error and an excellent ability to generalize. SVM is superior to most controlled classifiers in hyperspectral image classification [7–10].

Rarefied Bayesian training classifiers, represented by relevant vectors (RVM), have appeared in the community since 2006 [11–13]. To avoid over fulfilment or so-called "overtraining", RVM limits the predicted model to automatic value selection (ARD), which provides a sparse model. Compared to SVM, RVM can create a model with a much rarer state with equivalent generalization ability. A light property can compete with competing methods for classifying large-scale hyperspectral images because it requires much less time to predict.

However, RVM is not very common due to its slow training procedure. At each iteration, the RVM performs transposition, multiplication, and inversion operations on the Hesse matrix $N \times N$ (a square matrix whose elements are partial derivatives of some function), where N is the number of training samples. These operations take a long time when the value of N is significant, which makes it inefficient for a large data set.

To solve the problem, Tipping and Fowl proposed a quick method to maximize the marginal probability by updating the coefficient one by one [14]. However, the fast method performs a greedy search and quickly gets stuck in suboptimal solutions. Scientist Leigh [15] avoided the costly inversion of the Hesse matrix by replacing the Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) algorithm with the method of repeated iterative weighing of the smallest (IRLS). In turn, Seger and Ribeiro applied RVM to large text sets using acceleration and increment methods, which adopt the so-called separation-victory-merger strategy and allow RVM to process more than ten thousand training samples [16]. The above strategy reduces the number of training samples of each weak RVM process, which helps speed up the training procedure. Den Young also offered a cursive decomposition of Cholesky for RVM and implemented it on CPUs. It is proved that RVM based on CPUs is much faster for single and double accuracy [17].

Statement of the problem. The recent development of a multi-core platform and low-cost clusters makes parallel computing extremely popular in areas that use hyperspectral images. Many anomaly classification and detection algorithms have been successfully parallelized [18–20]. These cases motivate scientists to accelerate the RVM method using parallel calculations. In this course work, three parallel RVM implementations will be developed. Parallelization will be applied in the aspects of working with matrices, multiclassifier strategy and division-victory-merger strategy. Parallel RVM methods are being tested on a multi-core platform and cluster, with a noticeable increase in inefficiency.

Description of methods and algorithms for their application. The Relevance Vector Machine (RVM) method is a machine learning technique that uses bypassing to obtain cost-effective regression and probabilistic classification solutions.

RVM has the same functional form as the reference vector method but provides a probabilistic classification.

It is, in fact, equivalent to the Gaussian process model with the covariance function (1):

$$k(x, x') = \sum_{j=1}^N \frac{1}{\alpha_j} \varphi(x, x_j) \varphi(x', x_j), \quad (1)$$

where φ is a nuclear function (usually Gaussian), α_j is a variance of a priori values of the elements of the vector of weight coefficients $\omega \sim N(0, \alpha^{-1} I)$, and $x_1 \dots \dots x_N$ are input vectors of the training set.

Compared with the Support Vector Machines (SVM), the basic formulation of RVM avoids a set of free parameters, as in SVM (which usually require post-optimization based on cross-checking). However, RVM uses a training method similar to expectation-maximization and is also prone to the risk of local minima. This differs from standard algorithms based on minimum sequential optimization (SMO), using RVM, which guarantees the optimum global location (for a convex task).

SVM is quite popular in managed curricula and has recently been used for regression and classification of multispectral and hyperspectral images. Although SVM classification is successful, the results have several significant and practical drawbacks:

- Although SVMs are relatively rare, the number of VMs usually increases linearly with the size of the training set, and therefore SVM overuses essential functions.
- Predictions are not probabilistic, and therefore SVM is not suitable for classification tasks in which prior probabilities of class members are required.
- In SVM, you need to estimate parameter C's margin error/error, which usually entails cross-checking the procedure and wasting data on calculations.

RVM was introduced by Tipping as a Bayesian alternative to SVM, which does not suffer from the above limitations. RVM introduces priority over model weight, controlled by a set of hyperparameters. One hyperparameter is associated with each weight, and the most probable values are iteratively estimated from the training data. The most compelling feature of RVM is that it usually uses significantly fewer kernel functions than SVM, providing similar performance.

1. RVM classifier

For training samples $\{x_n\}_{n=1}^N$ and class notation $\{t_n\}_{n=1}^N$ RVM uses a linear combination of kernel functions $K(x, x_n)$ to describe the I / O relationship (2):

$$y(x, \omega) = \sum_{n=1}^N \omega_n K(x, x_n) + \omega_0, \quad (2)$$

and Bernoulli distribution for density construction of probability function (3):

$$p(t | \omega) = \prod_{n=1}^N y_n^{t_n} (1 - y_n)^{1-t_n}. \quad (3)$$

The symbols in formulas (1) ~ (2) are $\omega = (\omega_0, \dots, \omega_N)^T$, $t = (t_1, \dots, t_N)^T$, and $y_n = \sigma\{y(x_n; \omega)\}$. $\sigma(y)$ is a sigmoid function (continuously differentiated monotonic nonlinear S-shaped function, which is often used to "smooth" the values of a certain quantity), which is determined by the following formula (4):

$$\sigma(y) = \frac{1}{(1 + e^{-y})}, \quad (4)$$

placing $y(x_n; \omega)$ within $[0, 1]$. To ensure the ability to generalize weights ω limited to (5):

$$p(\omega | \alpha) = \prod_{n=0}^N N(\omega_n | 0, \alpha_n^{-1}). \quad (5)$$

Then the probability density function $p(\omega | t, \alpha)$ can be obtained by the Bayesian rule (6):

$$p(\omega | t, \alpha) = \frac{p(t | \omega) p(\omega | \alpha)}{p(t | \alpha)}. \quad (6)$$

By maximizing (6), the optimal ω can be found as follows.

Sequential binary classification algorithm RVM

1. Initialize (declare) ω and α .
2. Correct α and update ω using the following formula (7), (8):

$$g = \nabla_{\omega} \log p(\omega | t, \alpha)|_{\omega_{MP}} = \Phi^T(t - y) - A\omega, \quad (7)$$

$$H = \nabla_{\omega} \nabla_{\omega} \log p(\omega | t, \alpha)|_{\omega_{MP}} = -(\Phi^T B \Phi + A), \quad (8)$$

$$\omega_{MP}^{new} \leftarrow \omega_{MP}^{old} - H^{-1}g.$$

3. Correct ω and update α using the following formula (9):

$$\alpha_n^{new} = \frac{1 - \alpha_n^{old} \sum n n}{(\omega_{MP}^{new})_n^2}, \quad (9)$$

where $\sum = -H^{-1}$.

4. Repeat steps 2 - 3 until convergent.
5. Classify test samples according to the evaluation model.

2. Parallel optimization

RVM is a binary classifier. To solve the problem of multiclass should use "One against one" (OAO) or "One against all" (OAA). Multiclass RVM consists of several independent binary classifiers and can be processed by several units of processing

simultaneously. In [16], Zeger and Ribeiro applied RVM to large-scale text typing using ensemble, accelerated and incremental methods. They divided the standard RVM into several independent local RVMs. So it was decided to use this idea for parallelization in this course work. RVM can also be accelerated by time-consuming parallelizing operations with the matrix in formulas (6) - (8). More complex parallelization could be implemented by combining the above strategies [20].

Parallel RVMs in this work focus on the learning phase. The testing phase is not emphasized for two reasons. First, with an equivalent amount of training and test samples, the optimization of ω and α is much slower than the predictions of test samples. Second, even if tens of thousands of test specimens are involved, the prediction of each test specimen is always independent. This is a typical parallel data problem. This can be easily solved by simultaneously dividing the test set into several subsets provided by several processing units [22].

2.1. Parallel multiclass strategy

RVM solves the problem of multiclass using OAO or OAA techniques. OAO is preferred because it handles smaller educational samples in each class [12]. Suppose there are C classes; multiclass RVM by OAO consists of $(C - 1) C / 2$ uncorrelated binary RVM. This is a typical parallel task and therefore abbreviated as a parallel implementation of RVM-Multiclass. It is also extremely important to monitor and adjust the load balance for the PRVM-Multiclass. With OAO, pairs of classes can vary significantly in the number of training samples. Varieties will cause a significant difference between the CPU time spent on a team of classes. It is impossible to ensure that the load balancer will permanently be settled if the pairs of classes are evenly distributed in a parallel environment. To solve the problem, pRVM-Multiclass organized in the model master-slave. All classes live in the master (master) and wait for him to be sent to one non-working "slave". Each slave is a tubular RVM. The master continuously sends untreated pairs of classes to non-working slaves until all pairs of classes are sent. Slaves require a new pair of class leader when he is idle. The results of the collection are collected and synthesized by the leader for the classification map [21].

2.2. Parallelization of many weak RVMs

RVM extends to the processing of large-scale text datasets using acceleration, ensemble and increment [16]. All these methods are based on the strategy of division-victory-merger. The entire training dataset is divided into several small subsets of sets. Each subset is used for weak RVM training and test set classification. Weak RVMs cause a decrease in accuracy compared to serial RVM. The loss can be offset by integration methods, such as majority voting. It is proved that the method of the ensemble surpasses the rest [16, 20].

Thus, it is used to build weak classifiers in this work; the parallel implementation is called pRVM-Ensemble. Each process randomly extracts from each class $p\%$ of samples for training local RVM. Classmarks of the test set are determined, respectively, weak RVM and then amplified by a majority vote [17].

Two parameters influence the pRVM-Ensemble, the sampling rate p and the number of weak classifiers M . Assume that the training set consists of N samples, and the serial RVM spends T_s seconds. With a large N , T_s is mainly occupied by the

inversion of the Hesse matrix H in formula (7), the complexity of which is $O(N^3)$. Ignoring the minor parts, the complexity of the weak RVM could be approximated to $O(p^3N^3)$. Therefore, the speed factor pRVM-Ensemble determined by the formula (10):

$$r = \frac{T_s}{M \times \frac{p^3 T_s}{K}} = \frac{K}{p^3 \times M}, \quad (10)$$

where K is a number of processes. Small p and M guarantee a high-speed factor, the cost of loss of accuracy. In contrast, incorrect classifications decrease with relatively low efficiency. Suppose weak RVMs contain copies of the entire training set and are distributed across processes. In this extreme case, the pRVM Ensemble does not improve efficiency and accuracy. Fine-tuning is needed to balance the trade-off between efficiency and accuracy.

2.3. Parallelization of operations with matrices

RVM is busy with operations with the matrix in formulas (7) - (9), especially the time-consuming inversion of the Hessian matrix H . This could be quickly accelerated by replacing the parallel functions of the matrix with sequential ones. We called the parallelization RVM-MatOp. Parallel functions are implemented in many parallel linear algebra packages, such as Intel's Math Kernel Library (MKL) and automatically configured linear algebra software (ATLAS). Packages provide optimized matrix multiplication and inversion functions for scale matrices. RVM-MatOp is mentioned for two reasons. First, the parallel functions of the matrix are implicitly controlled by well-designed packages. Researchers could quickly implement PRMM-MatOp on multi-core platforms, even if they are not familiar with parallel computing. Second, pRVM-MatOp can be combined with pRVM-Multiclass and pRVM-Ensemble for better efficiency [18, 23].

2.4. Hybrid parallel RVM

Multiclass and pRVM-Ensemble to optimize binary RVM. A more complex case is a combination of three parallel implementations. The ensemble is used to decompose a serial RVM into several independent subtasks, a multi-class parallel strategy optimizes weak local RVMs, and functions of a parallel matrix accelerate binary RVMs. However, efficiency can be reduced due to a too complex parallel strategy. Ideal case - a combination of RVM-MatOp with pRVM-Multiclass or RVM-Ensemble. RVM is initially divided globally into several uncorrelated subtasks using multi-class or ensemble methods. Then parallel functions of the matrix are used to optimize local subtasks. The hybrid structure is famous in parallel programming and is suitable for implementation on a cluster of multi-core computers [19].

Experiments. Several experiments were performed on the data obtained by the air-visible / infrared spectrometer (AVIRIS) to evaluate the proposed methods. AVIRIS is the second in a series of imaging spectrometers developed in the Jet Engines Laboratory (JPL) for remote sensing of the Earth. This tool simultaneously uses scanning optics and four spectrometers to display a 6-pixel band in 224 adjacent spectral bands. The test site for this task was the image of "IndianPines" [21, 24]. The test site covers an area of 145×145 and 220 bands, ranging in size from 0.4 to 2.5

mcm (micrometre). It contains sixteen different land covers, some of which are difficult to separate. Seven classes were rejected due to an insufficient number of labelled samples. The remaining nine classes had 8,489 models and were divided into training and test kits. Details of the data set are shown in Figure 1 and Table 1.

Table 1.

Class	Name	Training	Test	Total number
C1	Corn-notill	632	633	1265
C2	Corn-min	364	364	728
C3	Grass/Pasture	224	225	449
C4	Grass/Trees	335	336	671
C5	Hay-windrowed	228	228	456
C6	Soybeans-notill	425	424	849
C7	Soybeans-min	1133	1335	2268
C8	Soybeans-clean	289	288	577
C9	Woods	614	612	1226
	Total number	4244	4225	8489

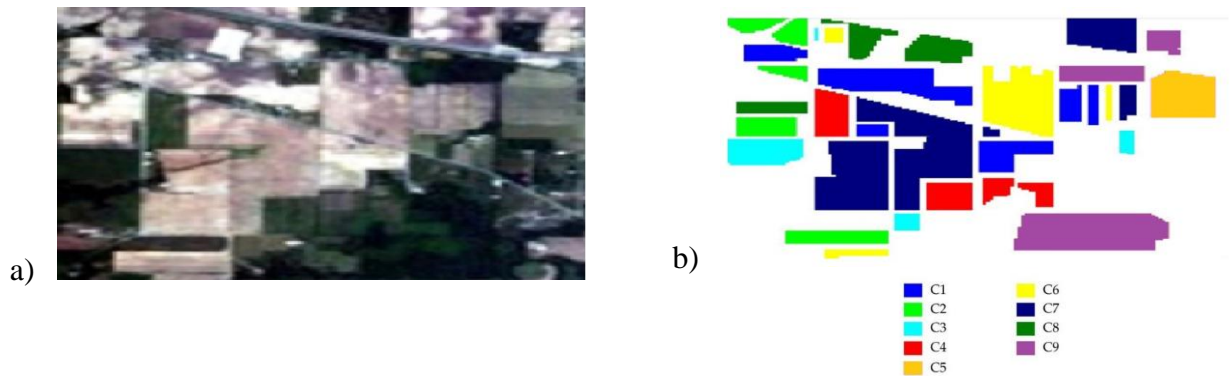


Figure 1. a) Pseudo-color image; b) Distribution of nine typical classes.

1. Estimation of pRVM

Table 2 shows the efficiency of parallel RVM. The RVM serial algorithm takes 3402.9 seconds. pRVM-Multiclass and pRVM-MatOp are equal to serial RVM when one processor is involved. pRVM-Ensemble was tested with three different sampling rates, ranging from 20% to 60%. 32 were installed to balance the load. Processor time pRVM-Ensemble can be estimated by the formula $M \times p^3 \times T_s$, which is equal to 871.1 seconds for $p = 20\%$, 6969.1 seconds for $p = 40\%$ and 23520.8 seconds for $p = 60\%$. The approximations are in the same order of magnitude as the values measured in Table 2. The time costs of parallel RVMs decrease rapidly when more processors are involved [22].

Table 2.

CPUs	nRVM – Ensemble with different p			nRVM – Multiclass	nRVM - MatOp
	20%	40%	60%		
1	1720.1	9164.3	26510.1	3402.9	3402.9
2	867.5	4638.6	13320.2	1886.4	2705.9
4	449.8	2319.3	3409.9	1139.8	1413.6
8	235.7	1214.4	1824.4	834.6	388.9

Using a low sampling rate, pRVM-Ensemble acquires superlinear acceleration coefficients when $p = 20\%$. The odds fall below the ideal for larger. The pRVM-Multiclass curve decreases as the number of processors increases. With less than 8 processors, pRVM-Multiclass is faster than pRVM-Ensemble ($p = 40\%$ and $p = 60\%$). However, it falls under pRVM-Ensemble (%) with 8 processors. The phenomenon is caused by unbalanced class pairs of the educational setting. Table 3 shows the training time of each pair of classes with binary RVM. Grades 3 and 5 have the smallest number of samples. They only need 6.3 seconds to train binary RVM. The features of classes 7 and 9 are quite similar. In addition, they have almost the most samples. It takes 575.3 seconds to prepare a binary RVM (See Table 3). Under the influence of a huge difference, the computing nodes could not achieve the same number of tasks. pRVM-MatOp is more effective than pRVM-MulticlassRVM-Ensemble ($p = 40\%$ and $p = 60\%$). To implement the functions of the parallel matrix in the cluster, ScaLAPACK introduces additional overhead costs in the network for data exchange, which causes a slight decrease in the curve of the acceleration factor pRVM-MatOp. The downward trend will increase even more with the number of processors.

Table 3.

Time RVM for each pair of class

Class	2	3	4	5	6	7	8	9
1	51.2	37.7	50.7	38.8	63.5	269.1	45.8	284.9
2		13.7	35.9	15.1	26.7	178.9	17.3	189.5
3			11.3	6.3	17.5	148.6	9.1	36.1
4				12.4	23.2	163.6	15.3	102.4
5					19.6	163.6	11.1	102.4
6						197.1	20.4	249.5
7							141.6	575.3
8								119.3

Table 4 shows the overall accuracy of the classification of parallel RVMs. pRVM-Multiclass and pRVM-MatOp acquire the same accuracy as serial because they do not change the logic of standard RVM. Training subsets of weak RVMs are selectively selected in the PRVM Ensemble. This will make a difference in the accuracy of local classifiers. When $p = 20\%$, the minimum accuracy of weak RVM is 81.67%, and the maximum value is 84.43%. There is a gap of 2.76%. The gap gradually decreases as the sampling frequency increases. The accuracy of the ensemble after the majority vote is better than that of those (Min, Max and Aver) weak RVM. It exceeds the consecutive when $p = 60\%$. Accuracy does not increase linearly with the sampling rate for the PRVM Ensemble. The increase is 2.85% when ranging from 20% to 40%. It drops to 0.73% in the case of 40% -60%. The growth is further reduced to 0.19% when it reaches 80%. However, this leads to a massive increase in time with such a large p . Considering both efficiency and accuracy, preference should be given to cases where $p = 20\%$ and $p = 40\%$.

Table 4.

The general accuracy of classification by parallel RVM with the whole training data set

p	nRVM - Ensemble				nRVM - Multiclass	nRVM - MatOp
	Min	Max	Average	Vote		
20%	81.67%	84.43%	82.85%	87.94%	91.26%	91.26%
40%	86.31%	88.55%	87.43%	90.79%		
60%	88.36%	90.39%	89.28%	91.52%		
80%	89.52%	90.86%	90.29%	91.71%		

In Fig. 2 a) presents a graph of the accuracy of the model, which shows the dependence of accuracy on the number of epochs. In Fig. 2 b) shows the model of losses and the relationship between the change in losses and the number of epochs.

The performance of parallel RVMs for different data sizes was also measured. Table 5 shows the speed coefficients of parallel implementations when 8 CPUs are involved. The second column of the table shows the number of samples used to prepare classifiers. The number in parentheses is the percentage of training samples used compared to the entire training set in Table 1. The cost of consecutive RVMs does not scale linearly with the number of training samples. Therefore, the acceleration factor of the RVM-Ensemble is on the decreasing curve when the training set decreases. pRVM-Multiclass is stable when the data size changes. The acceleration factor pRVM-MatOp is reduced when using smaller training samples.

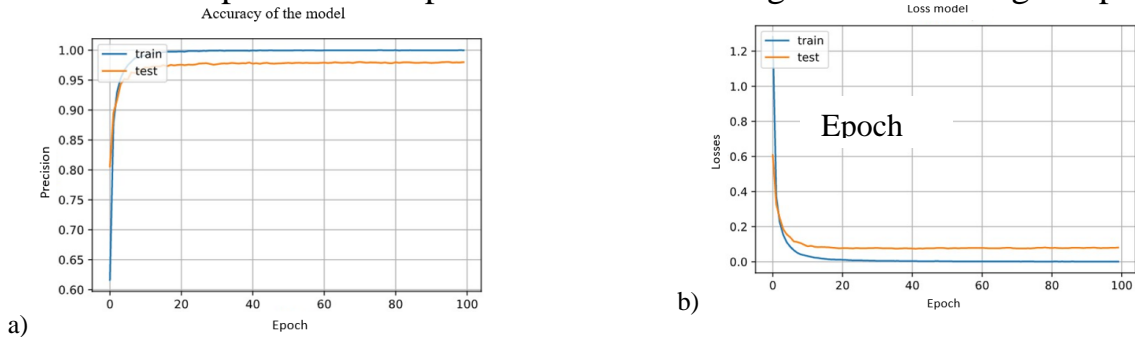


Figure 2. a) Graph of changes in the accuracy of learning from the number of epochs; b) Graph of learning losses depending on the number of epochs

It is reduced to 2.3 for the most miniature DS-A data set (See Table 5). The decrease can be explained in three respects. First, the parallel matrix functions used in pRVM-MatOp are designed for a large matrix that is not suitable for too small a data set. Second, the additional overhead costs caused by parallelization significantly negatively impact the small training set. Third, pRVM-MatOp only parallelizes the operations with the matrix in formulas (7) - (9). For small data sets, non-parallel parts could not be neglected. These factors significantly reduce the effectiveness of pRVM-MatOp as soon as the data size decreases. The experiment indicates that pRVM-Multiclass is generally insensitive to data size, but pRVM-Ensemble and pRVM-MatOp are not suitable for too small data sets.

Table 5.

Acceleration factor of parallel RVM at different data sizes

Dataset	Data size	nRVM-Ensemble with different p			nRVM - Multiclass	nRVM - MatOp
		20%	40%	60%		
DS - A	848 (20%)	2.96	1.55	1.13	5.7	2.3
DS - B	1697 (40%)	11.91	3.31	1.36	5.2	4.7
DS - C	2546 (60%)	17.05	4.04	1.46	5.3	6.4

DS - D	3395 (80%)	26.13	5.45	1.82	5.6	7.9
DS - E	4244 (100%)	28.10	5.52	1.87	5.4	8.8

2. Estimation of pRVM - MatOpna multicore platform

pRVM-MatOp was also tested on two multi-core platforms. One is a server with a dual-core Intel E5500 processor and 2 GB of memory. The other is with a quad-core Intel Q9400 processor and 4 GB of memory. pRVM-Mat is performed and connected to the Intel compiler under VisualStudio. The parallel functions of the matrix come from the MKL package. The results are shown in Table 6.

As in the experiment in Table 5, different numbers of samples were also obtained from the entire training set to evaluate the functions of the parallel matrix. Time costs with a single core are equal to the costs of serial RVM on platforms. As the data size decreases, the reduction in the acceleration factor is not significant for a dual-core platform. This is due to too few cores. However, the quad-core platform involves more processor units. The speed factor decreases sharply when the training set is small. The above three factors can also explain this. For an extensive training set, the cost is significantly reduced. Learning from all training models, RVM improves from 1354.9 seconds to 1028.3 seconds on a dual-core E5500 server. He gets a speed factor of 1.32. The time was further reduced from 1413.5 s to 559.3 s on the quad-core Q9400 platform with a speed ratio of 2.53.

Table 6.

Acceleration of PRVM-MatOp multicore platform

Dataset	Data size	Dual-core	Quad-core
DS - A	848 (20%)	16.5(1.30)	15.2(1.49)
DS - B	1697 (40%)	113.9(1.29)	86.3(1.77)
DS - C	2546 (60%)	312.3(1.31)	207.5(2.06)
DS - D	3395 (80%)	624.1(1.31)	366.5(2.37)
DS - E	4244 (100%)	1028.3(1.32)	559.3(2.53)

3. Analysis of results

Parallel implementations are summarized and compared in Table 7. pRVM-MatOp and pRVM-Multiclass have the same logic as serial RVM. Therefore, they were unable to process the large-scale training set. pRVM-Ensemble solves the problem by dividing an extensive training set into small subsets. packets of linear algebra control pRVM-MatOp. Parallelization is implicit for the researcher, which makes pRVM-MatOp easy to use. pRVM-Multiclass and pRVM-Ensemble are parallel with obtaining the MPI library. Designing this kind of parallel algorithm is quite complex. Under the influence of unbalanced pairs of classes, pRVM-Multiclass could not achieve load balance. It also results in poor scalability and low parallel efficiency. pRVM-Ensemble is a load balance as long as they are installed correctly. It is scalable and can achieve high parallel efficiency. Packets of linear algebra control the load balance of PRVM-MatOp. Its scalability and efficiency are also unsatisfactory due to unnecessary overhead and mismatches matrix operations.

Table 7.

Classification of parallel implementations

	pRVM - MatOp	pRVM - Multiclass	pRVM - Ensemble
Training set scale	Small	Small	Big

Easy to parallelize	No	Yes	Yes
Easy to use	Yes	No	No
Load balance	Yes	No	Yes
Scalability	Bad	Bad	Good
Parallel efficiency	Low	Low	High

Given the easy-to-use feature, pRVM-MatOp is preferred when a multi-core platform is available. This could be easily implemented and adequate acceleration achieved. The PRVM Ensemble on a cluster is highly recommended for a large-scale training set due to its good scalability and high parallel efficiency.

CONCLUSION

In this work, parallel calculations were used to accelerate the classification of hyperspectral images using the method of machine learning RVM. Parallelization was used in matrix operations, multiclass strategies, and ensemble skills. Using AVIRIS data, it was possible to prove that parallel RVMs proved to be more efficient. It can also be concluded that the learning process is accelerated if more cores or processors are involved. Future improvements can be made by designing and evaluating a hybrid structure that is not included in the experiments due to the lack of a platform for testing. RVM can be parallelized multiclass or ensemble method in the global view and the functions of the parallel matrix in the local scenery. The hybrid structure is suitable for a cluster of multi-core platforms, which is a trend of supercomputers.

REFERENCES

1. Hughes G. F. *On the mean accuracy of statistical pattern recognizers. IEEE Transactions on Information Theory. Vol. 14, Issue: 1, 1968. – pp. 55-63. DOI: 10.1109/TIT.1968.1054102*
2. Davidson C. E. and Ben-david A. *Performance loss of multivariate detection algorithms due to covariance estimation, Image and Signal Processing for Remote Sensing XV, pp.74770-74770, 2009. DOI : 10.1117/12.829988*
3. Leeand C., Landgrebe D. A. *Feature extraction based on decision boundaries. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, Issue: 4, 1993. – pp. 388-400. DOI: 10.1109/34.206958*
4. Landgrebe D. A. *Information Extraction Principles and Methods for Multispectral and Hyperspectral Image Data. Chapter 1 of Information Processing for Remote Sensing, edited by C. H. Chen, published by the World Scientific Publishing Co., Inc., 1060 Main Street, River Edge, NJ 07661, USA 1999.*
5. Shahshahaniand B. M., Landgrebe D. A. *Effect of unlabeled samples in reducing the small sample size problem and mitigating the hughes phenomenon. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 32, Issue: 5, 1994. – pp. 1087-1095. DOI: 10.1109/36.312897*
6. Jacksonand Q., Landgrebe D. A. *An adaptive classifier design for high-dimensional data analysis with a limited training dataset. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39(12), 2002. – pp. 2664 – 2679. DOI: 10.1109/36.975001.*
7. Chi M., Bruzzone L. *Semisupervised Classification of Hyperspectral Images by SVMs Optimized in the Primal. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 45(6), 2002. – pp.1870 – 1880. DOI: 10.1109/TGRS.2007.894550*
8. Baziand Y., Melgani F. *Towardanoptimal SVM classification system for hyperspectral remote sensing images. Mathematics, Computer Science IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006. DOI:10.1109/TGRS.2006.880628*
9. Camps-Vallsand G., Bruzzone L. *Kernel-based methods for hyperspectral image classification, ". IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, Vol. 43 (6), 2005. – 1351-1362*
10. Melganiand F., Bruzzone L. *Classification of hyperspectral remote sensing images with support*

vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(8), 2004. – pp. 1778 – 1790. DOI: 10.1109/TGRS.2004.831865

11. Tipping M. E. Sparse Bayesian learning and the relevance vector machine. *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 1, 2001. – pp. 211-244.

12. Demirand B., Ertürk S. Hyperspectral image classification using relevance vector machines. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(4), 2007. – pp. 586 – 590. DOI: 10.1109/LGRS.2007.903069

13. Foody G. M. RVM-based multi-class classification of remote licensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 29(6), 2008. – pp. 1817-1823. DOI: 10.1080/01431160701822115

14. Tippingand M. E., Faul A. C. Fast marginal likelihood maximization for sparse Bayesian models. *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, Vol. 9 Issue 1, 2018. - pp. 121-136. DOI: <https://doi.org/10.1587/nolta.9.121>

15. Lei Y., Ding X. Q., and Wang S. J. Visual tracker using sequential Bayesian learning: discriminative, generative, and hybrid. *Mathematical Problems in Engineering; New York* Vol. 20, 2012. DOI:10.1155/2012/252979

16. Silvaand C., Ribeiro B. Towards expanding relevance vector machine storage scale datasets, ". *Int J Neural Syst*, Vol. 18(1). – pp. 45-58. DOI: 10.1142/S0129065708001361.

17. Yang D., Liang G., and Jenkins D. D. High performance relevance vector machine on GPUs. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 20, 2012. DOI:10.1155/2012/252979

18. Plaza A., Valencia D., Plaza J., and Martinez P. Commodity cluster-based parallel processing of hyperspectral imagery. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 66(3). – pp. 345-358. DOI: 10.1016/j.jpdc.2005.10.001

19. Plaza A., Valencia D., Plaza J., and Chang C. I. Parallel implementation of end member extraction algorithms from hyperspectral data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 3, Issue: 3, 2006. – pp. 334-338. DOI: 10.1109/LGRS.2006.871749

20. Robilaand S. A., MacIak L. G. Considerations on parallelizing non negative matrix factorization for hyperspectral data unmixing. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, Vol. 6 (1), 2009. – pp. 57-61.

21. Liu Y., Jielan, Plaza A. Spectrometer-Driven Spectral Partitioning for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, Vol. 9(2), 2015. – pp. 1-13. DOI: 10.1109/JSTARS.2015.2437614

22. Boyko N. Application of mathematical models for improvement of “cloud” data processes organization. *Mathematical Modeling and Computing : scientific journal "Computational problems elektotehniky" – 2016*. Vol. 3 No. 2 – Founder and Publisher Lviv Polytechnic National University, 2016. – pp. 111-119.

23. Kunanets N., Vasiuta O., Boiko N. Advanced Technologies of Big Data Research in Distributed Information Systems. *Proceedings of the 14th International conference "Computer sciences and Information technologies" (CSIT 2019) - Lviv, Ukraine, September 17-20, 2019*, pp. 71-76. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929756.

24. Shakhovska N., Boyko N., Pukach P. The information model of cloud data warehouses // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2019. – Vol. 871: *Advances in intelligent systems and computing III. Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2018, September 11-14, Lviv, Ukraine*. – P. 182–191

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

EQUIPMENT FOR SMART TECHNOLOGIES OF RECONFIGURABLE PRODUCTION

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.

Представлено аналіз особливостей управління точністю обробки на верстатах з паралельною кінематикою з числовим програмним управлінням. Показана можливість застосування мереж Хопфілда для математичної моделі компенсації похибки технологічної системи. Розглянуто підходи до проектування нейронних чіпів для керуючих систем.

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 [4,5,6,7].

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 [8,9,10,11,12].

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 Von Neuman on the basis of fundamentally new super parallel neuron algorithms of decision of different tasks (on the base of neuron mathematics).

Neuron chip is 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 controllers 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 [13.14].

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, programming 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.

REFERENCE

1. Kirsanov Je.Ju. *Cifrovye nejrokomп'jutery: Arhitektura i shemotehnika / Pod red. A.I.Galushkina.* - Kazan': Kazanskij Gos. U-t. 1995. 131 s.
2. Galushkin A.I. *Nekotorye istoricheskie aspekty razvitija 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.*
4. Bi, Z.M.; Lang, S.Y.T.; Shen, W. & Wang, L.: *Reconfigurable manufacturing systems: The state of the art. International Journal of Production Research, Vol. 46, Issue 4 (February 2008), pp. 967–992. ISSN 0020-7543. doi: 10.1080/00207540600905646.*
5. Bortolini, M.; Galizia, F.G. & Mora, C.: *Reconfigurable manufacturing systems: Literature review and research trend. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 49 (October 2018), pp. 93–106. ISSN 0278-6125. doi: 10.1016/j.jmsy.2018.09.005.*

6. Dašić, P.: *Scientific and technological trends: Selected scientific-professional papers (in Serbian)*. Vrnjačka Banja: SaTCIP Publesher Ltd., 2020. – 305 str. ISBN 978-86-6075-072-5.
7. Koren, Y.; Gu, X. & Guo, W.: *Reconfigurable manufacturing systems: Principles, design and future trends*. *Frontiers of Mechanical Engineering*, Vol. 13, Issue 2 (June 2018), pp. 121–136. ISSN 2095-0233. doi: 10.1007/s11465-018-0483-0.
8. Koren, Y.; Heisel, U.; Jovane, F.; Moriwaki, T.; Pritschow, G.; Ulsoy, G. & Van Brussel, H.: *Reconfigurable manufacturing systems*. (1999) *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 48 (2), pp. 527–540. ISSN 0007-8506. doi: 10.1016/S0007-8506(07)63232-6.
9. Lu, Y.; Liu, C.; Wang, K.I.-K.; Huang, H. & Xu, X.: *Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 61 (February 2020), Article no. 101837: pp. 1–. ISSN 0736-5845. doi: 10.1016/j.rcim.2019.101837.
10. Mehrabi, M.G.; Ulsoy, A.G. & Koren, Y.: *Reconfigurable manufacturing systems: Key to future manufacturing*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 11, Issue 4 (August 2000), pp. 403–419. ISSN 0956-5515. doi: 10.1023/A:1008930403506.
11. Mehrabi, M.G.; Ulsoy, A.G.; Koren, Y. & Heytler, P.: *Trends and perspectives in flexible and reconfigurable manufacturing systems*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 13, Issue 2 (April 2002), pp. 135–146. ISSN 0956-5515. doi: 10.1023/A:1014536330551.
12. Morgan, J.; Halton, M.; Qiao, Y. & Breslin, J.G.: *Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines*. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 59 (April 2021), pp. 481–506. ISSN 0278-6125. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.001.
13. Yelles-Chaouche, A.R.; Gurevsky, E.; Brahim, N. & Dolgui, A.: *Reconfigurable manufacturing systems from an optimisation perspective: A focused review of literature*. *International Journal of Production Research*, Vol. 59, Issue 21 (November 2021), pp. 6400–6418. ISSN 0020-7543. doi: 10.1080/00207543.2020.1813913.
14. Zhong, R.Y.; Xu, X.; Klotz, E. & Newman, S.T.: *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. (2017) *Engineering*, 3 (5), pp. 616–630. ISSN 2095-8099. doi: 10.1016/J.ENG.2017.05.015.

Duk V, Kovalevskyy S. (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*)

NEURAL NETWORK MODELING OF THE STRESS STATE OF MACHINE PARTS.

The paper proposes a method for stabilizing residual stresses. The influence of a high-voltage electric discharge on the value of internal (residual) voltages is investigated. It can be used to reduce residual stresses in real production.

У роботі запропоновано спосіб стабілізації залишкової напруги. Досліджено вплив високовольтного електричного розряду на величину внутрішніх (залишкових) напруг. Може бути застосований зниження залишкових напруг у реальному виробництві.

The methods of stabilization of residual tension used today are, first of all, power-intensive and labor-consuming and also not eco-friendly processes. Therefore there is a need for search of resource-saving methods of stabilization of residual tension. Thus, we are faced by a task to develop and investigate the method of stabilization of residual tension allowing to reach the required effect on the basis of impact on a conducting surface of a detail the high-voltage category [1,2].

For this purpose in work the hypothesis that stabilization of residual tension in a product, from metal materials, happens by impact on a conducting surface of a product powerful, periodic categories of high voltage therefore grains of material (alloy) are periodically reoriented is formulated, there is a periodic reorientation of grains of material, consolidation of internal structure at preservation of its volume, at the same time processes of reorientation of grains in the loaded layer can will cause a stir from reorientation in an inside layer therefore perhaps partial hardening of an external surface at the considerable duration of influence.

The technique of pilot studies which provides confirmation of the assumption of impact of high-voltage electric discharge on stabilization of residual tension in details of cars of type of levels was developed for confirmation of a main hypothesis of work. For creation of the regulated, normalized internal tension and control residual as a result of influence the high-voltage categories used compulsory deformation of samples at the certain size controlled on a deflection arrow.

Use of a method of neural network modeling allows to create rather informative model and to apply it to a research the nature of change of residual tension [3].

The main objective of neural network modeling creation of the model reflecting the impacts of high-voltage electric discharge on the size of internal (residual) tension of samples by results of a pilot study – an arrow of a deflection of experimental samples, tension, duration of impact on the experimental samples and their amplitude-frequency characteristics excited by acoustic signals like "White noise" at various values of internal tension of samples.

On the basis of the used table of basic data – trains (that is results of an experiment with the known entrance impacts on samples and output indicators of tension of samples) the neural network which contains information on associative communications between the known vectors of entrances and exits of a technical system and represents model of the studied process by means of which further researches are conducted is trained.

On the basis of the made experiments and researches we received results which demonstrate reduction of residual tension experimental samples of various materials.

CONCLUSION

1. Neural network modeling of process of impact of high-voltage electric discharge on stabilization of residual tension allows to define the impact of high-voltage electric discharge on the size of internal (residual) tension.

2. The way of stabilization of residual tension offered in work, by results of a research, can be used for reduction of residual tension in real production.

REFERENCES

1. *Буркин, Г.В. Остаточные напряжения в металлопродукции: учебное пособие / С.П. Буркин, Г.В. Шимов, Е.А. Андрюкова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 248с.*
2. *Соколов И. А. Остаточные напряжения и качество металлопродукции / И. А. Соколов, В. И. Уральский. М.: Металлургия, 1981.96 с.*
3. *Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.*

Gitis V., Pudov O., Gitis I. (*Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*) NEURAL

NETWORK SYSTEM FOR PREPARING STUDENTS FOR EXTERNAL INDEPENDENT TESTING.

The peculiarities of students' preparation for external independent assessment are analyzed in the work. The forecasting of points of external independent estimation and calculation of competitive point with use of neural networks is offered. The computer implementation of the system for predicting the competition score is presented. The developed system provides the user with tips that will help them pass the test more successfully, which simplifies the process of preparing students for admission to higher education institutions, as well as simplifies the work of teachers.

У статті проаналізовані особливості підготовки учнів до зовнішнього незалежного оцінювання. Запропоновано прогнозування балів зовнішнього незалежного оцінювання та розрахунку конкурсного балу із використанням нейронних мереж. Представлена комп'ютерна реалізація системи для прогнозування конкурсного балу. Розроблена система надає користувачеві поради, які допоможуть більш успішно пройти тестування, що оптимізує процес підготовки учнів до вступу в вищі навчальні заклади, а також спрощує працю вчителів.

Nowadays, there are many problems in the preparation of secondary school students, one of which is the problem of preparing a school graduate for admission to a university. The external independent testing (EIT) assessment has always been an intriguing part for everyone who was going to get a higher education and enter a university. It is difficult to foresee the assessment, because not everyone who had a grade of 10-11 at school passes the EIT from this subject for 190-195 points, and those who had 5-7 for 130-150. That is because there are too many factors that affect the final grade, and a school grade is not always a direct guarantor of knowledge.

Therefore, the aim of the work was to develop an intellectual system to ensure the quality of students' preparation for external independent testing, which will make it possible to increase the efficiency of the secondary school.

The final competitive score will be calculated according to the formula:

$$CS = ((C_1 \times S_1) + (C_2 \times S_2) + (C_3 \times S_3) + (C_4 \times GPA) + (C_5 \times SG) + (C_6 \times CAS)) \times (C_{RG} \times C_S \times C_R \times C_P),$$

where $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ are the coefficients established by the institution of higher education and are specified in the admission rules of the educational institution for each competitive offer with an accuracy of 0.01;

S_1, S_2, S_3 are assessments of external independent assessment in subjects (Ukrainian, English and mathematics), which will be predicted using a neural network;

GPA is for a great point average;

SG is a grade for successful completion in the year of entry of preparatory courses of a higher education institution for entry into it (on a scale from 100 to 200 points) in case of admission to the specialties (specializations) specified in the list of specialties that are provided with special support;

CSA is for points for special achievements;

C_{RG} , C_S , C_R , C_P are coefficients by which the competitive score is finally multiplied, namely regional (C_{RG}), sectoral (C_S), rural (C_R) and priority (C_P).

To solve the problem, a neural network was created to predict the expected EIT scores, and taking them into account, to calculate the student's competitive score. At the heart of the neural network training sample, there were samples from school students who had already passed the EIT.

Figure 1 shows a diagram of the system's use cases.

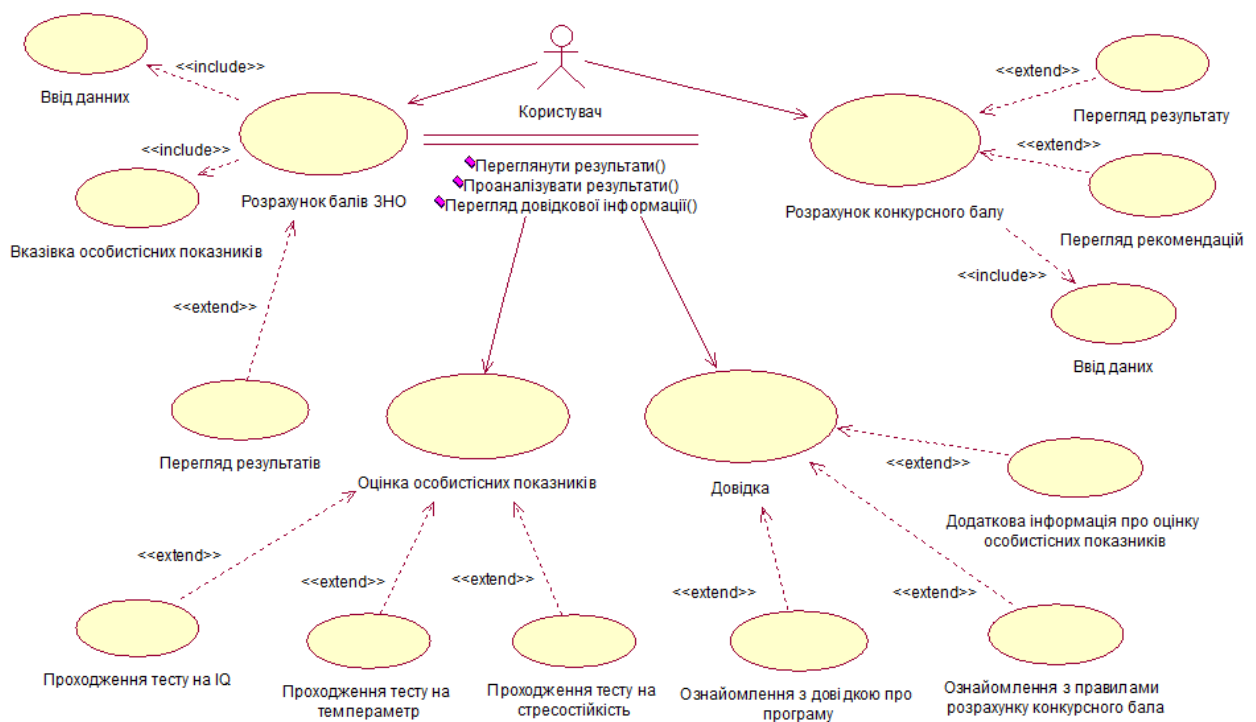


Figure 1. Diagram of use cases

To make the program work, you have to first specify personal indicators such as:

- type of temperament (sanguine, phlegmatic, choleric, melancholic);
- stress resistance (weak, medium, good);
- IQ level.

Next, you need to indicate the presence of a tutor in all three subjects and direct report card grades, namely:

- Ukrainian language assessment;
- English language assessment;
- assessment in mathematics;
- great point average.

In Fig. 2 shows the result of predicting the EIT scores by the program.

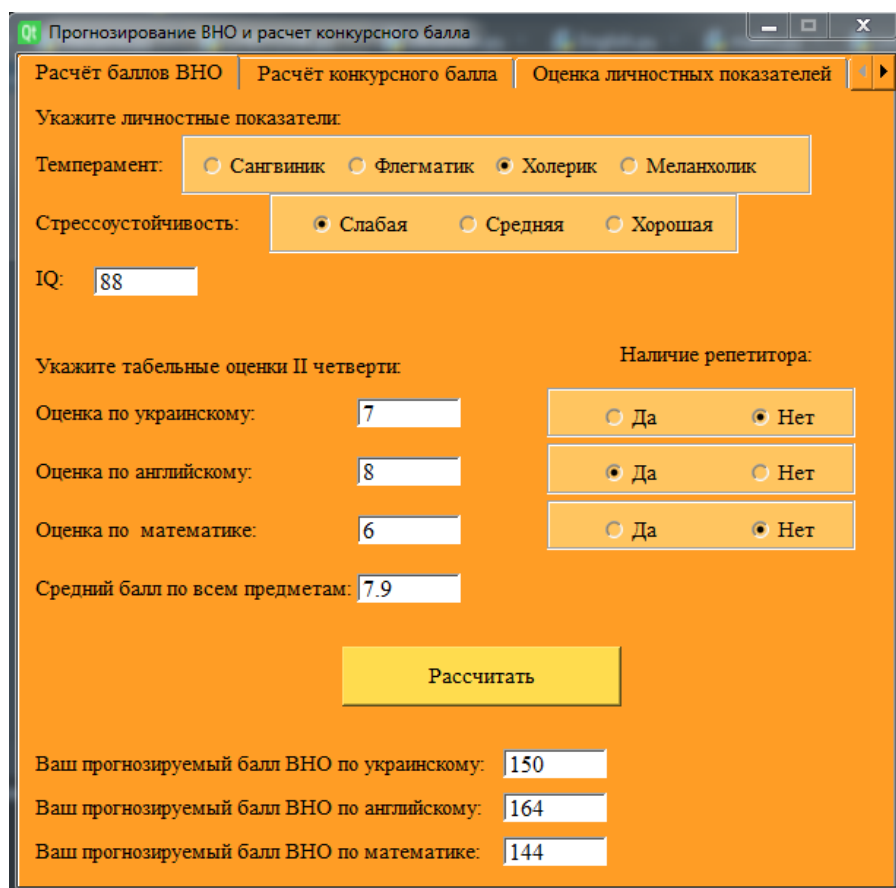
Next, all the necessary fields are filled in to calculate the competitive score, the values obtained at the first stage are substituted, the desired competitive score is entered, based on the competitive results of the previous year in the university chosen for admission in a certain specialty.

The user will need to fill in the fields, specifying such data as:

- predicted EIT scores, which were calculated by the neural network at the first stage in Ukrainian, English and mathematics;
- great point average in all subjects;
- grade for preparatory courses;
- grade for special achievements.

For all these points, it is necessary to specify the appropriate coefficients that each university sets individually. Finally, the competitive score is multiplied by regional, sectoral, rural and priority coefficients.

Figure 3 shows the result of the calculation of the competitive score by the program according to the predicted EIT scores.



Field	Value
IQ	88
Средний балл по всем предметам	7.9
Ваш прогнозируемый балл ВНО по украинскому	150
Ваш прогнозируемый балл ВНО по английскому	164
Ваш прогнозируемый балл ВНО по математике	144

Figure 2. The result of neural network prediction of EIT scores

Next, the user can open recommendations, where some related tips are indicated that will help pass the test more successfully.

Basic tips:

- raise grades in three subjects to the required;
- sign up for a tutor in a subject that is lagging behind;
- improve your stress tolerance if it is weak;

- sign up for preparatory courses;
- take part in school and extracurricular activities to earn points for special achievements, if they were absent.

Figure 4 shows an example of recommendations to a student.

Предмет	Балл	Коэффициент
Ваш прогнозируемый балл ВНО по украинскому:	150	× 0.20
Ваш прогнозируемый балл ВНО по английскому:	164	× 0.30
Ваш прогнозируемый балл ВНО по математике:	144	× 0.20
Средний балл табеля по всем предметам:	7.9	× 0.20
Балл за подготовительные курсы:	7	× 0.10
Балл за особые успехи:	0	

Региональный коэффициент × 1

Отраслевой коэффициент × 1

Сельский коэффициент × 1

Первоочередной коэффициент × 1

Введите ваш желаемый конкурсный балл: 175

Рассчитать прогнозируемый конкурсный балл

Ваш конкурсный балл равен: 161

Открыть рекомендации

Figure 3. Calculation of the competitive score by the program based on the predicted EIT scores

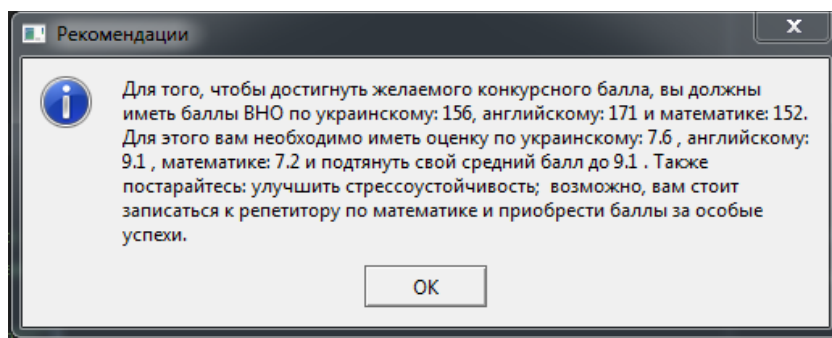


Figure 4. Recommendations to the student on raising the competitive score

CONCLUSIONS

1. Using the proposed neural network system allows you to predict the scores of an external independent testing, and taking them into account, calculate the student's competitive score.

2. The developed program provides the user with tips that will help to pass the test more successfully, which optimizes the process of preparing students for admission to higher education institutions, as well as simplifies the work of teachers.

Gordana V.Jelić¹, Vladica Stojanović², Dejan Stošović¹ (Serbia, University of Kosovska Mitrovica, ¹Faculty of Technical Sciences, ²Faculty of Sciences and Mathematics)

DESCRIPTION OF MECHANISM TRAJECTORIES USING NEURAL NETWORKS

В работе рассмотрено движение тела в силовом поле. Сила F , действующая на материальную точку, является векторной функцией точки пространства r , вектора скорости движения dr / dt и времени t , т.е. $F = F(r, dr / dt, t)$. В одних случаях функция F зависит только от r , как, например, сила тяготения неподвижного центра, в других случаях F зависит только от скорости dr / dt , как например, в случае свободного движения тела в сопротивляющейся среде. Рассматривали отдельные случаи, например, движение в центральном силовом поле, движение в параллельном силовом поле, движение материальной точки в поле сил тяготения, движение частицы с электрическим зарядом в электромагнитном поле, движение частицы в постоянном электромагнитном поле.

The paper considers the motion of a body in the field of forces. The force F acting on a material point is a vector function of a point in space r , a vector of the velocity dr / dt and time t , i.e. $F = F(r, dr / dt, t)$. In some cases the function F depends only on r , such as, for example, the gravitational force of a stationary center, in other cases F depends only on the velocity dr / dt , as, for example, in the case of free motion of a body with resistance from the environment in which it is located. We have considered individual cases, for example, motion in the central force field, motion in the parallel force field, motion of a material point in the gravitational force field, motion of electrically charged particles in an electromagnetic field, motion of particles in a constant electromagnetic field.

Введение

Пусть материальная точка движется по векторной кривой γ в пространстве. Пусть параметр t обозначает время, s – длину дуги на кривой. Можем рассматривать длину дуги как функцию времени t . Тогда величина $\frac{ds}{dt}$ является величиной скорости движения точки по кривой. Вектор скорости v направлен по касательной прямой к кривой γ :

$$v = r'_t = r'_s \frac{ds}{dt}.$$

Вектор ускорения $\frac{dv}{dt}$ лежит в соприкасающейся плоскости кривой

$$\frac{dv}{dt} = r''_{tt} = r''_{ss} \left(\frac{ds}{dt}\right)^2 + r'_s \frac{d^2s}{dt^2}.$$

Так как по закону Ньютона ускорение пропорционально действующей на тело силе F , то чем больше искривлена траектория движения, тем большая сила действует на движущуюся точку. Если материальная точка движется по кривой с постоянной скоростью $v = \frac{ds}{dt} = c$, то вектор ускорения направлен по главной нормали кривой, причем величина ускорения равна Kc^2 где K кривизна кривой. Такое движение описывает, например, частица с электрическим зарядом в магнитном поле.

Тело движется под действием как внешних сил (в силовом поле), так и под действием внутренних сил, например реактивных сил.

Рассмотрим движение тела в силовом поле. Будем считать, что сила \mathbf{F} , действующая на материальную точку, является векторной функцией точки пространства, вектора скорости движения и времени t , т.е. $F = F(r, \frac{dr}{dt}, t)$. В одних случаях функция \mathbf{F} зависит только от \mathbf{r} , как, например, сила тяготения неподвижного центра, в других случаях \mathbf{F} зависит только от скорости $\frac{dr}{dt}$, как, например, в случае свободного движения тела в сопротивляющейся среде. Запишем уравнения движения в общем виде:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = F \left(r, \frac{dr}{dt}, t \right).$$

Рассмотрим отдельные случаи.

Движение в центральном силовом поле

Пусть сила \mathbf{F} , приложенная к точке, проходит через фиксированную точку пространства, например через начало координат. Это означает, что $F = \lambda(r, v) r$, где $\lambda(r, v)$ скалярная функция. Тогда траектория движения лежит в некоторой плоскости, проходящей через начало координат.

Уравнение движения имеет вид

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = \lambda(r, v) r. \quad (1)$$

Покажем, что векторное произведение $\left[r, \frac{dr}{dt} \right]$ есть постоянный вектор. Действительно в силу (1) имеем

$$\frac{d}{dt} \left[r, \frac{dr}{dt} \right] = \left[r, \frac{d^2 r}{dt^2} \right] = \frac{\lambda}{m} [r, r] = 0.$$

Итак, $\left[r, \frac{dr}{dt} \right] = c$. Умножая это уравнение скалярно на r , получаем

$$\left(\left[r, \frac{dr}{dt} \right], r \right) = 0 = (c, r).$$

Следовательно, координаты точки траектории удовлетворяют уравнению плоскости, проходящей через начало координат. Эта плоскость определяется начальным положением точки и начальным вектором скорости. Имеет место и обратное утверждение: *Если все траектории материальной точки, находящиеся в постоянном силовом поле, являются плоскими кривыми, то все силы поля проходят через одну и ту же неподвижную точку или параллельны постоянному вектору.*

Движение в параллельном силовом поле

Пусть сила \mathbf{F} параллельна постоянному вектору \mathbf{a} , т.е. $F = \lambda(r, v) \mathbf{a}$, где $\lambda(r, v)$ – скалярная функция. Тогда кривая лежит в плоскости, параллельной вектору \mathbf{a} .

Вдоль траектории движения $\mathbf{r}(t)$ функция $\lambda(r, v)$ будет некоторой функцией времени t .

Обозначим

$$\varphi(t) = \int_{t_0}^t \lambda(r(t), v(t)) dt.$$

Интегрируя уравнение (1), получаем

$$m \frac{dr}{dt}(t) = \frac{dr}{dt}(t_0)m + a\varphi(t).$$

$$mr(t) = r(t_0)m + mv_0t + a \int_{t_0}^t \varphi(t)dt.$$

Следовательно, траектория лежит в плоскости вектора a и начального вектора скорости v_0 .

Движение материальной точки в поле сил тяготения

Положим $F = -\frac{\mu r}{r^3}$, где μ - некоторое постоянное положительное число.

Уравнение движения

$$m \frac{d^2r}{dt^2} = -\frac{\mu r}{r^3}$$

умножим скалярно на dr/dt . Тогда получим

$$m \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 = -\frac{\mu}{r^3} \frac{dr^2}{dt} = \mu \frac{d}{dt} \frac{1}{|r|}. \quad (2)$$

Введем координаты в пространстве так, чтобы плоскость x, y совпала с плоскостью движения точки, и в этой плоскости введем полярные координаты ρ и φ . Положим $x = \rho \cos \varphi$, $y = \rho \sin \varphi$

Тогда

$$\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 = \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 + \rho^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2.$$

Интегрируя уравнение (2), найдем

$$m \left[\left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 + \rho^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] = A + \frac{\mu}{\rho}, \quad (3)$$

где A - некоторая постоянная. Выше мы нашли соотношение $\left[r, \frac{dr}{dt} \right] = c$.

Проектируя его на ось z , получаем уравнение

$$x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} = c_0.$$

В полярных координатах оно записывается просто :

$$\rho^2 \frac{d\varphi}{dt} = c_0. \quad (4)$$

Выразим отсюда $\frac{d\varphi}{dt}$ и подставим в (3). Тогда получим

$$m \left[\left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 + \frac{c_0^2}{\rho^2} \right] = A + \frac{\mu}{\rho}.$$

Отсюда найдем $\frac{d\rho}{dt}$, полученное выражение умножим на $\frac{dt}{d\varphi}$ и, учитывая (4), найдем

$$\left(\frac{d^1 \rho}{d\varphi} \right)^2 = -c_1 \left(\frac{1}{\rho} + c_2 \right)^2 + c_3,$$

где c_i - постоянные. Интегрируя это уравнение, получаем уравнение траектории

$$\frac{1}{\rho} = c_4 + \sqrt{c_3} \cos(\varphi - \varphi_0),$$

Где φ_0 - начальное значение угла φ . Это уравнение конического сечения с фокусом в полюсе.

Движение частицы с электрическим зарядом в электромагнитном поле

Пусть частица массы m и с электрическим зарядом e движется в пространстве под действием электрического поля \mathbf{E} и магнитного поля \mathbf{H} . Электрическая сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля, по закону Лоренца равна $\frac{e}{c} \left[\mathbf{H}, \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right]$, где c – скорость света. Следовательно, можно записать уравнение движения:

$$m \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = e\mathbf{E} + \frac{e}{c} \left[\mathbf{H}, \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right]. \quad (5)$$

Умножая это уравнение скалярно на $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$, получаем

$$\frac{dv^2 m}{2} = e(E, d\mathbf{r}),$$

где v – скорость частицы. Отсюда вытекает следующее утверждение.

Если электрическое поле равно нулю, т.е. частица с электрическим зарядом движется в магнитном поле, то скорость движения постоянна: $v = \text{const}$.

Тогда можно исключить время, используя дугу s кривой, описываемой точкой: $s = v_0(t - t_0)$.

Допустим, что магнитное поле \mathbf{H} создается единственным магнитным полюсом. Расположим начало координат в магнитном полюсе. Тогда \mathbf{H} имеет силовую функцию $U = \frac{k}{\rho}$, где $\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, т.е. $\mathbf{H} = -\frac{r}{\rho^3} k$, $k = \text{const}$.

Уравнение движения имеет вид

$$\mu \frac{d^2 \mathbf{r}}{ds^2} = \left[\mathbf{r}, \frac{d\mathbf{r}}{ds} \right] \frac{1}{\rho^3},$$

где μ – постоянное число. Умножим это уравнение векторно на \mathbf{r} . Получим

$$\mu \frac{d}{ds} \left[\frac{d\mathbf{r}}{ds}, \mathbf{r} \right] = \frac{1}{\rho^3} \left\{ r^2 \frac{dr}{ds} - \frac{r}{2} \frac{dr^2}{ds} \right\} = \frac{1}{\rho} \frac{dr}{ds} - \frac{r}{\rho^2} \frac{d\rho}{ds} = \frac{d}{ds} \left(\frac{r}{\rho} \right).$$

Интегрируя это уравнение, найдем

$$\mu \left[\frac{d\mathbf{r}}{ds}, \mathbf{r} \right] = \frac{r}{\rho} + a,$$

где a – постоянный вектор. Умножая скалярно на \mathbf{r} , находим

$$\rho + (a, \mathbf{r}) = 0. \quad (6)$$

Это уравнение показывает, что отношение расстояния от движущейся точки (x, y, z) до начала координат к расстоянию от этой точки до плоскости $(a, \mathbf{r}) = 0$ постоянно, т.е. (6) – уравнение кругового конуса. Следовательно, траектория точки лежит на круговом конусе с вершиной в начале координат – в магнитном полюсе. Эта траектория не может быть произвольной кривой на конусе: траектория является геодезической линией конуса, т.е. линией, которая после разворачивания конуса на плоскость перейдет в прямую.

Движение частицы в постоянном электромагнитном поле

Пусть поля \mathbf{E} и \mathbf{H} постоянны во времени и в пространстве. Запишем уравнения движения

$$m \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = \epsilon \mathbf{E} + \mu \left[\mathbf{H}, \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right] = \epsilon \mathbf{E} + \mu \frac{d}{dt} [\mathbf{H}, \mathbf{r}],$$

где ϵ и μ – постоянные. Интегрируя уравнение, найдем

$$m \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \epsilon \mathbf{E} t + \mu [\mathbf{H}, \mathbf{r}] + \mathbf{c}.$$

Далее удобно использовать специальный выбор координат в пространстве. Направим ось z в доль вектора \mathbf{H} , ось y - ортогонально плоскости векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} . При таком выборе координат

$$\mathbf{E} = \{E_1, 0, E_3\}, \mathbf{H} = \{0, 0, H_3\}.$$

Тогда можно записать

$$\begin{aligned} m \frac{dx}{dt} &= \epsilon E_1 t - H_3 y \mu + c_1, \\ m \frac{dy}{dt} &= H_3 x \mu + c_2, \end{aligned} \quad (7)$$

$$m \frac{dz}{dt} = \epsilon E_3 t + c_3.$$

Дифференцируя первое уравнение и используя второе, находим

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -a^2(x + p), \quad a = \frac{H_3 \mu}{m},$$

где a и p – некоторые постоянные. Введем функцию $x+p=u$, которая удовлетворяет уравнению

$$\frac{d^2 u}{dt^2} = -a^2 u.$$

Решая это уравнение, получаем

$$x = -p + \sin(at + \alpha)A.$$

Подставляя это выражение во второе уравнение (7) и затем интегрируя, находим

$$y = -qt + b - \cos(at + \alpha)A.$$

Наконец, третье уравнение дает

$$z = \lambda t^2 + \nu t + \tau,$$

где величины p, q, b, λ, ν и τ постоянные. Полученное движение можно представить в виде суммы движений – равномерного движения по окружности

$$\begin{aligned} x &= A \sin(at + \alpha), \\ y &= -A \cos(at + \alpha). \end{aligned}$$

и движения окружности, центр которой перемещается по кривой $x=-p, y=-qt+b, z=\lambda t^2+\nu t+\tau$. При этом окружность все время остается параллельной плоскости x, y . В том случае, когда постоянные λ и q равны нулю, частица движется по винтовой линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тело движется под действием как внешних сил в силовом поле, так и под действием внутренних сил, напр. реактивных сил. Рассматривали движение тела в силовом поле.

Координаты точки траектории удовлетворяют уравнение плоскости, которая проходит через начало координат. Это плоскость определяется начальным вектором скорости. Обратное, если все траектории материальной точки, находящиеся в постоянном силовом поле, являются плоскими кривыми, то все силы поля проходят через одну и ту же неподвижную точку или параллельны постоянному вектору.

Если электрическое поле равно нулю, т.е. частица с электрическим зарядом движется в магнитном поле, то скорость движения постоянна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аминов Ю.А., Дифференциальная геометрия и топология кривых.
2. Halfman, R.L.: *Dynamics*, Massachuset–London (ruskiprevod, Moskva, 1972).
3. Starzhinskii, V.M.: *An Advanced Course of Theoretical Mechanics*, Moscow, 1982..
4. Leron, U., Armon, U.: *How to explain a cycloid to a turtle?*, *J. of Computers in Math and Sci. Teaching*, VII (3), pp. 55–58, 1988.
5. Armon, U.: *Representing Trochoid Curves by DUOPOLY procedure*, *Int. J. of Math Educ. in Sci. and Technology*, 27 (2), pp. 177–187, 1996.

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

NEURAL NETWORK STUDY OF THE NATURE OF ORGANIZATION MANAGEMENT

The article contains the new materials reflecting application of neural network models in designing of innovative processes in pedagogic. Such approach, according to authors' point of view, is actual because it is very important to provide quantitative estimations along with quality standards for management of pedagogical processes. They allow to reveal tendencies of innovative pedagogical approaches in education of new generation of young men, but also to correspond to their aspirations, supporting the positive of their socioeconomic influence in every possible way.

У статті наведено нові матеріали, що відображають застосування нейромережєвих моделей при проектуванні інноваційних процесів у педагогічній діяльності. Такий підхід, на думку авторів, є актуальним, оскільки дуже важливо забезпечити кількісні оцінки поряд із стандартами якості управління педагогічними процесами. Вони дозволяють виявити тенденції інноваційних педагогічних підходів у вихованні нового покоління юнаків, а також відповідати їхнім прагненням, всіляко підтримуючи позитив їх соціально-економічного впливу.

Native culture conception of production (of corporative culture) foresees a systematic characteristic all totality of enterprise's activity, taking into account a cultural level of workers, degree of their professional skill, creative side of production process. System of progress criteria which is in part of criteria of corporative culture and also considerably wider of corporative culture frames as a complex of its all-cultural and corporative values.

Today the culture of corporation is defined by the presence of flexible, movable interrelations in its organizational structure, favorable moral and psychological climate in the collective, tight contacts of workers during the process of innovations coming, constructive links of corporation with external organizations.

The notion of «corporative culture» assumes presence of a system which is defined by behaviour of collaborators of an enterprise or a firm. This system is formed by a language, speech, way of behaviour, main values, stable norms, life principles and principles of an organization's activity – all this reflects the culture of organization and all this differs one organization from another, and also essentially influences the development and survival of organization in along-term perspective. In fact it is a system of values accepted by all the collaborators of organization. And the more successful is a firm, the higher is level of its organizational culture. Undoubtedly subduing to a certain values system, members of organization are bearers and creators of changes of these values.

Any enterprise philosophy is the basis of its existence that defines relations between administration and collaborators, between suppliers and consumers, and also prestige of the whole enterprise. In fact an enterprise's philosophy defines an array of values, bearers of which are its collaborators.

Despite divergence in approaches concerning determination one should differentiate notions of organizing culture and corporative culture.

Last years corporative culture has been recognized as a main index which is necessary not only for proper understanding and management of organizing behavior but for motivation of collaborators.

Corporative culture studies common approaches, principles, laws and regularities in such approaches: a person in organization; group behavior in organization; behavior of a manager in

organization; adaptation of organization to internal and external environment, rising of organizational efficiency in organization's activity.

Corporate culture is a complex multi-aspect phenomenon, an important direction of effective organizational policy, which includes moral standards and values, existing behavior as well as traditions, rituals, ceremonies aimed at the unity of the staff, higher motivation of the employees to work in a certain company and to achieve high financial results in the work of the enterprise.

Sufficient motivation of employees to work in the organization correlates with their satisfaction with work, which favors stability and wellbeing of the employees and organization in general.

The above mentioned makes possible to come to the conclusion of the importance of forming in a graduate of a higher educational establishment the ability to meet the corporate culture of the employees of the firm, which would mark the changes of this culture according to the demands of the organizational culture of the firm and ultimately according to demands of the market.

The most important element of the corporate culture of the organization is its values significant for its work: public benefit, profit, satisfaction of needs of its employees, etc. This reflects in the corporate mission and main principles proclaimed by the company. Still it is impossible to judge about the values of the company only by the declared principles as the corporate culture of the company might be demonstrative. The values of a company or its department, or in our case of a group of students, are closely related to work values of individuals.

The latter reflect both personal values in life and the values of the whole group and at some degree of the company.

The values of the company are a total of the values of every its member, therefore, it is necessary to have a united system of them, which allows a professor, a researcher, an administrator, an employee as well as a student, an employer, a university entrant and his/her parents feel comfortable. There are two main ways to make these values general.

The first one is to unite the group by single spiritual environment, basing on real or mythologized components of its history, traditions, habits and corresponding behavioral patterns.

The second one is to form a system of values by education and creation of situations, able to change or to modify the values of very particular member of the group. It is possible on the basis of forming of an environment with clear aims and ways of their achievement, articulate problems and assigned resources for their resolution. In this connection it is necessary to distinguish the idea of strategically aims from the mission of the company. The mission is inaccessible as the horizon, which attracts a creative searching person. But it is mission that outlines the corporate culture of the company and in case of changing strategically and tactical tasks ensures the persistence of the corporate culture and thus the existence of the company itself.

Along with the peculiarities of the corporate culture, the company also has certain functions, which can help to build an effective management system if taken into account. According to many scholars' opinion the functions of the corporate culture are:

- the function of reproduction of the best elements of the corporate culture, producing of new values and their accumulation;
- valuation and normative function, when basing on the comparison of real behavior of people, group, corporation with the existing standards of culture behavior and ideals, one can speak of positive and negative, humane and inhumane, progressive and conservative deeds;
- the function of the corporate culture as of the indicator and regulator of the employees' behavior;
- the function of learning and mastering of the corporate culture, fulfilled at the stage employee's adaptation, favors his involvement into the joint activity, defines his success and further promotion track;
- the function of transforming of corporate values of the company into the values of a person, or the enter into the state of a conflict;

- communication function, when through the values, standards of behavior and other elements of culture accepted in the company, mutual understanding and cooperation of the employees is ensured;
- the function of maintenance and accumulation of the company experience.

These relationships have been defined by the authors in order study the formation of neural network model as a representative of the collective organization.

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

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SMART TECHNOLOGIES

The most general critical tasks of transformation of information and communication nature of management of modern production systems are revealed. Digital duplicates of equipment and processes allow you to make decisions based on all factors of work based on fuzzy parameters. It is established that in order to create digital duplicates it is necessary to combine such technologies as system modeling based on wave physical processes and machine learning. Innovation at various levels leads to a sharp increase in the intensity and speed of interaction between its participants, as well as to the creation of relevant at a certain time for consumers goods and services of the required quality and quantity that exceed consumer expectations through the use of artificial intelligence.

Розкрито найбільш загальні критичні завдання трансформації інформаційно-комунікаційної природи управління сучасними виробничими системами. Цифрові дублікати обладнання та процесів дозволяють приймати рішення з урахуванням всіх факторів роботи на основі нечітких параметрів. Встановлено, що для створення цифрових дублікатів необхідно поєднувати такі технології, як моделювання системи на основі хвильових фізичних процесів та машинне навчання. Інноваційна діяльність на різних рівнях призводить до різкого збільшення інтенсифікації та швидкості взаємодії між її учасниками, а також до створення актуальних у певний час для споживачів товарів і послуг необхідної якості та кількості, що перевершують очікування споживачів за рахунок використання штучного інтелекту.

INTRODUCTION.

Technology and manufacturing are the sectors with the greatest potential for AI transformation. Establishing links between project modules in innovative production systems is possible on the basis of artificial intelligence for algorithmic digital information processing technologies, which can significantly increase the number of generated projects and, consequently, increase employment without additional efforts of living intelligence. The use of different types of neural generative algorithms can take into account the individual characteristics of the performers to perform specific modules of individual projects without intersecting interests and conflicts of resources [1,2,3].

The use of artificial intelligence to process project data can dramatically increase the number and significantly improve the quality of potential projects by automatically comparing project parameters, human properties and digital analysis of market demand for projects from the external environment.

Due to the use of genetic mechanisms of object formation (generative design) a significant increase in strength, stability, and at the same time a significant reduction in the resource intensity of production of such a product. In the absence of machine design methods based on the use of artificial intelligence, the creation of such products would be difficult, and most likely impossible.

It is important to launch a mechanism for continuous generation of projects using the capabilities of artificial intelligence to find new better solutions in the digital environment. The information system can act as a formalized tool for methodological support of the system of generation, testing and decision-making, providing a continuous process of improving the properties of the network production system, its participants and network products [4,5].

BASIC PART.

Creation of systems for collecting and analyzing ideas and proposals for the development of the production system, as well as decision-making on the implementation of innovative projects. Management of innovation in modern production systems is based on the use of a significant amount of data. Modern companies build their strategies of innovative development on the operation of big data, which is formed in the process of functioning of the production system and in the process of its interaction with the external environment. They create systems that collect and analyze ideas and proposals for the development of the production system, as well as make decisions in the implementation of innovative projects based on artificial intelligence resources.

Artificial intelligence in modern companies has become one of the most effective means of labor, which can increase productivity and reduce production losses by more accurately forecasting the necessary parameters of production.

Artificial intelligence as a factor in the effectiveness of the company's innovation today largely determines the direction of development of scientific and applied research in large corporations.

Artificial intelligence is becoming a key element of production systems, which allows you to build intelligent innovation management systems, as well as to develop intelligent systems to promote innovative products.

Among the most important efficiency factors:

- 1) mental activity of people who carry out creative search, as a rule, to meet the personal need to find new solutions, and not for commercialization;
- 2) the use of collective intelligence resources in the field of generation and implementation of innovations, including through the collection and analysis of big data;
- 3) professional orientation of the subjects of innovation, who have leadership qualities, ready to decisively change production systems in order to qualitatively change the parameters of production;
- 4) new models of innovation management in network production systems aimed at the development of network participants' skills of active communication, including in a cross-cultural environment;
- 5) a favorable social climate for the development of innovation both within the network production system and offline;
- 6) active development of technologies based on the use of artificial intelligence in network production systems;
- 7) creating conditions for the development of human capital of network production systems based on lifelong learning;

8) the development of emotional intelligence of the network society; the desire of participants in innovation to beauty and aesthetics in creating new products and technologies.

The most general critical challenges of transformation of the infocommunication nature of management of modern production systems are revealed:

- 1) active use of smart grids and control systems;
- 2) the formation of a new technological structure in the global system of economic relations;
- 3) creation of new methods and technologies of organization of economic systems; development and widespread use of artificial intelligence;
- 4) digitalization of production, which leads to the blurring of boundaries between Bio, Social & digital reality.

The key competence of managers in the network production system is the ability to organize the mass creativity of interested, neutral and disinterested people, purposeful mental activity which forms the intellect of society..

Creation of innovative digital production models. New (innovative) digital technologies (artificial intelligence, the Internet of Things, big data, robots, etc.) undermine traditional approaches to the automation of production and business. Being at the forefront of this wave of digital innovation is important for business. This is the key to the competitiveness of the digital economy. The development of production systems is aimed at replacing human intelligence with machine control tools based on the use of digital management tools and active involvement in the network management structure of artificial intelligence capabilities [7].

Setting up and constantly restructuring the production system are complex and time-consuming processes. The integrated engineering platform supports the production of engineers in this process and significantly reduces production. The engineering platform: from the 3D product model to the final production concept.

Digital duplicates of equipment and processes (reference models). Thus, industrial production and operation generate a large number of variables, so it becomes clear the huge need for an intelligent system capable of making decisions taking into account all these factors and on the basis of fuzzy parameters. Technologies such as systems modeling based on physical processes and machine learning should be combined to create digital duplicates.

Combinatorial processes optimize production planning and workflow in the steel and aluminum industries. The advantage of this procedure is to eliminate competing goals in terms of comprehensive strategies tailored to the specifications of a particular enterprise (For example, maximum use of production capacity while meeting delivery deadlines).

Ensuring the innovative nature of mechanical engineering development. Innovative activity at different levels leads to a sharp increase in the intensification and speed of interaction between its participants, as well as to the creation of relevant at a certain time for consumers products and services of the required quality and quantity, exceeding customer expectations by using artificial intelligence.

This opens new horizons for innovative development of products, technologies, models of production organization, models of operation and consumption. There is great potential for their use in mechanical engineering, such as in "smart industries". These include the rapid development of technologies such as smart grids and control systems, the formation of new technological systems, additive production technologies using the potential of artificial intelligence. Today, technological advances in automation abound in areas related to physical equipment and robotics to artificial intelligence and software. The role of artificial intelligence systems in innovation in a plurality of subjects with heterogeneous systems for determining the purpose and motives of behavior, inaccuracy and dynamism of their goals and objectives is insufficiently studied.

The factors of efficiency of innovative activity at different stages of its organization in production systems in the digital economy include the following [8]:

- a high level of mental activity of people engaged in creative search, usually to meet the personal need to find new solutions, rather than for commercialization;
- active involvement of the collective mind in the field of generation and implementation of innovations, including through the collection and analysis of big data;
- accelerating the scale of changes in the production activities of enterprises through setivization of production processes, the formation of a system of training and manifestation of innovators from among the subjects in the network with leadership qualities, ready to decisively change production systems to qualitatively change production parameters, resulting in professional resentment individuals as a factor of innovative activity of the company;
- the use of open flexible models of innovation management in network production systems aimed at developing the participants of the network skills of active communication, including in a cross-cultural environment;
- development of the non-profit sector, which creates a socially favorable climate for the development of innovation both within the network production system and offline;
- rapid development of technologies based on the use of artificial intelligence in network production systems; application of health-preserving technologies in the system of labor organization and creation of conditions for development of human capital of network production systems on the basis of lifelong learning;
- formation of participants in the network of emotions associated with certain innovations, and management of these emotions; the desire of participants in innovation in the network to beauty and aesthetics in creating new products and technologies.

AI functions in new production systems. Any modern enterprise produces more and more data, and most of them have different criteria for storage and filtering. A person can no longer cope - moreover, there are moments that can not predict even an experienced specialist, and it is critical errors in the "bottlenecks" are the most expensive.

Modern businesses focus on an integrated approach. The use of statistical methods in production and at the stage of operation is a dead end branch of

development. The symbiosis of machine learning algorithms and numerical simulation is a completely conditioned solution. Yes, there are risks, but they can be offset by strong industry expertise and best-in-class technology. The system only makes recommendations - the decision is still left to the person [9,10,11].

The main functions of production systems, in particular - machine-building, are aimed at solving the following tasks:

- forecasting of critical malfunctions, prevention of sudden failure of the equipment, maintenance of a condition, forecasting of a resource of the equipment. Work in hard-to-reach places, in harmful chemical production, work in conditions of permafrost or high radiation.

- diagnostics of equipment during operation. This requires the analysis of a large amount of data to obtain information from systematically collected information. But the industry often lacks the information received from real objects, so the database needs to be supplemented with the results of field and virtual experiments, using engineering analysis based on numerical simulations, conducting regular calibration to improve the quality of the forecast.

- optimization of operating modes of equipment and technological processes From the correctly selected modes of operation of the product depends on the reduction of unscheduled downtime and increase the service life of equipment and, as a consequence, improve product quality and reduce costs of the enterprise as a whole. The operator can be assisted by a system that selects the most optimal scenarios of technological processes and predicts deviations in the operation of equipment based on statistical models and engineering analysis.

- maintenance: predictive maintenance and repair. The transition to maintenance allows to increase the service life of the equipment and its maintenance period, as well as to detect defects due to the data supplied in real time. Information on the current state of components and units and the forecast of the residual resource gives the chance to form recommendations on service and repair of the equipment, to provide timely delivery of spare parts.

- defect recognition: computer vision. Machine vision as a set of technologies that allows computers not just to process images as an array of data, but to perceive and interpret them in a human-like way.

- continuous production For example, in the smelting of steel it is necessary to accumulate history to predict the initial characteristics of the current conditions of smelting. Or with the help of machine learning to determine the initial composition of the alloy and the melting parameters to achieve a given quality. This will reduce the cost of raw materials, optimize the composition of the elements, predict the quality of the original product, optimally manage the smelting process. It should be understood that there can be no two identical steel melts.

- task of machine learning - to analyze a huge number of parameters to optimize the composition and number of input elements and operating parameters to obtain quality in accordance with the technical requirements using neural networks.

- flexible energy management to increase energy efficiency Machine learning technologies can reduce the operating time of equipment in high-intensity mode, reduce excess inventory, timely predict equipment wear and residual life, reduce

waste, and reduce energy consumption by taking into account the state of the environment.

-predicting equipment failures and its preventive maintenance, optimizing supply planning, production processes and financial decisions.

Development of network nature of production. The emergence of network production systems is associated with a qualitative change in production and economic relations based on the transformation of ideas that production is a set and concentration of production capacity of the company and its staff located in certain areas, in the idea that the site and effective functioning can be an information space on the Internet, which is able to connect separate and independent entities that have objects and / or means of labor owned or otherwise, and also have the necessary competencies to perform specific production tasks on a temporary basis. basis.

A characteristic feature of modern network production systems is the formation of customer expectations through the extensive use of artificial intelligence in terms of properties and functionality of products, models of product consumption.

Network production systems, as a rule, have a significant margin to increase the intensity of the flow of applications, which is provided by the widespread use of information technology, as well as the capabilities of artificial intelligence.

A feature of the network production system is openness and relatively high flexibility, which are provided mainly through the use of digital technologies for the organization of production processes in the main, auxiliary and service industries. This property allows the network production system in the mode of semi-automatic control to create relevant at a certain time for consumers products and services of the required quality and in the required quantity, exceeding customer expectations, through the use of artificial intelligence.

Access to new segments involves the transformation of a set of production systems into a network production system through the introduction of innovations based on the use of digital technologies such as artificial intelligence, intelligent transport systems, Big Data, photonics, crystal systems, Internet of Things, cloud technology, telematics, design digital factories, network-centric system, etc.

The development and widespread use of artificial intelligence in production processes, changes the usual idea of human functions. Refusal to concentrate "jobs" in office buildings or production shops leads to the fact that intellectual and material production will move into the living space of houses and apartments of workers. Decentralization will also affect electricity generation, the generation and redistribution of which will also be controlled by Artificial Intelligence.

Changing the nature of work and skill levels of workers in terms of artificial intelligence. Changing the nature of work in production systems using artificial intelligence will affect all employees of all skill levels. There will be less routine and repetitive work based on rule-based activities, as this can be automated for many professions and industries. This, in turn, will mean that many employees may need to acquire new skills. The workplace will become permanent more the place of interaction of people and technology productive. The bulk of most human work will involve working with artificial intelligence, robotics, and other technologies. Automation will affect more than the various workflows: processes and

procedures are also likely to need to be adapted. This in turn will have profound implications for the workplace structure and organization. For the technicians themselves, automation can change the workplace and their roles.

The analysis shows that all employees have the potential at all skill levels, which is at least partially influenced by automation based on currently demonstrated technologies.

There are factors that indicate that this time is different. There is an inflection point between the first machine age, based on the automation of physical tasks through mechanization, and the second machine age, based on the automation of cognitive tasks using digital technologies.

Many factors affect the pace and scale of automation implementation, such as engineering to solve specific problems, especially non-technical management of organizational change, the dynamics of regulation and acceptance around the implementation of technology.

Automation should not destroy jobs as a result of the latest technological advances, including robotics, artificial intelligence (AI) and machine learning. Automation now has the potential to change everyone's daily work.

CONCLUSIONS.

Intelligent manufacturing systems, which are based on the full use of embedded computer models, have led to the emergence of cyber-physical systems (CFS) capable of combining the real and virtual worlds. KFS now provides such intellectual spheres of production as autonomous works, augmented reality, expanded production, vertical and horizontal integration,

Given the available intellectual potential, in the near future Ukraine may become a regional leader in these areas, providing comprehensive and high-tech engineering services, primarily in the following areas:

- programming in the field of industrial high technologies / creation of new software products, including new technologies of Industry 4.0;
- design (electrical, mechanical, electronic, technological, construction, etc.);
- industrial automation, computerization and intellectualization (including commissioning of industrial sites);
- development and production of complex, small-scale or unique products.

For the domestic market, Industry 4.0, filled with artificial intelligence solutions, should be a catalyst for the growth of industry as well as the defense industry. At the same time, a huge challenge is the involvement of IT companies, science and universities in the digital transformation of Ukrainian industry and energy. Against the background of labor shortages, this may also mean an increase in demand for automation.

Implementation of the principles of intersectoral integration of artificial intelligence systems in various scientific fields, from natural and exact sciences, to the humanities.

REFERENCES

- [1] B. Goodman, S. Flaxman, *European union regulations on algorithmic decision-making and a right to explanation*, *AI Magazine* 38 (3) (2017) 50–57.
- [2] J. Zhu, A. Liapis, S. Risi, R. Bidarra, G. M. Youngblood, *Explainable AI for designers: A human-centered perspective on mixed-initiative co-creation*, *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)* (2018) 1–8.
- [3] T. Miller, *Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences*, *Artif. Intell.* 267 (2019) 1–38.
- [4] R. Guidotti, A. Monreale, S. Ruggieri, F. Turini, F. Giannotti, D. Pedreschi, *A survey of methods for explaining black box models*, *ACM Computing Surveys* 51 (5) (2018) 93:1–93:42.
- [5] S. T. Shane T. Mueller, R. R. Hoffman, W. Clancey, G. Klein, *Explanation in Human-AI Systems: A Literature Meta-Review Synopsis of Key Ideas and Publications and Bibliography for Explainable AI*, *Tech. rep.*, Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) XAI Program (2019).
- [6] Jeetendra, V. A., Krishnaiah Chetty, O. V., Prashanth Reddy, J. (2000). *Petri nets for project management and resource levelling*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16(7), 516-520.
- [7] Khrabova I. (2000). *Corporate management: integration issues. Affiliates, organizational projection, integrational dynamics*. – 2000. – 198 p.
- [8] Carlsson, B. (2004). *The Digital Economy: What is new and what is not? Structural Change and Economic Dynamics*. Volume 15, Issue 3, 245-264.
- [9] Graglia, M., Lazzareschi, N. *Industry 4.0 and the Future of Work: Tensions and Perspectives*. *Brazilian Journal of Sociology*. 2018,6(14), 109-151
- [10] Chesbrough H, Lettl C, Ritter T. *Value Creation and Value Capture in Open Innovation*. *Journal of Product Innovation Management*, 2018, 35(6): 930-938
- [11] Cheng C, Huizingh E. *When is Open Innovation Beneficial? The Role of Strategic Orientation*. *Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(6):1235–1253

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

APPLICATION NEURAL NETWORK MODELLING.

The advantages of using neural-like elements for the design of computing systems lie in the main paradigm for constructing neural networks - "all neural-like elements are connected to all". Differences in the interpretation of this paradigm are presented in the form of various known types of neural network architectures. As part of the development of the direction of application of neural network technologies, methodological approaches have been developed and the problems of optimal design of technological processes and their management have been solved.

Преваги використання нейроподібних елементів для конструювання обчислювальних систем полягають у основній парадигмі побудови нейронних мереж – «усі нейроподібні елементи пов'язані з усіма». Відмінності у трактуванні цієї парадигми представляються як різних відомих видів архітектур нейронних мереж. В розвитку напрямку застосування нейромережових технологій, розроблено методичні підходи та вирішено завдання оптимального проектування технологічних процесів та управління ними.

The use of neural network technologies in scientific research and for production purposes has long become a fairly common phenomenon. Being an easily adaptable tool that allows you to model objects with sufficient accuracy for practice based on their responses received either in the course of an experiment or in real conditions for purely pragmatic purposes, it finds both supporters and opponents. The main advantages of using neural-like elements for designing computer systems lie in the main paradigm for constructing neural networks - "all neural-like elements are connected to all". Differences in the interpretation of this paradigm are presented in the form of various known types of neural network architectures. In this regard, it can be noted that the most complete, in our opinion, is the creation of neural networks - "homeostats", in fact reflecting the method of group consideration of arguments (MGHA), which has received wide recognition both in Ukraine and abroad. The use of such "neural network homeostats" made it possible to solve a number of problems such as:

- management of the efficiency of using the fixed assets of enterprises;
- forming the personal qualities of students of a mechanical engineering university;
- structural optimization of technological processes;
- increasing the accuracy of processing on metal-cutting machines by modeling the indicators of the rigidity of their working area, etc.

The solution of many practical problems on a neural network basis is quite correctly achieved with the use of widespread tools, among which the well-known neural network package NeuroPro-0.25 should be especially noted. Possessing a transparent ideology, flexible configuration, ease of use and the ability to interpret the results, this package can justifiably be widely used in scientific research. In combination with traditional means of checking the adequacy of the created models,

such an approach can be recommended as a kind of standard, but provided that the homogeneity of the data used is ensured, as well as the correct combination of the error levels of the training and test sets. The disadvantages of this package include the use of dbf - the source data format and the lack of a graphical interface for interpreting the results. However, the ease of use and optimization functions in relation to the network architecture make this package preferable for solving most of the applied problems related to the class of "learning with a teacher". In this regard, as part of the development of the direction of application of neural network technologies, methodological approaches have been developed and the problems of optimal design of technological processes and their management have been solved for:

- technological operations of turning with cutters on an elastic foundation;
- technological operations of electric pulse turning;
- technological operations of magnetic abrasive electric pulse grinding with cladding with conductive materials;
- reducing residual stresses and increasing the microhardness of the working surfaces of machine parts during their resonance treatment with the use of surfactants;
- technological operations of electron-ion implantation in corona discharge;
- control of the accuracy of processing products according to the reference model of the rigidity of the working area of the metal-cutting machine;
- structural optimization of technological processes using weakly formalized criteria;

Most of the problems of optimal clustering related to the class "unsupervised learning" are successfully solved using packages of the Data Mining class. The well-known Kohonen maps allow solving problems based on the use of such complex-informative features as the frequency spectrum of natural vibrations of products. The use of the indicated features for clustering objects according to a set of known and unknown characteristics allows setting and solving the problems of not only clustering, but also the problem of ensuring the quality of the object. These are, in particular, such tasks as:

- assessment of the conformity of the parameters of objects to the required (specified) tolerance field;
- determination of the absolute values of the quality parameters of objects within the specified tolerance fields;
- creation of algorithms for the behavior of objects in a poorly defined environment;
- assessment of the quality of products for a variety of qualitative and quantitative features.

The evolution of the paradigm of an artificial neural-like element suggests that further work in this direction should be carried out in the direction of creating self-developing computational structures in n-dimensional space based on cellular automata. In this regard, it is necessary to answer the following questions:

- what should be the rules of cellular automata;
- how the multidimensional space of cellular automata should be represented;

- how to provide endless possibilities for the evolution of cellular automata on a finite cellular field;
- how the models should be tested on such sets of cellular automata;
- what is the efficiency of solving practical problems on the proposed computational basis.

We are carrying out research that makes it possible to answer these questions and have already obtained certain results that allow us to outline a number of promising scientific directions, some of which are represented by the following list:

- scientific support for the further development of systems and means of artificial intelligence for the creation of expert and control systems of a new generation;
- scientific support for the design and creation of self-developing evolutionary algorithms;
- physical modeling of artificial intelligence systems;
- study of the possibilities of implementing quantum mathematics based on nanostructured modeling systems;
- scientific support for increasing the efficiency of system and information tools for the development of regional infrastructures;
- scientific support for intelligent modeling of development processes and overcoming emergency social, environmental, industrial and economic situations;
- creation of a complex of systems for intelligent control of the production process of mechanical engineering;
- creation of a complex of systems for intelligent control of technological preparation of production;
- creation of a complex of systems for intelligent control of technological energy-saving processes.

Thus, at present, not only is it impossible to consider neural network modeling as a fully developed scientific direction, but it is necessary to continue to expand the range of scientific research and practical application of the results obtained.

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

APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING TO RESEARCH INNOVATIVE TECHNOLOGIES

In article the results of researches in different aspects of surface treatment are submitted. New type of the process of stabilization of residual pressure is considered. Also new ways of hardening of details are investigated and compared. The problem of new tools and the question of its more effective using are considered. The way of neuron net modeling for data processing was used for in all experiments.

У статті представлені результати досліджень різних аспектів обробки поверхні. Розглянуто новий тип процесу стабілізації залишкового тиску. Також досліджуються та порівнюються нові способи зміцнення деталей. Розглядається проблема нового інструментарію та питання більш ефективного його використання. У всіх експериментах використовувався спосіб моделювання нейронної мережі для обробки даних.

One of the factors influencing on quality of machine-building production is technological residual pressure which often makes defining impact on operational properties of details of cars and demands on technological management. Thermal processing as the basic method of removal of residual pressure is a power-intensive technological process that demands big floor spaces and, besides, is not harmless process [1]. The specified lacks it is deprived such method of removal of residual pressure, as drawing on the processed surface of a detail of surface-active substances.

In the conditions of market economy the further development of mechanical engineering is impossible without economy material, power and a manpower, an economical expenditure of metal, fuel, the electric power. One of perspective directions in economy material and power resources is creation of less power-intensive technological processes at the expense of wide application of progressive and perspective technologies of processing of metals. Also the question of choose of tools is very difficult. Now, about 70 % of the metal-cutting tool make of a firm alloy of various marks. Thus, it turns out, that to a waste there is a large quantity of a firm alloy, and it basically consists of rare and expensive materials (carbides of tungsten, the titan, etc.). Certainly, the worn out plates go to processing, but it is difficult enough and expensive process.

Such substances which are adsorbed on an interface of phases are called as surface-active (SAS) and reduce superfluous superficial free energy. As a rule, have a defile structure of molecules, that is contain of fragments of molecules possessing with hydrophilous and waterproof properties [1].

It is known, that action of technological residual pressure is shown at various stages of life cycle of a product: first, after machining process; secondly, in the course of assemblage of details in a finished article; thirdly, while in service products, or performance of the office appointment by it. A problem of the given researches was to show, that at the first stage it is possible to apply to the problem decision

having fallen. Also it is possible to make an assumption about their application and at the second stage.

The received experimental data have been analyzed with the help of neuron net processing. For reception of mathematical models of dependence of resonant frequencies from a kind of SAS, an array of a deflection of samples and time of its influence the neural network in program NeuroPro has been created and trained, the verbal description of mathematical models is received. graphic dependences of network resonant frequencies on time of drawing of SAS on a surface of samples are constructed and analyzed on the basis of the received models.

The primary goals and simultaneously problems of modern mechanical engineering is wear resistance increase, and also reliability and durability, details of machines. The most actual and effective along with traditionally applied technologies are new or improved technologies [3]. To such new technological processes carry the pulse technology capable repeatedly to raise labor productivity, efficiency of use of resources, and also to decrease the material capacity and power consumption of manufacture.

Essence of these methods is processing of surfaces by the concentrated streams of energy which provide the raised intensity of technological influence on a material, the powerful energy sources based on use. Pulse methods have caused genuine interest of many researchers and experimenters and their researches are actual and till today [2].

Now possibility of a combination special turning and electromechanical burnishing, applying a roller instead of a cutter with a firm-alloyed plate, and using a pulse current, allows to receive a version of electromechanical hardening (EMH) – electromechanical rough turning (EMRT) with use of a pulse current [3].

The electropulse burnishing instead of roller burnishing at processing of samples from the tempered steel has such advantage as high durability steel characteristics that do not allow to deform substantially microroughness and to strengthen a blanket during the rolling under the influence of the warmth allocated in a point of contact of indenter with a detail, the secondary training raise the microhardness of a surface, melting and deformation of microroughnesses. That leads to formation of more wearproof surfaces [4].

Besides, at identical modes of EMP (electro mechanical processing) depth of the strengthened layer above at smoothing by the tool with motionless. As numerous experiences show the details strengthened by the tool with motionless fastening in comparison with details, strengthened by the rotating tool, possess of more endurance ability and wear resistance.

Traditionally for electropulse burnishing spherical indenter is used, rigidly fixed roller tool or plates from a firm alloy [5]. The plate and a roller can settle down in vertical, horizontal planes, and sometimes and under some corner to a detail axis, as in our case. A holder with vertical fastening of a plate it is convenient to apply at EMP step shaft; such design of holder allows to use some times a contact surface of a plate, from time to time displacing it concerning an axis of the centers of the machine tool. A holder with a roller plate will give the chance to turn periodically a roller in process of deterioration of a contact surface and thus in tens times to

increase the general firmness of the tool. Spherical indenter allows to create high efforts of stressing in a zone of contact to preparation for the account of the small area of a stain of contact.

Self-propagating high-temperature synthesis (SHS) is a process of moving of a wave of chemical reaction on a mix of reagents with formation of the firm end-products, made for the purpose of synthesis of substances of materials. SHS represents a mode of course strong exothermic reactions (burning reaction) in which the thermal emission is localised in a layer and it is transferred from a layer to a layer by a heat transfer. Self-propagating high-temperature synthesis allows to receive refractory powders, refractory connections, powders of intermetallides, pottery and coverings [6].

One of modern methods of increase of operational characteristics of details of the machines, the cutting tool, and the foundry equipment is application of SHS-coverings. This method allows to notice power-intensive chemistry-thermal processing (cementation, nitrating etc.) on less power-intensive and not less effective superficial hardening of machine tools. This way allows to increase operational characteristics, such as durability, wear resistance, corrosion resistance [6].

The purpose of present research work is studying of the wearproof coverings putting on by a method of SHS-reactions, and their influence on durable properties of machine detail's. The use of processing consisting of 2-3 stages depending on appointment of a detail and demanded mechanical characteristics is offered in modern machine-building [6]. Here are stages, which were investigated in the present work:

- 1) covering copper. Copper coverings protect steel from corrosion only in the event that they haven't pores. Functional copper coverings are applied to protection of a steel against cementation. Very good electro conductivity copper it is widely used in the electrical engineer and electronics. If the big durability and rigidity is required to put a copper layer is not necessary, if good antifriction qualities and adsorption decrease are required, the copper layer is simply irreplaceable.

- 2) drawing of a covering by the SHS-reaction method. Powders of connections of manganese and aluminium were used. Manganese is the major component of steel. Its application as alloying element promotes increasing of the hardenability to the steel that characterise depth of the tempered zone at thermal processing. Aluminium provides rising of the heat resistance and corrosion firmness of a steel. Aluminium possesses high heat conductivity, firmness to corrosion for the account of fast formation of strong oxide films protecting a surface from the further interaction. Aluminium introduction promotes formation of a protective film and reduction of the sizes of grain.

- 3) burnishing. This method of electro physical processing provides not only increasing of hardness of a blanket, but also improves quality of a surface of a detail.

The average hardness of samples increases in 1,5 – 2 times, the metal structure is fine-grained, the core is plastic, the quality of a surface is $Ra = 1,25 - 0,7$ microns. Processing of a detail in diameter of 400-600 mm and 800-1000 mm is made length less than 90 minutes.

For reception of similar characteristics it is necessary to perform operations of thermal or chemistry-thermal processing with the subsequent processing of a detail by cutting and an abrasive which as a whole last an order of 2000-2500 minutes.

Now, about 70 % of the metal-cutting tool make of a firm alloy of various marks. The most part is nonresharpened replaceable many-sided plates (NRP). They are used in practically all kinds of tools (cutters, mills, drills etc.). It is known, that worn out of NRP, loses in volume (in comparison with not worn out plate), only 2-4 %, and practically all NRP are made entirely of a firm alloy. Thus, it turns out, that to a waste there is a large quantity of a firm alloy, and it basically consists of rare and expensive materials (carbides of tungsten, the titan, etc.). Certainly, the worn out plates go to processing, but it is difficult and expensive process [9].

The sharp increase in the market of quantity of marks of tool materials has complicated a problem of their choice in concrete industrial conditions. Errors in a tool choice lead out to decrease the level of reliability of the cutting tool and the raise of expense of expensive tool materials .

Identification of areas of rational application of each of offered plates or their groups is complicated in the absence of the effective engineering tool generalising the recommendations about rational application of marks of tool materials taking into account the basic conditions of operation of the tool: marks of a processed material, operation, a condition of a surface of preparation, modes of cutting, quality of a received surface.

In presented work on a basis cluster the approach realised with the help of self-optimizing cards of Kohonen, the area of rational use of new materials and designs of firm-alloyed plates of cutting tools for turning processing that allows to reduce quantity of the cutting material going for processing owing to a wrong choice of plates and optimum modes of cutting is defined.

There had been made casual sample of 85 cutting plates with their basic indicators (type, parameters and a plate material, depth of cutting and giving, processing type) of the catalogue offered by firm-manufacturer on plates of turning group [8].

By means of Kohonen's cards giving to us real possibility of a visual estimation of the importance of indicators (characteristics) of firms-manufacturers resulted in catalogues, we represent multidimensional space of entrance factors in a two-dimensional kind in which he is convenient enough for analyzing.

Practical value of the made work consists of research of possibilities of application of surface-active substances or SHS-coverings, use of electropulse processing with different tools in technological process of manufacture of details. These methods are energysafety and more harmless in comparison with traditional methods and will allow the receiving of positive economic benefit in machine-building manufacture. With the help self-organised cards of Kohonen it is possible to systematise characteristics of modern materials of cutting plates, and to use them as the effective engineering tool generalising the recommendations about rational application of cutting plates that allows to lower quantity of the cutting material going for processing owing to a wrong choice of plates and modes of cutting.

REFERENCES

1. *Ambrazon A.A. The surface phenomena and surface-active substances: the Directory / A.A.Abramzon, E.D.Schukin. – L: Chemistry, 1984.*
2. *Babey J.I. The physical basis of pulse hardening of a steel and pig-iron. – Kiev: Naukova dumka, 1988. – 240c.*
3. *Bagmutov V. P, Parshev S.N., Dudkina N.G., Zaharov I.N. The electromechanical processing: technological and physical bases, properties, realisation. – Novosibirsk: the Science, 2003. – 318c.*
4. *Jakovlev S.A., Zhiganov V. I. EMP on lathes // STIN.2000. № 6.*
5. *Markauskas S.S. The electro-mechanical hardening of a surface by the tool with compulsory rotation of a roller//Researches and workings out in the field of hardening and restoration of details of cars by electromechanical processing. - Ulyanovsk, 1999.*
6. *Carbide, Nitride and Boride Materials Synthesis and Processing. Ed. Alan W.Weimer, London–Weinheim–New York–Tokyo–Melburne–Madras: Chapman AND Hall, 1997, 671 pp.*
7. *Corbin, N.D., and McCauley, J.W., Self-Propagating High Temperature Synthesis (SHS): Current Status and Future Prospects, MTL MS 86-1, Watertown, MA, May 1986*
8. *Gah V.M. Choose of rational marks of tool materials. //Reliability of the tool and optimisation of technological systems. The collection of proceedings. - Kramatorsk: DGMA, №14, 2003*
9. *<http://www.Pramet.com>*

Lykhmanyuk J., Sinitsa T., Kovalevsky S. (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*)

INTELLIGENT MANAGEMENT OF RECONFIGURED PRODUCTION.

It is shown that the creation of identification models of the working space of technological machines for automated control systems involves updating the coordinates of the working area in real time using cascading neural networks and deep computing algorithms. It is suggested to accept the error of the recovered data as the target function. Identical models are used for reference model control systems. The same models are used to achieve optimal control with target functions of accuracy, quality, performance and cost.

Показано, що створення ідентифікаційних моделей робочого простору технологічних машин для автоматизованих систем керування передбачає оновлення координат робочої зони в режимі реального часу з використанням каскадних нейронних мереж і алгоритмів глибоких обчислень. За цільову функцію запропоновано прийняти помилку відновлених даних. Ідентичні моделі використовуються для систем керування опорними моделями. Ці ж моделі використовуються для досягнення оптимального контролю з цільовими функціями точності, якості, продуктивності та вартості.

The prospect of creating competitive technological equipment must certainly be accompanied by:

- structural optimization to ensure the constructive and technological flexibility of technological equipment;
- Creation of a system of normalized actuators based on the minimum number of energy conversions to expand technological working areas;
- creation of a system of normalized mechanisms for the rapid change of technological tools to increase technological flexibility;
- creation of technological equipment for organizing the working space of technological operations based on equipment with parallel kinematics;
- creation of identification models of static and dynamic characteristics of executive links in working areas;
- Creation of a system of normalized quickly readjustable movable supports of technological equipment;
- creation of control algorithms for accuracy, quality and efficiency of production on equipment with parallel kinematics;
- creation of quickly readjustable reconfigurable sections of machine-building production from normalized equipment units using mechanisms of a parallel structure.

Such development of technological equipment and systems based on it makes it possible to radically increase the efficiency of diversified production, including repair production for various areas of economic activity. However, the use of such equipment and its systems cannot but require intervention in the reliability indicators of the applied technological processing and diagnostic tools. Therefore, it is justified to use special processes for improving the processing properties of metal-cutting and other technological tools based on various effects of power, electrical, magnetic, wave, pulse, chemical, nanoscale nature and their combinations.

Based on such conclusions, we have developed and tested promising design solutions in accordance with the Research Program of the Problem Laboratory of Mobile Intelligent Technological Machines of the Institute for Artificial Intelligence

Problems of the Academy of Sciences of Ukraine and the Donbass State Machine-Building Academy of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

With the aim of structural optimization to ensure the constructive and technological flexibility of technological equipment, it is proposed to design mechanisms with a structure with Euler cycles. Moreover, this applies to both simple and complex structures of mechanisms designed for complex, multi-sided, multi-operational processing or automated assembly or other robotic operations.

For actuators (moving links of mechanisms of a parallel structure), performing precise movements with a large transfer ratio, the main characteristics should be high travel speeds and a large braking torque. For this purpose, multiplicative mechanisms of actuators based on linear drives have been developed.

The use of quick-change mechanisms for sets of technological tools and technological equipment with controlled drives also implies a reduction in material consumption with an increase in the level of control. At the same time, the overall reduction in the energy component does not imply an inevitable decrease in the specific energy consumption e for performing technological functions.

With a decrease in material consumption, the information component increases in inverse proportion to the square of the material component for conditions of constancy of the amount of expended energy. In fact, this implies a reduction in the mass of technological tools and technological equipment, while increasing the technological capabilities of the equipment.

The creation of identification models of the working space of technological machines for automated control systems involves updating the coordinates of the working area in real time. Therefore, the models are built using cascading neural networks and deep computing algorithms. The error of the recovered data was taken as the objective function. Identity models are used for reference model control systems. The same models are used to achieve optimal control with target functions of accuracy, quality, productivity, and cost. As information sources, it is proposed to use the amplitude-frequency characteristics of the natural oscillations of identification objects. Since the natural spectra of operating equipment change when the equipment configuration changes, identification must keep pace with such changes.

The principles of interconnection of the elements of technological systems provide for the need to improve the quality of cutting tools, in particular, based on the use of methods of high-voltage discharge processing of the working surfaces of tools.

The reconfigurable technological sections are a logical continuation of all the presented transformations of the elements of the production system and create conditions for their systemic application and the achievement of a synergistic effect. Reconfiguration is achieved on the basis of the assembly of technological equipment and technological equipment in the process of technological preparation of production and at the end of the manufacture of products - dismantling of equipment and equipment. Simulation shows an increase in the productivity of reconfigurable sections up to 3-5 times.

Siduk D., Lupa Yu. (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*)

ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF ASSEMBLY QUALITY AND PERFORMANCE OF PRODUCTS

The article presents the rationale for the use of acoustic methods to determine the quality of assembly and the performance of products in a production environment, which is especially important to ensure the quality of control hydraulics.

У статті представлено обґрунтування застосування акустичних методів для визначення якості складання та працездатності виробів у виробничих умовах, що особливо важливо для забезпечення якості гідравліки, що управляє.

Industrial production of products from various materials is always accompanied by a certain percentage of defects associated with various defects in shape, hidden defects that appear during processing, as well as the unsuitability of working surfaces for the normal functioning of finished products in the future [1].

With the development of science and technology, new, alternative methods for determining the performance of a product, such as non-destructive testing, appear. One of the representatives of this method is acoustic control. Of all types of non-destructive testing, acoustic is the "richest" in terms of the number of methods [2].

To solve the problem of improving the quality of control, the following tasks are set:

1. Quality assurance of product assembly;
2. Development of test methods;
3. Implementation of the technique in experimental conditions;
4. Development and practical use of the received data in the conditions of plant.

Experimental studies of the acoustic spectra of hydraulic products and comparison with the level of their performance were performed for products that are produced at the Machine-Building Plant.

The Machine-Building Plant produces products for mine racks and brackets, in particular - a product (Fig. 1), consisting of: housing (1), plug (2), ring 006-010 (3), washers (4), spool 5), supports (6), plugs (7), springs (8), filter (9), three rings (10), (11), (12).

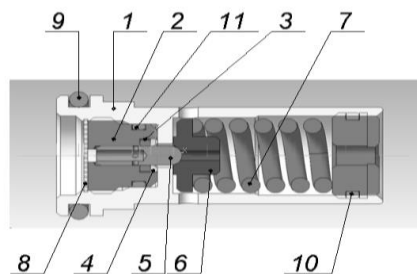


Figure 1 - The product is assembled.

The product, after assembly, is tested in accordance with the factory standard. To do this, it is set to a pressure of 300 MPa and tested on a hydraulic stand.

If the product is suitable, it is installed in the unit, if not suitable, collectors replace parts (Fig. 2). The most important elements are elements (1) and (3). In most cases, these elements have a significant impact on the performance of the product.

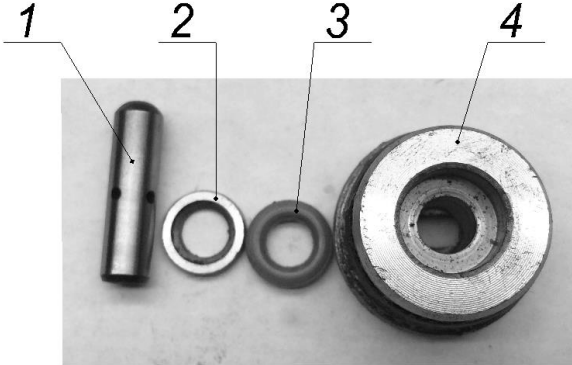


Figure 2 - Parts included in the assembly unit of the product

If the manufacturing process of the part (1) is not followed, as well as the poor quality of the part (3), the product ceases to perform its functions.

The build quality of a product can be determined using the acoustic spectra of signals when the product is triggered. For this, with the help of piezoelectric sensors, the "sound" of 10 good and 6 bad products was recorded.

Data preparation was carried out in Microsoft Access environment in dbf format. Based on these data, a neural network was built in the NeuroPro 0.25 software package.

The resulting neural network has 1 input, 3 neurons and 1 displacement potential of the last neuron (Fig. 3).

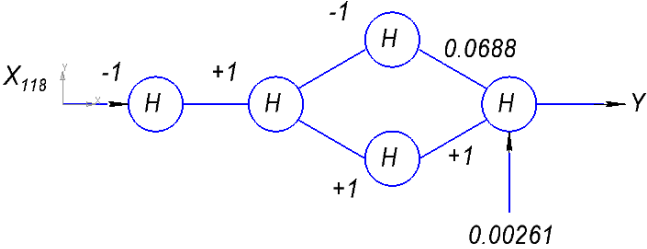
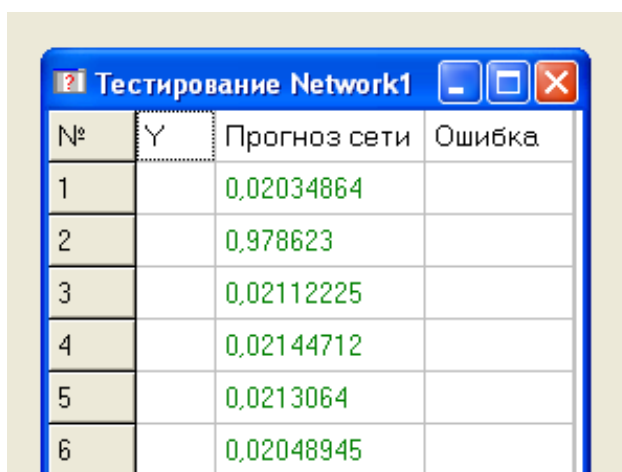


Figure 3 - Diagram of a neural network

To test the network, the acoustic spectra of the products were taken, the peculiarity of which was that, using standard tests, it was impossible to determine whether they were suitable or not. After testing, the network gave an unambiguous result out of 6 tested products, only one product (the second) is usable (Fig. 4)



№	Y	Прогноз сети	Ошибка
1		0,02034864	
2		0,978623	
3		0,02112225	
4		0,02144712	
5		0,0213064	
6		0,02048945	

Figure 4 - The result of testing the neural network

CONCLUSION

Thus, the possibility of assessing the quality of assembled products and guaranteeing the reliability of a low-cost diagnostic assessment of test results in production conditions has been confirmed.

Sinita T., Kovalevskyy S. (*Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine*)

INTELLECTUAL MANAGEMENT OF THE VIRTUAL ENVIRONMENT OF TRAINING OF MODERN PROFESSIONALS

The publication shows that VR-simulation of any training that requires the diversion of large human and material resources, the use of special equipment - is a good business case, because this technology is applicable to practice skills in working with various objects and devices.

В публікації показано, що VR-імітація будь-яких тренувань, які вимагають відволікання великих людських і матеріальних ресурсів, використання спеціального обладнання, - це хороший бізнес-кейс, оскільки така технологія застосовна для відпрацювання навичок роботи з різними об'єктами і пристроями.

Virtually all the world's leading companies use virtual reality technology in their design and engineering centers. Thus, the development of virtual reality systems, prototyping requires further study of the principles and possibilities of interaction of CAD / CAM / CAE / PDM systems and virtual reality systems for their application in the engineering industry [1].

In particular, the Volkswagen Cad Center / VIP Center Virtual Reality Virtual Prototyping Center includes: a virtual reality projection system (3D visualization) of various configurations (special glasses required for volume perception), a cad Center with a flat or high screen or v-panel 6 high-definition screens in the form of a room (CAVE class); graphics generator - a powerful specialized graphics station or graphics (visualization) cluster that allows you to synchronously process and output the necessary flow of visual 3D information. The equipment supports work with such packages as: VIRTOOLS, CATIA, DMU, UGS Viz Mockup, PTC DVmockup; the periphery of virtual reality systems includes a set of devices that enhance the degree of interactivity - tracking systems, tactile feedback, etc. [1,2]

Also, advanced companies use simulation of physical interaction between virtual machine parts and mechanisms. Thus virtual assembly allows to check up degree of joining of details of products before the beginning of a stage of real assembly. So highly efficient design of Boeing and Learjet aircraft, in which the quality of assembly of the entire system is carried out in cyberspace. Virtual test technologies allow to partially replace field tests with computer ones [1,3].

According to Ford Motor Company, only the replacement of field tests of real cars with numerous experiments, the use of virtual reality technologies can dramatically improve the quality of design, significantly reduce development time and reduce the cost of the design process. The use of systems such as tracking in systems for virtual prototyping makes it possible to test elements of human-machine interaction, ergonomics, etc. even at the stage of digital layout [1].

Taking into account the above, the task is to develop a VR-application as a set of virtual reality for training and coaching of their machine operators - CNC machine

tool operators. On VR-simulators, machine operators will be able to complete complex tasks without exposing themselves to danger, says a representative of the IT company. The developer expects that the training complex will improve the quality of staff training, as virtual reality technologies today make it possible to fully recreate the environment in the digital space - both visual images and sensations, it provides high efficiency in learning. When learning to work on virtual areas of CNC machines, such solutions are indispensable in the context of safety, in particular, because they avoid injuries.

The VR machine simulator is a set of a virtual reality helmet and is worn by controllers. The software allows you to beat the work on the simulator with a CNC rack.

When teaching students or improving the skills of the machine operator, the process is as follows. The student wears a VR-helmet - and in front of him appears the authorization window, where he enters his credentials using helmet controllers on hand and a virtual keyboard, Then the user gets access to training programs that he has to pass according to the program. It is possible both to pass the full training program, and to work out separate elements of production process. The system sends data on the time of training, the number and nature of errors made in this case to a remote server. This will allow mentors to give personal advice to the student or staff member and point out gaps in knowledge or weaknesses.

In the 3D virtual learning environment of the 1st basic level the operating modes should be presented: "Virtual shop", "Machine", "Maintenance". In the working mode "Virtual shop" it is possible to get acquainted in an interactive mode with an environment of CNC machines, with clamping devices, means of measurements. In the working mode "Machine" it is possible to disassemble the machine completely and in the interactive mode to get acquainted with the principle of work of separate knots of the machine. In the "Maintenance" mode, you can train in the settings of the machine as on a real machine and get important for practical knowledge in the field of CNC (CNC), including virtual collisions.

The main features of the virtual learning environment:

- acquaintance of the student with the workplace (workshop), characteristic for work on CNC machines;
- acquaintance of the student with the situation and equipment of the shop in 3D;
- presentation of interactive training modules on production topics related to CNC machines (clamped devices, measuring tools.);
- reproduction of close to reality processes and results of adjustment of CNC machines;
- study of the device of a typical CNC lathe;
- learning the basics of working on a typical CNC lathe, including the study of the maintenance process of the machine on the example of a virtual machine with a control system.

CONCLUSIONS

However, with all the obvious advantages of VR training, there are costs. Despite the development of technology, virtual reality is still far from perfect, completely simulate the real life situation and the circumstances in which it occurs, VR can not. On the VR-simulator a person works out production moments and fear, does not feel a real sense of danger. Therefore, it is difficult to predict how the machine tool prepared on the VR simulator will work in a real stressful situation. Obviously, consolidating the skills acquired during training on virtual reality simulators in the real world is definitely needed.

REFERENCES

- 1.Громовий О.А. Вивчення принципів і можливостей взаємодії CAD/CAM/CAE/PDM систем і систем віртуальної реальності. //Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 року. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – С.93-94.*
- 2.Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: конспект лекцій / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: Люкс, 2021. – 140 с*
- 3.Пархоменко А. В., Притула А. В., Крищук В. М. Автоматизоване проектування електронних засобів в середовищах Creo та ALTIUM DESIGNER: навчальний посібник. – 2-ге вид. –Запоріжжя: Дике Поле, 2016. – 250 с.*

Slobodan Adžić¹, Marijana Milunović¹, Bojan Branković² (¹*Faculty of Management FAM, University Union-Nikola Tesla, Belgrade, Serbia;* ²*University in Belgrade, Faculty of Political Sciences, Belgrade, Serbia*).

RATIONALE FOR APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

The authors aim to explain the connections between ecology, democracy, and leadership in a green economy. The ecology and the economy could be of equal importance with the assistance and guidance of a democratic eco leader. Ecological leadership builds on the knowledge of how to recognize environmental opportunity costs of underutilized resources and achieve eco-friendly innovation. Democracy is the basis of leadership because it is the only system that can win in the process of changing modern organizations towards green development. The eco leader is the fuel of the green economy development process.

Автори мають на меті пояснити зв'язок між екологією, демократією та лідерством у зеленій економіці. Екологія та економіка можуть мати однакове значення за сприяння та настанови демократичного еко-лідера. Екологічне лідерство спирається на знання того, як розпізнати екологічні альтернативні витрати на недостатньо використані ресурси та досягти екологічно чистих інновацій. Демократія є основою лідерства, оскільки це єдина система, яка може перемогти в процесі зміни сучасних організацій у напрямку зеленого розвитку. Еко-лідер є паливом процесу розвитку зеленої економіки.

1.INTRODUCTION

This paper aims to point out the strong bonds among ecology, democracy, and leadership. In the first part, we will show that ecology and economy are not inevitably on the opposite poles, as the Holland flower industry and the new technologies for pollutant reduction cases can prove. In the next part, we will deal with the greatest of all social experiments, democracy. It is the only system able to cope with the challenges of the ecological environment. Finally, the last part has a focus on the eco leader and his/her focal point.

2.ECOLOGICAL ENVIRONMENT IMPACT ON LEADERSHIP

Porter [1], the greatest expert for competition, showed in one of his works how leadership effectively responds to dynamic changes of environment. Many people have fixed opinion that economy and ecology are on opposite poles. On one hand, here is a social advantage of a clean environment and, on the other, the costs of private capital for preventing pollution and improving environment. This statistical approach neglects the fact that companies constantly find innovative ways how to adapt themselves to changes under pressures of competition, consumers and legislation. These innovations lead to more productive use of inputs – from raw materials to energy and labor force and the increased productivity makes companies more competitive and more green [2]. These improvements in productivity reject greater yield for companies than additional costs based on new regulations. The

Holland flower industry was under great pressure of the public and State because of land pollution caused by artificial fertilizers [1]. The producers, under the pressure, ceased growing flowers on the land and started to grow flowers on water and stones - and improved their productivity, competitiveness and share in world market. The pollution, releasing toxic and waste matters into environment, should be considered as uneconomical and ineffective use of resources. In this is a key of the story why the Holland flower industry today is not an exception in the world economy but ever more a rule. Also, the blame for uneconomical use of resources has been shifted to direct consumers through prices. For many leaders this concept has opened new roads towards the increase in productivity both through closed production technologies and through substitution of materials. As leaders have made a deviation from the costs of ecology, because of legal regulations, towards opportunity costs of ecology – the loss of resources, loss in profitability, diminished value of products for consumers, the ecology and economy have found themselves at the same level. The sustainable economy of the 21st Century will be green economy [3].

In researches of 29 leading chemical plants [1], 181 new technologies for pollutant reduction have been discovered. Only one of them has caused increase of costs. Out of 70 activities on products, 68 has shown rise of productivity, 7% of them at annual level. 48 activities have been carried out without capital, two thirds of the remaining activities paid off within 6 months or in shorter time. In the mass of these activities, 1 dollar of expenditure for preventing pollution has brought 3.49 dollars of increased revenue. In 1990, the prohibition of the CFC because of ozone brought about disturbing titles in newspapers on disappearance of refrigerator, but luckily the companies dealt with innovations and not with reading black forecasts. The modern industry is based on propane-isobutene. The results are: 10% greater power efficiency and 5% lower final prices for consumers. What stand should the leaders and business organization take in these industries? The authors message is the following:

- Direct and indirect impacts on environment are to be compared.
- It should be learnt how to recognize opportunity costs of insufficiently used resources.
- Atmosphere in an organization stimulating innovative solutions increasing production should be created.
- They should be proactive in defining new type of relationships with regulation makers and ecologists.

We would like to add another one, the primary one [4]. They should, with the assistance of leaders of changes, on a democratic basis, create a high-performance organization. That type of leader named eco leader would be a champion of green development.

3.DEMOCRACY AND LEADERSHIP

The democracy, the greatest of all social experiments, has not yet been rounded up nor finalized either. The democracy is being transformed. And it supports transformation. The democracy is related to people [4] and the rule how we live our lives, how we behave at work, what principles and values we adhere to, what kind of

authorities we have on local and higher levels, and what are our hopes for the future. The democracy inspires the freedom, equality, individual values, justice, and openness. The democracy is open and sensitive to changes. A democratic organization is based on people who are free, intelligent and competent. The democracy is not one man – one voice, everyone-does-what-he-pleases, chaos and anarchy. It is highly organized, purposeful, accountable and disciplined.

The democracy is inevitable because it is the only system able to cope with the requirements of the modern civilization changes, both in business and in political sense [5]. In the past the business leaders were of opinion that the democracy was beautiful but not efficient in the business world. Their attitude was the “democracy is a good thing for good people, but they do not work for me”. The history has shown that nations with democratic systems have had relatively richer and more stable development than those with authoritative regimes that have been suffocating either in blood or in poverty. The democracy has been the only one that has coped with the requirements of the modern civilization changes, and it may be said that it is the only one capable of adapting itself to changes in the future as well. The practice also shows that growing number of business organizations are aware of efficiency of the democracy, not only the newly founded ones but also those with a long tradition, and they implement it successfully.

It is well known that most of the scientific institutions have always had a democratic system of organization. In the atmosphere of equality, liberalism and pluralism the forms stimulating new and more advanced ideas have been built. This is necessary to be done in the green economy as well – particularly when a change is omnipresent and when new creativity is needed. For these organizations the democracy is not an idealistic concept but an everyday reality based on effectiveness. The democracy is becoming a necessity whenever a social system strives for survival under the conditions of chaotic changes. For the organization to subsist and survive, it has to be prepared to everything and to be future-oriented, it has to develop products, services and technologies irrelevant for the present, if they may be relevant for the future.

The leader who is required to create a business environment of high-performance is undoubtedly a democratic leader [6]. Democracy is the basis of leadership because it is the only system that can cope with the demands of changes of modern civilization. The success of sustainable economic reforms depends on a series of small steps towards the establishment of high-performance with smaller organizations, organizations on the basis of a new philosophy, functions and forms of leadership, as well as the vision and values, change the strategy, structure and system of the organization.

The ideal of an organization of the future is a model preparing an enterprise to successfully face many complex problems and to respond to them in a manner which would be of utmost benefit for it [7]. In such an organization the power is not on the top but in leader's working teams. The power lies in the position, but the root of power is in expert knowledge of the team members. Such teams and organizations may not be managed in an autocratic manner.

A new leader is certainly not an autocrat but a democrat. A democrat will succeed to stimulate and motivate. A democrat will know how to use all potentials. A democrat will allow the leader's jobs to descend from the top level to the team level. A democrat will strengthen teams and team work. Such approach is the right approach that will contribute creating high performance organizations because such organizations are a set of strengths of all teams and team members in them. It may not be designed by a wish of any brilliant individual in the top position; it may be designed only if a vision of all people in the organization is a common one. Thus, the democracy lies in the core of high performance organization and a democratic leader - the leader eliminating the worn-out hierarchical systems in management, is the right type of leader for a high performance organization.

4.ECO LEADER

The best way to obtain an answer about an eco leader would be by doing researches on leaders of effective companies [8]. Out of 1,435 companies from the Fortune 500 in the period 1965-1995, by using the process of selection, it was found that there were companies which had index of growth at least three times greater than the New York Stock Exchange average, and they maintained it for at least 15 years. Such companies are called great companies. They had to be good companies that had rate of growth of shares at least 1.25 times greater than the Stock Exchange rate. They had to be the companies already existing and not the newly established ones, while their success should have not stemmed out of the economic branch success. The final number of such companies was 11, with an average growth of 6.9 times greater than the average growth of American economy. A dollar invested in these companies in 1965 after 30 years was worth 471 dollars, while investing in general markets would have rejected 56 dollars. In the paper they were compared with good companies of similar size and age, in the same branch and with similar products and services. Also, a group of unstable companies was introduced having some similarities but which had a distinctive peak in growth and fell fast, with the cycle that lasted less than 10 years. It is important to notice that with great companies the criterion was to further maintain the growth of shares at the time of researches.

The greatest shock for researchers was that all 11 great companies had leaders which were of the "same kind" [9]. The leaders leading great companies are called the level 5 leader. Level 1 includes individual competency, level 2 the team work skills, level 3 a competent manager, level 4 a traditional leader. Level 5 contains all from the preceding levels along with an "extra dimension": paradoxical mixture of personal modesty and professional will. A level 5 leader directs his ego further from himself setting as his higher goal the creation of a great company. This does not mean that he is not ambitious, he is actually very ambitious, however, his ambitions are directed towards the institutions and not towards his own self. An interesting dual character of personality is reflected with them: modest, but willful, humble, but fearless. They as a rule do not speak about themselves but about the organization. The researches show that they as a rule come "out of home" contrary to the leaders of the compared and vanished companies. The compared companies have engaged six times more outsiders for the leadership position. Also, compared to them a level 5

leader appoints his successor at quite early stage and trains him for a successor. They will stoically and uncompromisingly do all that is necessary for the existence and growth of their organization. They are fanatically infected with producing results. When they speak about their success they say that they have been lucky. When they speak about failures they blame only themselves. Level 4 leaders do the very opposite, for their failures they blame bad luck, while they ascribe a success to their credit. I would like to notice once again that level 5 leader is not an ideological guideline, but an empirical fact.

Collins [10] has gathered a great base of level 5 leaders from all spheres of society. He has concluded that in human population there are much more of such leaders than of egocentric ones who are more represented in media. Our culture and media like leaders who are greater-than-life, and those quiet, modest and effective ones. The problem is not in shortage of the level five leaders. They are actually everywhere around us. The dynamic changes expected in this century will condition our attention towards them so that green economy and sustainable society could successfully cope with changes, because they are the key to overcoming them effectively. The task of society will be to identify, cultivate and develop them.

Effective eco leaders [11]:

- Define mission of an organization as a framework for performing environmental activities.
- Create eco-friendly environment in which people are not only esteemed but also encouraged to achieve their full potential, where everyone is treated equally.
- Shape corporate culture in order to replace conformity, obedience and mechanical behavior with eco-friendliness, creativity, autonomous and continual learning.
- Transform organizational forms from a rigid pyramid towards the fluid circle, towards the developed network of autonomous units.
- Encourage innovating, experimenting and risk taking.
- Anticipate the future by reading the present.
- Make new bonds within organizations and new connections within collaborating teams.
- Establish new alliances outside their organizations.
- Constantly study organizational forms of both their own organizations and those advanced in ecologically sustainable environment.
- Identify environmentally hazardous links and replace them.
- Think globally rather than nationally or locally.
- Identify and respond to new and unforeseeable needs of collaborators.
- They are proactive, not reactive, and comfortable towards ambiguity and uncertainty.
- For them eco-friendliness is not an option, but the focal point.

5.CONCLUSION

Very vivid connections among ecology, democracy, and leadership have built a clear path toward an ecological leadership. The eco leaders are a basis for democratic

development in modern green economy, in which the power is distributed and not concentrated. It is crucial that he/she accepts the human nature as such and to respond to it. A level 5 eco leader will succeed in responding to changes of this century. Eco leader would be a champion of the green development and an engine of the green economy. For them eco-friendliness is not an option, but the focal point of their vision.

REFERENCES

- [1] M. Porter and C. Van der Linde, "Green and Competitive: Ending the Stalemate," in *Strategy and Competition: The Porter Collection*, M. Porter and J. Magretta, Eds. Harvard Business Review Press, 2014, pp. 347–372.
- [2] T. Janovac, M. Brzaković, P. Radanov, and P. Brzaković, "Ekološke inovacije u službi održivog razvoja," *Ecologica*, vol. 25, no. 89, pp. 41–46, 2018.
- [3] J. Premović, N. Đokić, L. Arsić, and R. Micić, "Zelena ekonomija - održiva ekonomija XXI veka," *Ecologica*, vol. 25, no. 91, pp. 512–516, 2018.
- [4] S. Adžić, *Leadership in the High Performance Organizations*. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2017.
- [5] E. Markopoulos and H. Vanharanta, "Project teaming in a democratic company context," *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 19, no. 6, pp. 673–691, Nov. 2018, doi: 10.1080/1463922X.2018.1439543.
- [6] Z. Kaličanin and M. Kaličanin, "The importance of leadership for sustainable development of Serbia," *Ecologica*, vol. 21, no. 74, pp. 232–236, 2014.
- [7] M. Petković, N. Jančićević, and B. Bogičević Milikić, *Organizacija: teorije, dizajn, ponašanje, promene*. Beograd: Ekonomski fakultet, 2014.
- [8] J. Collins, *Good to Great: Why Some Companies Make the Leap...And Others Don't*. Harper Business, 2011.
- [9] J. Collins, "Level 5 Leadership," in *The Jossey-Bass Reader on Educational Leadership*, John Wiley & Sons, 2009, pp. 27–50.
- [10] J. Collins, "Good to Great - (Why Some Companies Make the Leap and others Don't)," *NHRD Network Journal*, vol. 2, no. 7, pp. 102–105, Oct. 2009, doi: 10.1177/0974173920090719.
- [11] W. Bennis and W. G. Bennis, *On Becoming a Leader*. Createspace Independent Pub, 2010.

Бодянський Є.В., Костюк С.О. (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна)

АВТОМАТИЧНО НАЛАШТОВАНИЙ ЛІНІЙНИЙ БЛОК (ACLU) ДЛЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ПРЯМИМ ПОШИРЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ

Запропоновано нову функцію активації для використання в глибинних штучних нейронних мережах з прямим поширенням інформації – автоматично налаштований лінійний блок (ACLU). ACLU поєднує переваги лінійних блоків типу ReLU та SiLU з можливістю автоматичного налаштування форми та амплітуди в процесі навчання. Навчання виконується за допомогою стандартної процедури зворотного поширення помилки. Проведено експериментальне дослідження ефективності застосування ACLU в штучній нейронній мережі для класифікації текстових фрагментів. Ключові слова: функція активації, автоматично налаштований лінійний блок, синаптичні ваги, нейронна мережа з прямим поширенням інформації.

Proposed the new activation function for usage in feed-forward deep neural networks – automatically configurable linear unit (ACLU). ACLU combines the benefits of ReLU-like and SiLU-like units with the ability of automatic configuration of the shape and amplitude during the training process. The training is performed with the standard error back-propagation procedure. Performed and experimental evaluation of the ACLU application effectiveness in the artificial neural network for the text fragment classification. Keywords: activation function, automatically configurable linear unit, synaptic weights, feed-forward neural network.

Вступ

За останні десять років, з 2011 по 2021 роки, глибинні штучні нейронні мережі (deep artificial neural networks, DNNs) здійснили справжню революцію у сфері обробки даних [1-2]. Системи на основі штучних нейронних мереж замінили класичні засоби машинного перекладу, розпізнавання та класифікації зображень, а також набирають популярності у сфері обробки, аналізу та створення програмного коду [3-8].

В залежності від вирішуваної задачі, використовуються штучні нейронні мережі (ШНМ) різних архітектур, що складаються з різних базових блоків та їх з'єднань. Експериментально визначено, що збільшення кількості налаштованих параметрів дозволяє підвищити здатність ШНМ до визначення прихованих взаємозв'язків між даними, створення складних моделей досліджуваного об'єкта чи явища, а також досягати результатів обробки даних, що перевершують можливості людей-експертів [9]. Протилежною стороною збільшення кількості налаштованих параметрів є складності навчання ШНМ з

такими параметрами, а саме: проблема затухаючого градієнта (the vanishing gradient problem), надмірна адаптація до вхідних даних тренувального набору (overfitting), а також підвищені вимоги до ресурсів систем, що виконують навчання (training) та логічний вивід (inference) для цих ШНМ.

Таким чином актуальною є проблема підвищення здатності ШНМ до виводу складних взаємозв'язків в даних без експоненціального підвищення кількості налаштованих параметрів, збільшення часу навчання ШНМ та зростання вимог до апаратних ресурсів системи. До можливих напрямків досліджень зокрема належать зміна архітектури ШНМ, додання надлишкових зв'язків (skip-connections, redundant connections) [10] та заміна активаційних функцій на адаптивні функції активації з налаштованими параметрами [11-13].

Метою роботи є розробка функції активації, що здатна автоматично адаптуватися до загальної архітектури ШНМ, особливостей вирішуваної задачі та вхідних даних для забезпечення оптимальних результатів розпізнавання, аналізу та обробки вхідних даних. Необхідною умовою для такої функції є універсальність та здатність замінити собою активаційні функції, що вже застосовуються при побудові ШНМ з прямим поширенням інформації (feed-forward neural networks, FFNNs), зокрема – ReLU [14] та SiLU [15].

1. Автоматично налаштований лінійний блок у складі нейрону ШНМ

Базовим блоком ШНМ, у тому числі ШНМ з прямим поширенням інформації, є штучний нейрон – блок, що складається з множини входів, кожному з яких відповідає значення-множник (ваги, weights), елементів складання та функції активації. Модель штучного нейрону можна описати наступною формулою:

$$\hat{y} = f(z) = f\left(b_0 + \sum_{i=1}^n w_i z_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^n w_i z_i\right) = f(w^T z),$$

де \hat{y} – вихідний сигнал нейрону, f – нелінійне перетворення функції активації, n – кількість вхідних сигналів нейрону, $i \in [1, n]$, x_i – елемент вектора вхідних сигналів, w_i – елемент вектора синаптичних ваг (synaptic weights), що відповідає i -му входу нейрона, w_0 та b – зміщення (bias), z – внутрішній сигнал, що є аргументом функції активації.

Одними з широко вживаних популярних функцій активації є ReLU та SiLU. ReLU відноситься до класу кусково-лінійних функцій та реалізує перетворення вигляду:

$$\text{ReLU}(z) = \begin{cases} z, & z > 0 \\ 0, & z \leq 0 \end{cases},$$

де z – вхідний сигнал функції активації.

У порівнянні з альтернативними функціями, такими як сігма-функція (sigmoid function), ReLU не страждає від проблеми затухаючого градієнта, а обчислення значення функції може бути реалізовано за мінімальну кількість обчислювальних операцій на комп'ютерах загального призначення. Однак ReLU не є гладкою функцією, а значення градієнту для від'ємних значень дорівнює нулю, що призводить до «відмирання» сегментів мережі в процесі навчання глибоких ШНМ.

SiLU є альтернативою функції ReLU, що реалізує перетворення вигляду:

$$\text{SiLU}(z) = zS(z) = \frac{z}{1 + e^{-z}},$$

де z – вхідний сигнал функції активації, S – сігма-функція.

SiLU має властивості гладкої функції, не страждає від проблеми затухаючого градієнта, а також повторює форму ReLU на значеннях, близьких до $\pm\infty$. Однак SiLU не має налаштованих параметрів та не здатна змінювати власну форму та амплітуду в процесі навчання, що зменшує апроксимуючу здатність ШНМ.

Для поєднання переваг функції SiLU з перевагами адаптивних функцій, ми пропонуємо автоматично налаштований лінійний блок (automatically configurable linear unit, ACLU) – активаційну функцію за налаштованими параметрами форми та амплітуди вигляду:

$$\text{ACLU}(z) = \zeta z S(\rho z) = \frac{\zeta z}{1 + e^{-\rho z}},$$

де z – вхідний сигнал функції активації, S – сігма-функція, ρ – налаштований параметр форми функції та ζ – налаштований параметр амплітуди.

Варто зазначити, що функція ACLU здатна повторювати форму та амплітуду інших функцій. Зокрема при $\rho=1$, $\zeta=1$ функція ACLU приймає форму функції SiLU, а за значень $\rho=+\infty$, $\zeta=1$ – функції ReLU. Таким чином функція ACLU є універсальною та здатна замінити SiLU та ReLU у глибоких ШНМ.

Будова нейрона ШНМ з активаційною функцією ACLU зображена на рис. 1.

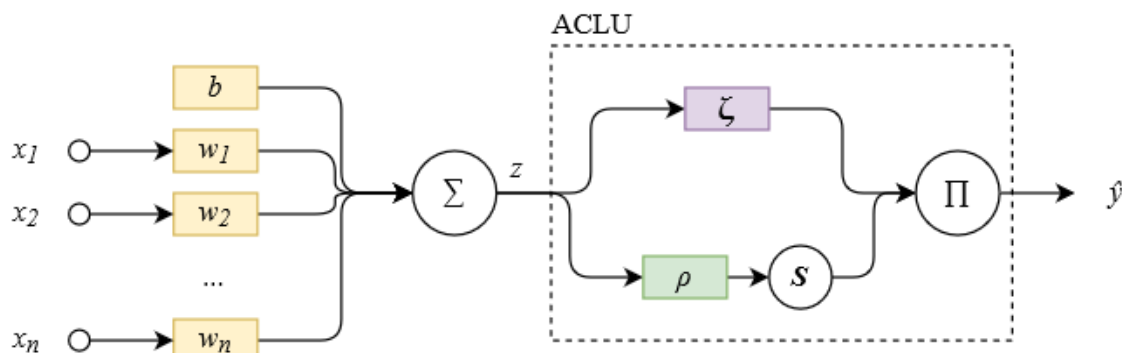


Рисунок 1 – Штучний нейрон з активаційною функцією ACLU

2. Експериментальні результати

Ефективність застосування функції ACLU в ШНМ було досліджено для задачі категоризації текстових фрагментів на наборі даних IMDB Movie Review Dataset (aclImdb) [16]. Базовою архітектурою ШНМ є багат шарова одномірна згорткова ШНМ [17]. У процесі оцінки базова архітектура, порядок ініціалізації ваг, вхідні дані, алгоритм навчання та інші параметри ШНМ залишалися незмінними, змінювались тільки активаційні функції, що використовуються в ШНМ, а також початкові значення параметрів активаційних функцій для ШНМ з використанням ACLU.

Набір даних aclImdb складається з 50 000 розмічених текстових фрагментів – відгуків користувачів сервісу IMDB на популярні фільми. Кожному фрагменту відповідає спеціальне позначення – «1» для позитивних відгуків (від 6 до 10 «зірочок») та «0» для негативних відгуків (від 1 до 5 «зірочок»). Розподілення між множиною тестових та тренувальних даних: 1 до 1, по 25 000 фрагментів на множину. Кількість позитивних та негативних відгуків теж є збалансованою, відношення: 1 до 1.

ШНМ для класифікації складається з наступних шарів:

- шар векторного представлення даних (embedding layer) з максимальною довжиною послідовності 500 елементів та розмірністю вектора 128 чисел;
- шар випадкового виключення (dropout layer) з вірогідністю 50%;
- 2 шари одномірної згортки з вікном шириною 7 елементів та функцією активації;
- шар глобальної вибірки максимального значення (global max pooling);
- повнозв'язний шар з 128 вихідними сигналами та функцією активації;
- шар випадкового виключення (dropout layer) з вірогідністю 50%;
- повнозв'язний шар з 1 вихідним сигналом та сігма-функцією активації.

Навчання виконано протягом 20 епох з функцією помилки binary cross-entropy та оптимізатором RMSprop [18] з кроком 0.001. Для кожного з варіантів мережі експеримент проведено 20 раз для отримання середніх результатів точності класифікації на тестовому наборі.

У якості функції активації для всіх шарів, окрім найближчого до виходу мережі, використані ReLU та ACLU з початковими значеннями параметрів $\rho=1e9$, $\zeta=1$, що відповідають ReLU-подібній ініціалізації.

Імплементация виконана на основі фреймворку Tensorflow [19] версії 2.7.0 у середовищі з Python 3.8.2 та CUDA-прискорювачем NVIDIA GTX 1650 Max-Q.

Середні результати значення функції похибки та точності класифікації на тестовому наборі даних після 20 епох навчання ШНМ для кожного з варіантів ШНМ наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання протягом 20 епох – показники функції похибки та точності класифікації на тестовому наборі даних для штучних мереж на основі ReLU та ACLU з різними варіантами ініціалізації параметрів ζ та ρ

Базова функція	Ініціалізація ζ та ρ	Значення похибки	Точність класифікації, %
ReLU	–	1,515	86,77
ACLU	ReLU-подібна	1,316	87,18

Експериментальні результати показують, що штучна нейронна мережа на основі ACLU показує у середньому на 0.4% кращу точність класифікації та на 0,199 нижче значення функції помилки у порівнянні з базовою реалізацією на основі ReLU. Подальше покращення результатів точності класифікації можливе за умови додаткової попередньої обробки та очистки вхідних даних від шуму, зміни базової архітектури ШНМ, використання інших початкових значень параметрів ρ та ζ , а також введення спеціалізованих процедур зворотного поширення помилки та налаштування параметрів мережі.

ВИСНОВКИ

Запропоновано нову активаційну функцію як альтернативу функціям виду ReLU та SiLU – автоматично налаштований лінійний блок (ACLU). Запропонована активаційна функція поєднує стійкість до проблеми затухаючого градієнта з автоматичним налаштуванням форми та амплітуди, що призводить до збільшення параметричної ємності та апроксимуючої здатності ШНМ. Зазначено, що ACLU здатна приймати форму ReLU та SiLU, а отже може застосовуватися як заміна згаданих функцій у поширених архітектурах ШНМ.

Експериментально визначено, що використання функції ACLU без зміни алгоритму навчання, архітектури мережі та інших параметрів дозволяє покращити значення функції похибки та точності класифікації на задачі текстових фрагментів.

Серед напрямків майбутнього дослідження доцільно виділити введення спеціалізованих процедур зворотного поширення помилки, дослідження впливу порядку ініціалізації параметрів ρ та ζ , на показники роботи мережі, а також створення універсальної функції активації, що здатна покрити такі додаткові функції, як сігма-функція та *tanh*.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Schmidhuber J. *Deep learning in neural networks: An overview*. *Neural Networks*. 2015. Т. 61. С. 85–117. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003> (дата звернення: 26.11.2021).
2. Aggarwal C. C. *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer, 2018. 497 с.
3. *Evaluating Large Language Models Trained on Code* / V. Misra та ін. 2021. 35 с. (Препринт. arXiv:2107.03374v2).
4. *Facebook AI WMT21 News Translation Task Submission* / C. Tran та ін. 2021. 11 с. (Препринт. arXiv:2108.03265v1).

5. *Beyond English-Centric Multilingual Machine Translation. Journal of Machine Learning Research.* 2021. Т. 22, № 107. С. 1–48.
6. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. *ImageNet classification with deep convolutional neural networks. Communications of the ACM.* 2017. Т. 60, № 6. С. 84–90. URL: <https://doi.org/10.1145/3065386> (дата звернення: 26.11.2021).
7. Simonyan K., Zisserman A. *Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 : Conference Track Proceedings, м. San Diego, CA, 7–9 трав. 2015 р. / ред.: Y. Bengio, Y. LeCun.* 2015.
8. *CoAtNet: Marrying Convolution and Attention for All Data Sizes / Z. Dai та ін. 2021. 18 с. (Препринт. arXiv:2106.04803v2).*
9. *Language Models are Few-Shot Learners / T. Brown та ін. Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020) : Proceedings, 6–12 груд. 2020 р. / ред.: H. Larochelle та ін. Red Hook, NY, United States, 2020. С. 1877–1901.*
10. *Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He та ін. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), м. Las Vegas, NV, USA, 27–30 черв. 2016 р. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.90> (дата звернення: 26.11.2021).*
11. *A survey on modern trainable activation functions / A. Apicella та ін. Neural Networks.* 2021. Т. 138. С. 14–32. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.01.026> (дата звернення: 26.11.2021).
12. Tanaka M. *Weighted sigmoid gate unit for an activation function of deep neural network. Pattern Recognition Letters.* 2020. Т. 135. С. 354–359. URL: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.05.017> (дата звернення: 26.11.2021).
13. *Universal activation function for machine learning / B. Yuen та ін. Scientific Reports.* 2021. Т. 11, № 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96723-8> (дата звернення: 26.11.2021).
14. *Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification / K. He та ін. CoRR.* 2015. Abs/1502.01852.
15. Elfwing S., Uchibe E., Doya K. *Sigmoid-weighted linear units for neural network function approximation in reinforcement learning. Neural Networks.* 2018. Т. 107. С. 3–11. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2017.12.012> (дата звернення: 26.11.2021).
16. *Learning Word Vectors for Sentiment Analysis / A. L. Maas та ін. Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, м. Portland, Oregon, 19–24 черв. 2011 р. Stroudsburg, Pennsylvania, 2011. С. 142–150.*
17. Chollet F. *Keras documentation: Text classification from scratch. Keras: the Python deep learning API.* URL: https://keras.io/examples/nlp/text_classification_from_scratch/ (дата звернення: 26.11.2021).
18. Hinton G., Srivastava N., Swersky K. *Neural networks for machine learning lecture 6a overview of mini-batch gradient descent. Department of Computer Science, University of Toronto.* URL: https://www.cs.toronto.edu/~tijmen/csc321/slides/lecture_slides_lec6.pdf (дата звернення: 26.11.2021).
19. *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems / M. Abadi та ін. URL: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en/pubs/archive/45166.pdf> (дата звернення: 26.11.2021).*

Гітис В. Б., Дамян Д. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАФІЧНИХ ОБРАЗІВ

У статті розглядається можливість застосування засобів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для розпізнавання графічних образів. Проаналізовано один із способів розпізнавання графічних образів, а саме використання машинного зору через бібліотеку TensorFlow та навчання за вибіркою. Для реалізації зазначеного підходу вибрана вибірка, що містить 50000 картинок. Проаналізовано чинники, що впливають на кількість нейронів кожної мережі. Визначається мінімально необхідне для вирішення задачі число нейронів. Для тестування мереж використовуються тест з декількох картинок.

The article considers the possibility of using artificial intelligence, in particular neural networks, to recognize graphic images. One of the ways of recognizing graphic images is analyzed, namely the use of machine vision through the TensorFlow library and sampling training. To implement this approach, a sample containing 50,000 images was selected. Factors influencing the number of neurons in each network are analyzed. The minimum number of neurons required to solve the problem is determined. A multi-picture test is used to test networks.

Завдання пошуку зображення за зразком є частиною більш загальної задачі розпізнавання образів. При несистематизованому і ненаправленому пошуку «схожих» об'єктів з безлічі об'єктів, їх можна перераховувати нескінченно довго і не прийти до завершення із заданою ймовірністю. В окремих випадках об'єкти характеризуються такими ідентифікаційними параметрами (ознаками), як форма, колір, положення, рухливість, за відмінними рисами, їх комбінації і т. п. Залежно від цих факторів об'єкти класифікуються. Часто стоїть не глобальна задача класифікації всіх навколишніх об'єктів, а необхідність виділити в відео-поточці, що надходить, об'єкти певного роду.

Робота із зображеннями – важлива сфера застосування технологій Deep Learning. Глобально усі зображення з усіх камер світу становлять бібліотеку неструктурованих даних. Задіявши нейромережі, машинне навчання та штучний інтелект, ці дані структурують та використовують для виконання різних задач: побутових, соціальних, професійних та державних, зокрема, забезпечення безпеки.

Основою всіх архітектур для відеоспостереження є аналіз, першою фазою якого буде розпізнавання зображення (об'єкта). Потім штучний інтелект за допомогою машинного навчання розпізнає дії та класифікує їх.

Метою роботи є дослідження точності роботи згорткової нейронної мережі при розпізнаванні графічних образів.

Для створення нейронної мережі буде використано бібліотеку Keras. Keras – відкрита бібліотека, написана мовою Python і забезпечує взаємодію зі штучними нейронними мережами. Вона є надбудовою над фреймворком TensorFlow (очі нейронної мережі).

Щоб класифікувати зображення за відповідними категоріями, ми збудуємо модель CNN (згорткова нейронна мережа). CNN найкраще підходить для класифікації зображень.

Варто виділити явні переваги згорткової нейронної мережі:

- один з кращих алгоритмів розпізнавання та класифікації зображень;
- у порівнянні з прямоспрямованою нейронною мережею (типу перцептрону) – набагато менша кількість ваг, що настроюються, оскільки одне ядро ваг використовується цілком для всього зображення, замість того, щоб робити для кожного пікселя вхідного зображення свої персональні вагові коефіцієнти. Це підштовхує нейромережу при навчанні до узагальнення інформації, що демонструється, а не по піксельному запам'ятовування кожної показаної картинки в міриадах вагових коефіцієнтів, як це робить перцептрон;
- зручне розпаралелювання обчислень, а отже, можливість реалізації алгоритмів роботи та навчання мережі на графічних процесорах;
- відносна стійкість до повороту та зсуву зображення, що розпізнається.
- навчання за допомогою класичного методу зворотного поширення помилки.

Шар CONV (шар згортки) помножує значення фільтра на вихідні значення пікселів зображення (поелементне множення), після чого всі ці множення підсумовуються. Кожна унікальна позиція введеного зображення виробляє число. У роботі використовувалося зображення 64x64 і тому обсяг дорівнював 4096. При застосуванні фільтра 5x5 для матриці 64x64, згорткове зображення буде мати масив 60x60. Приклад зображено на рис. 1.

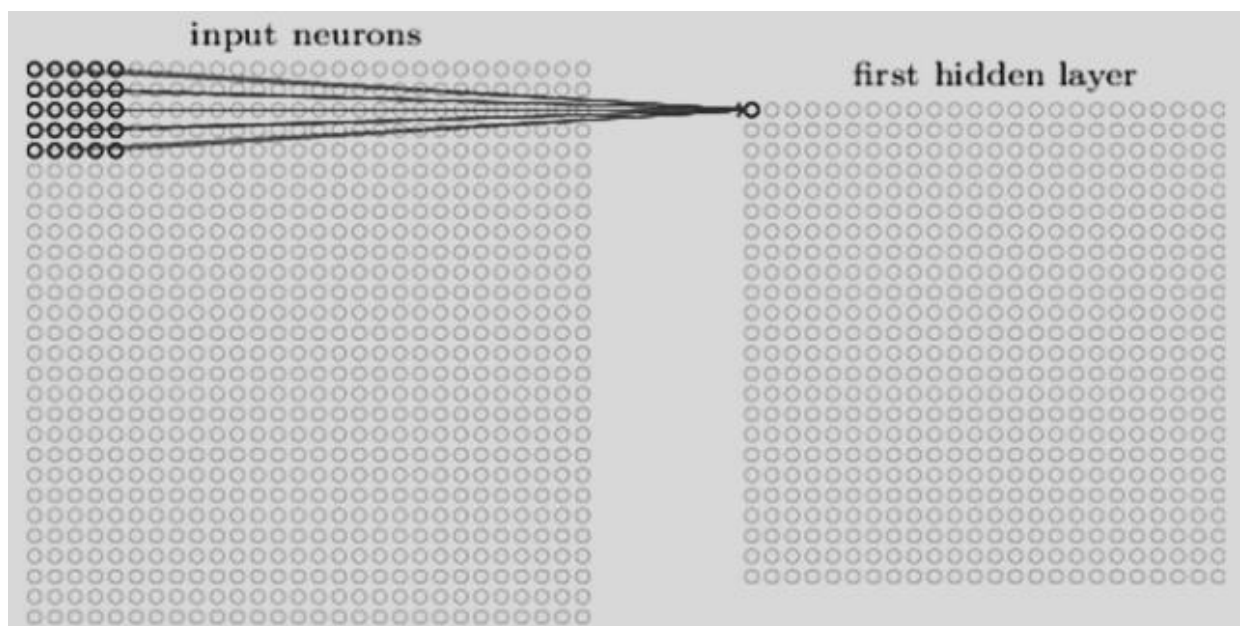


Рисунок 1 – Згортання зображення.

Для поділу даних з вибірки на навчання та тестування, використовувалося 80% зображень для навчання та 20% для тестування. Це типовий поділ для такого обсягу даних (50000 картинок).

Після перевірки кількості існуючих класів і зображень у навчальному наборі для кожного класу, можна побудувати діаграму розподілу класів (рис. 2).

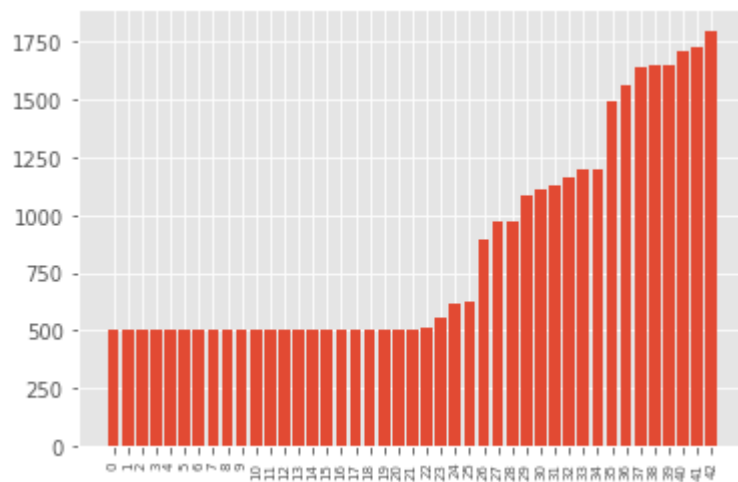


Рисунок 2 – Діаграма розподілу класів

На рисунку 3 продемонстрований процес навчання нейронної мережі.

```

567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.6790 - accuracy: 0.8676 - val_loss: 0.1402 - val_accuracy: 0.9831
Epoch 4/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.5387 - accuracy: 0.8472 - val_loss: 0.1030 - val_accuracy: 0.9713
Epoch 5/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.4464 - accuracy: 0.8687 - val_loss: 0.0879 - val_accuracy: 0.9760
Epoch 6/25
567/567 [=====] - 130s 229ms/step - loss: 0.4170 - accuracy: 0.8775 - val_loss: 0.0663 - val_accuracy: 0.9805
Epoch 7/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.3628 - accuracy: 0.8950 - val_loss: 0.1140 - val_accuracy: 0.9693
Epoch 8/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.3505 - accuracy: 0.8956 - val_loss: 0.0588 - val_accuracy: 0.9837
Epoch 9/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.3239 - accuracy: 0.9063 - val_loss: 0.0595 - val_accuracy: 0.9847
Epoch 10/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.3062 - accuracy: 0.9107 - val_loss: 0.0459 - val_accuracy: 0.9866
Epoch 11/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.3161 - accuracy: 0.9067 - val_loss: 0.0488 - val_accuracy: 0.9861
Epoch 12/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.2939 - accuracy: 0.9148 - val_loss: 0.0499 - val_accuracy: 0.9885
Epoch 13/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.2791 - accuracy: 0.9180 - val_loss: 0.0463 - val_accuracy: 0.9867
Epoch 14/25
567/567 [=====] - 129s 228ms/step - loss: 0.2806 - accuracy: 0.9179 - val_loss: 0.0408 - val_accuracy: 0.9892
Epoch 15/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2679 - accuracy: 0.9205 - val_loss: 0.0425 - val_accuracy: 0.9888
Epoch 16/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2719 - accuracy: 0.9210 - val_loss: 0.0614 - val_accuracy: 0.9823
Epoch 17/25
567/567 [=====] - 128s 225ms/step - loss: 0.2627 - accuracy: 0.9221 - val_loss: 0.0481 - val_accuracy: 0.9864
Epoch 18/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2567 - accuracy: 0.9257 - val_loss: 0.0356 - val_accuracy: 0.9920
Epoch 19/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2673 - accuracy: 0.9251 - val_loss: 0.0450 - val_accuracy: 0.9892
Epoch 20/25
567/567 [=====] - 128s 226ms/step - loss: 0.2564 - accuracy: 0.9282 - val_loss: 0.0489 - val_accuracy: 0.9876
Epoch 21/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2507 - accuracy: 0.9273 - val_loss: 0.0500 - val_accuracy: 0.9876
Epoch 22/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2440 - accuracy: 0.9301 - val_loss: 0.0430 - val_accuracy: 0.9889
Epoch 23/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2404 - accuracy: 0.9292 - val_loss: 0.0381 - val_accuracy: 0.9902
Epoch 24/25
567/567 [=====] - 129s 227ms/step - loss: 0.2615 - accuracy: 0.9273 - val_loss: 0.0415 - val_accuracy: 0.9902
Epoch 25/25
567/567 [=====] - 128s 227ms/step - loss: 0.2377 - accuracy: 0.9316 - val_loss: 0.0510 - val_accuracy: 0.9871

```

Рисунок 3 – Процес навчання нейронної мережі

Як можна побачити, модель навчалася протягом 25 епох і досягла 93% точності на тренувальному наборі даних. На рис. 4 побудовано графік, який показує точність і втрати.

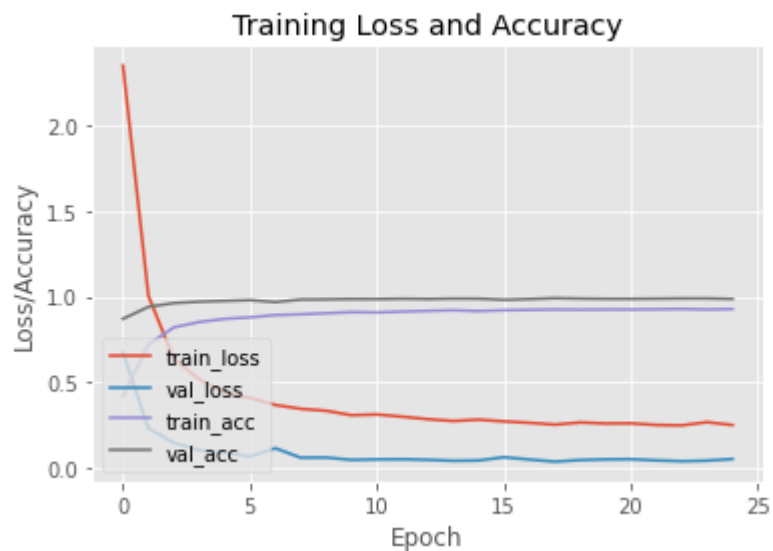


Рисунок 4 – Графік точності та втрат.

ВИСНОВКИ

1. В результаті виконання роботи була побудована згортова нейронна мережа для розпізнавання графічних образів.
2. За результатами навчання нейромережі була досягнута точності більш ніж 90%.

Ковалевський С.В., Чернокол А.В., Коротченко В.Е. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ МАЛО-ЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ.

Пропонується використовувати новий метод фінішної обробки - зміцнюючу віброобробку в упругому середовищі, що заснована на зміцненні тонкого поверхневого шару. Деталі піддаються поздовжнім або поперечним звуковим коливанням необхідної амплітуди. Згладжування мікронервностей відбувається при ППД частинками робочого середовища, які здійснюють коливальний рух. Застосування методу віброобробки в упругому середовищі, замінює термообробку за умови отримання необхідних параметрів поверхневого шару. Висновки запропоновані на підставі нейромережних моделей.

It is proposed to use a new method of finishing - strengthening vibration treatment in an elastic medium, based on the strengthening of a thin surface layer. The parts are subjected to longitudinal or transverse sound vibrations of the required amplitude. Smoothing of microroughnesses occurs at PPD by particles of the working environment which carry out oscillatory movement. Application of the method of vibration treatment in an elastic medium, replaces heat treatment provided that the required parameters of the surface layer. Conclusions are proposed on the basis of neural network models.

Довговічність машин визначається в основному якісним станом робочих поверхонь деталей, що формуються на фінішних операціях технологічних процесів. Наприклад, підвищення твердості деталей машин здійснюється різними технологічними методами, але вони занадто енергоємні, тривалі, конструкції для їх застосування займають занадто багато місця в цехах. Тому вельми актуальним є вирішення завдання розробки технологічної операції вібраційної обробки із застосуванням упругого середовища, яка може забезпечити необхідне підвищення твердості робочих поверхонь деталей машин.

Технологічне застосування звукових та інфразвукових коливань досить обмежене. Обсяг досліджень, виконаних у галузі вібраційної оздоблювально-зміцнюючої обробки, значно поступається відповідним дослідженням у галузі віброабразивної обробки, що стримує його застосування[1].

Як різновид поверхневого пластичного деформування (ППД) широке поширення отримали вібраційні методи обробки деталей, що відрізняються високою ефективністю. Вібраційна складова сприяє інтенсифікації різних технологічних процесів, підвищує рівень механізації та автоматизації. Підвищення ефективності упрочної технології здійснюється шляхом керування станом поверхневого шару вибором оптимальних режимів вібраційної обробки. Технологічні можливості вібраційної обробки роблять її перспективним методом зміцнюючої обробки[2].

Пропонується використовувати новий метод фінішної обробки - зміцнюючу віброобробку в упругому середовищі, заснована на зміцненні тонкого поверхневого шару. Практично кожна рідина забезпечує ретельну обробку поверхні і може застосовуватися для фінішної обробки деталей. Деталі піддаються поздовжнім або поперечним звуковим коливанням необхідної амплітуди. Теоретична модель процесу визначається опором рідкого середовища коливанням деталі, за рахунок відбору імпульсу рухомого тіла елементами упругого середовища. ППД визначається дією упругого середовища. У процесі обробки на поверхню деталей діє велика кількість мікроударів частинками робочого середовища. Згладжування мікронервностей відбувається при ППД частинками робочого середовища, які здійснюють коливальний рух.

Сутність зміцнюючої віброобробки в упругому середовищі наступна: деталь знаходиться у в'язкій рідині і здійснює гармонійні коливання в упругому середовищі, впливаючи на частинки середовища, прилеглі до поверхні, змушує їх здійснювати вимушені коливання. Середовище поблизу тіла коливається, деформується, і в ньому виникають пружні сили. Під пружними ударами робочого середовища шорсткість поверхні деталі пластично деформується, заповнюються западини на поверхні, що сприяє підвищенню твердості поверхневого шару [1].

Особливість методу полягає в тому, що робоче середовище легко приймає форму будь-якої оброблюваної поверхні, що забезпечує відносну рівномірність обробки і можливість зміцнювати деталі складної форми.

На підставі вищенаведених гіпотез і припущень розроблена методика експериментальних досліджень, яка передбачає виявити вплив зміцнюючої віброобробки в упругому середовищі на підвищення твердості і зниження шорсткості деталей типу пластин.

Основні технологічні параметри методу такі: робоче середовище, частота коливань, що визначає енергію зіткнення атомів робочого середовища з оброблюваною поверхнею, тривалість процесу обробки.

Принцип досліджень схематично можна описати у вигляді двох етапів:

1) пластина матеріалу характеризується наявністю власної частоти коливань f_0 ;

2) пластина занурюється в упруге середовище певного обсягу, після чого відбувається процес обробки:

- при частоті власних коливань;
- при частоті на 30% нижче власних коливань;
- при частоті на 50% вище власних коливань пластини.

За результатами експерименту за допомогою програмного забезпечення NeuroPro 0.25 була побудована математична модель на основі нейромережевого моделювання.

Експериментальні дані, отримані під час цієї роботи, дозволили виявити залежність твердості від частоти звукових коливань, а також залежність шорсткості поверхні від частоти звукових коливань.

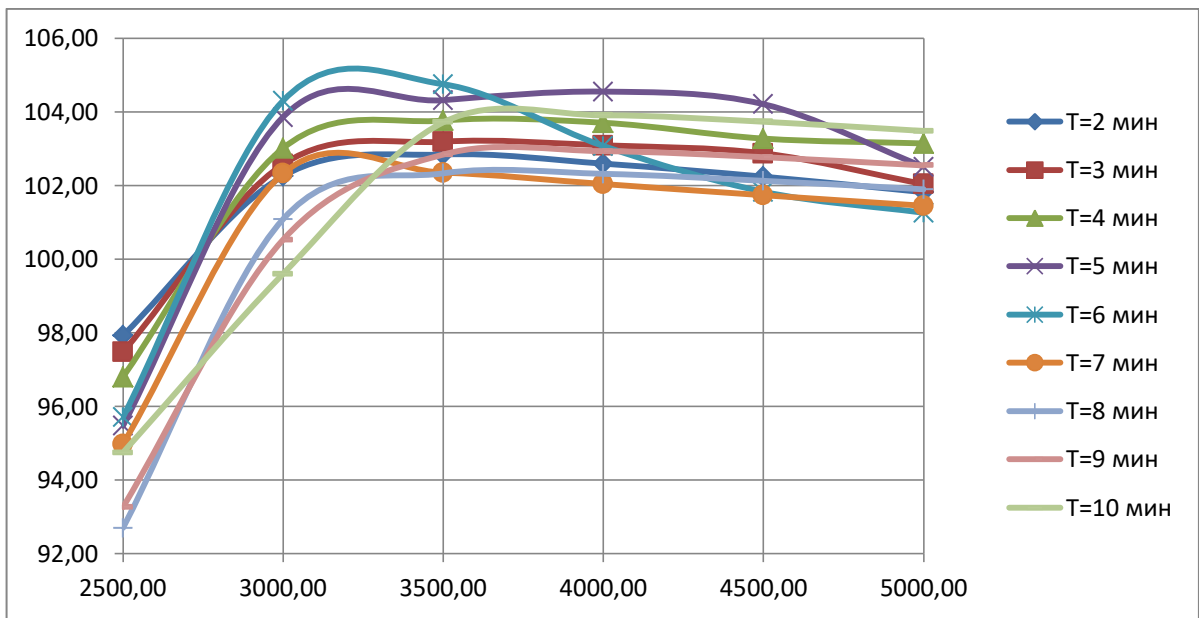


Рисунок 2 - Залежність твердості зразків від частоти звукових коливань при обсязі упругого середовища $V=200$ мл

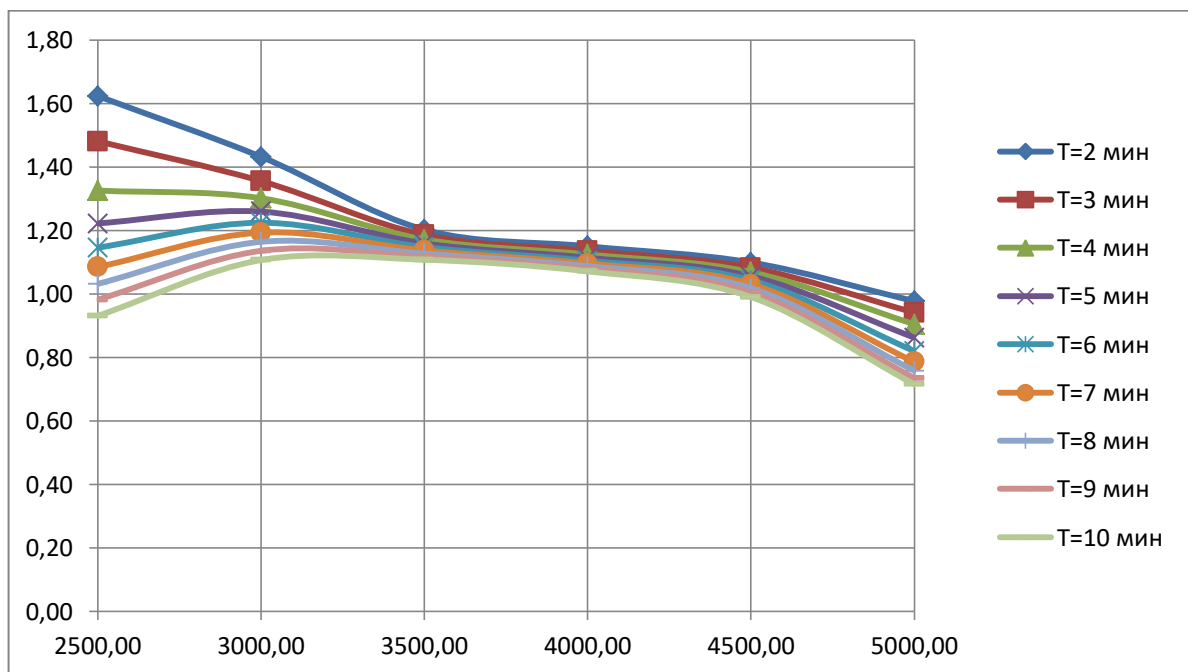


Рисунок 3 – Залежність шорсткості поверхні зразків від частоти звукових коливань при обсязі упругого середовища $V=300$ мл

На основі висунутих гіпотез, припущень і проведених досліджень, пропонується застосування методу віброобробки деталі в упругому середовищі, замінюючи термообробку даним методом, за умови отримання необхідних параметрів поверхневого шару.

Термічна обробка, як основний метод зміцнення деталей, є енергоємним технологічним процесом, вимагає великих виробничих площ і, крім того, є

неекологічним процесом. Зазначених недоліків позбавлений такий метод зміцнення, як віброобробка в упругому середовищі.

За рахунок впровадження нового методу зміцнення деталей машин після механічної обробки досягнуто:

- виключення енерговитрат порівняно з термічною обробкою деталей (немає необхідності використовувати печі для термічної обробки, що потребують великих споживань енергії);

- зменшення транспортних витрат при виготовленні деталей порівняно з термічним методом (немає необхідності транспортування деталей у термічний цех, оскільки віброобробка в упругому середовищі проводиться безпосередньо на ділянці механообробки);

- скорочення трудомісткості і часу операції зміцнення деталі порівняно з термічною обробкою.

Впровадження нової технологічної операції для зміцнення деталей машин дозволить зменшити плату за виробничі та оборотні фонди підприємства через скорочення тривалості циклу виготовлення деталей, а також дозволить поліпшити організацію виробництва на підприємстві, оскільки впровадження нової технологічної операції обробки виключить затримки з термічною обробкою в печах і порушення режиму роботи цехів.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження служать основою для створення простої і надійної конструкції вібраційної установки для зміцнення деталей в упругому середовищі. Експеримент дозволив виявити можливість підвищення твердості і зниження шорсткості на 10-15% при використанні зміцнюючої віброобробки в упругому середовищі. При використанні наповнювачів, показники зростають.

Запропонована гіпотеза потребує подальших розробок, досліджень, яка дозволить отримувати необхідні параметри поверхневого шару, виключити міжцехові переміщення деталей і використання спеціалізованого обладнання для підвищення якості поверхневого шару деталей машин.

Замінюючи термообробку цим методом, за умови отримання необхідних параметрів поверхневого шару, економиться досить багато енергії і норм часу, особливо для великогабаритних деталей машин.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Ковалевський С.В., Матвієнко С.А., Сакно О.П., Лукічов О.В. Аналіз засобів підвищення якості деталей автомобілів енергозаощаджувальною вібраційною обробкою// Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 45.-Львів:Видавництво Львівської політехніки, 2011. С. 309-312.

1.Смелянский, В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. М.: Машиностроение, 2002.-299 с

Кравець К.І., Шевченко Н.Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАСТРОЮ КОРИСТУВАЧА МОБІЛЬНОГО ТЕЛЕФОНУ.

Запропонована структурна схема системи розпізнавання емоцій користувача за індивідуальними характеристиками голосу та розглянуті основні етапи цієї системи. Для розпізнавання наявності певної емоції за голосом користувача мобільного пристрою пропонується використовувати нейронні мережі.

The flow diagram of the recognition system of user's emotions is offered on individual descriptions of voice and the basic stages of this system are considered. For recognition of presence of certain emotion after voice of user of mobile device it is suggested to use neural networks.

Емоції зазвичай визначають поведінку людини, впливають на рішення, які вона приймає. Саме тому визначення, а в деяких випадках і підтримка гарного емоційного стану користувача мобільного пристрою може відігравати важливу роль при використанні деяких додатків, а особливо тих, що пов'язані з комерцією. У зв'язку з цим, автоматична і об'єктивна діагностика емоційного стану людини представляє практичний інтерес, наприклад, задля покращення його емоційного стану користувача мобільного телефону.

Проблемі аналізу голосу людини присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних вчених та практиків. Так, наприклад, автори Клименко М. С. та Фомін Ф. В. запропонували структуру системи розпізнавання емоційного стану диктора, у праці Парамонова П. О. описані методи та алгоритми розпізнання мови в асоціативному осциляторному середовищі, підходи до автоматичного визначення емоцій наведені Кисельовим В. В., а щодо варіацій програмної реалізації методів обробки мовної інформації, то з ними можна познайомитися в праці Павлова Р.І. та інших авторів.

Однак залишаються невирішеними деякі питання використання певних математичних інструментів щодо діагности емоційного стану користувачів мобільних телефонів.

Метою роботи є побудова структурної схеми системи розпізнавання емоцій користувача за індивідуальними характеристиками голосу з використанням нейромережних технологій.

Пропонується наступна схема розпізнавання емоцій (рис. 1).



Рисунок 1. Структурна схема системи розпізнавання емоцій користувача за індивідуальними характеристиками голосу

До основних етапів системи розпізнавання емоцій користувача на основі аналізу його голосу через відповіді на певні запитання можна віднести:

1. Шумозниження [1]. У кожному звуковому фрагменті виконується розпізнавання наявності та зменшення амплітуди адитивних стаціонарних шумів за допомогою спектрального віднімання смуг, у яких не фіксується людський голос.

2. Обчислення характеристик прояву емоцій за наборами відрізків відповідей користувача, формування векторів ознак для подальшої класифікації [1]. Простір ознак містить сім акустичних, просодичних та екстралінгвістичних характеристик: висота голосу, сила голосу, відстань між форматами у голосних звуках, тривалість вимови складів, тривалість пауз, наявність кашлю, зітхань, плачу, сміху, зміна інтонації у реченні (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльний аналіз зміни вербальних характеристик для певних станів настрою людини відносно спокійного стану

Характеристики	Настрій				
	Чудовий	Гарний	Нормальний	Пригнічений	Поганий
Висота голосу, Гц	Значно підвищено (від 11%)	Підвищено (від 7%)	В діапазоні від -2 до +3%	Понижена (-8% й нижче)	Підвищено (від 4%)
Сила голосу, дБ	Підвищена (від 16%)	Підвищена (від 10%)	Підвищена (до 5%)	Понижена (-6% й нижче)	Підвищена (від 9%)
Відстань між форматами у голосних звуках, Гц	Збільшення відстані між F2 та F3 (на 5-8%)	Збільшення відстані між F2 та F3, особливо до звуків {О,А} (до 6%)	Зменшення відстані між F1 та F2 (до -2%)	Зменшення відстані між F1 та F2 (від -4%)	Збільшення відстані між F2 та F3 (від 5%)
Тривалість вимови складів, мс	Прискорена (від 9%)	Прискорена (від 6%)	—	—	—
Тривалість пауз,	—	—	Подовжено	Подовжено	Зменшена

мс			до 3%	від 5%	(від -6%)
Наявність кашлю, зітхань, плачу, сміху	Можливий сміх	Можливий сміх	Можливі зітхання	Можливі зітхання, плач	Можливі кашель, плач
Зміна інтонації у реченні, графік Гц від часу	Підвищення до кінця	Без змін	Без змін	Підвищення на початку	Підвищення на початку

3. Для отримання акустичних характеристик голосу використовуються згладжені спектри широких фонетичних класів, за якими розраховується висота голосу (основний тон), сила голосу та відстань між форматами у голосних звуках [1]. В основі спектрів широких фонетичних класів лежать Вейвлет-перетворення [2]. Характеристики тривалості вимови складів та пауз між словами обчислюються усереднено по реченню, а зміна інтонації у реченні є динамічною просодичною характеристикою. Для спрощення задачі класифікації інтонаційних особливостей різних мов, часова характеристика інтонації (висота тону) сегментується на наступні ділянки для кожного речення: підвищення тону до кінця речення; підвищення тону на початку речення; спад тону усередині речення; підвищення тону усередині речення. Екстралінгвістичними характеристиками є наявність у фрагментах пауз (шуму) однієї з акустичних подій, притаманних обраним емоціям: кашлю, зітхань, плачу, сміху.

4. На етапі прийняття рішення про емоційний стан користувача використовується сформований набір векторів ознак, який оцінюється за допомогою вирішального правила. Простим класифікатором виступає метод сумішей Гауса, який виконує оцінку приналежності набору векторів ознак до еталонної моделі користувача. Емоційна модель користувача представляє собою дані суміші Гауса, отримані за сьомя характеристиками голосу, і п'ять базових емоційних станів.

Відповідність певного набору характеристик до одного з базових емоційних станів визначається за допомогою нейронної мережі, а саме багатоварової нейронної мережі прямого розповсюдження з однорідними нейронами (рис. 2).

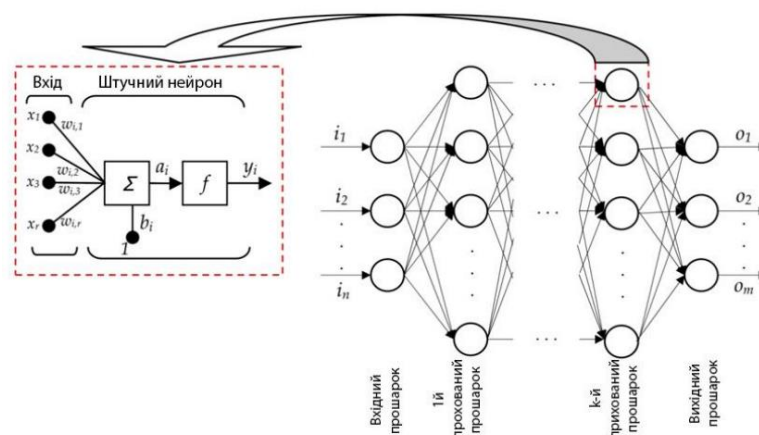


Рисунок 2. Загальна схема багатоварової нейронної мережі прямого розповсюдження [3]

Метод навчання – навчання з вчителем, тип вхідної інформації – двійкова мережа.

На вході нейронна мережа отримує двійкову інтерпретацію звукової доріжки, а на виході – відповідність звукової доріжки певному емоційному стану.

Для навчання алгоритмів розпізнавання використані дві мовні бази даних, що складаються із записів мовлення, котрі анотуються до передбачуваних емоцій мовця та / або емоцій, сприйнятих групою слухачів:

– Emo_DB (Burkhardt, Paeschke, Rolfes, Sendlmeier & Weiss 2005), яка містить записи десяти акторів, кожен з яких виголошує кілька речень із нейтральним семантичним змістом, вироблених з кожною із семи передбачуваних емоцій: щастя, смутку, гніву, страху, нейтралі, огиди та нудьги;

– Surrey Audio-Visual Expression Emotion (Savee) (Haq, Jackson & Edge 2008), яка містить записи чотирьох акторів, кожен з яких виконує 120 висловлювань, розподілених на сім передбачуваних емоцій: щастя, смутку, гніву, страху, нейтральності, огиди та здивування.

ВИСНОВКИ

У відповідності до наведеного алгоритму може бути створений мобільний додаток визначення настрою користувача мобільного телефону з наступним функціоналом: аналіз емоційного стану людини за голосом; надання мотиваційних повідомлень протягом дня, базуючись на визначеному настрої (емоційному стані); надання гумористичного побажання на день, опираючись на визначений емоційний стан користувача. Також технологія розпізнавання емоційного стану може бути використана у різноманітних сферах: соціальні мережі, маркет-плейси, медицина, а також відігравати роль потужного інструменту для збору даних про користувача (Big Data).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Клименко М. С. Розробка структури системи розпізнавання емоційного стану диктора / М. С. Клименко, Ф. В. Фомін // *Штучний інтелект*. — 2016. — № 1. — С. 17–26.
2. Вейвлет-преобразование [Електронний ресурс]. — URL: [Вейвлет-преобразование \(gwyddion.net\)](http://gwyddion.net).
3. Момот А. С. Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багат шарових матеріалів за результатами активного теплового контролю: дис. ... доктора філософії : 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» / А. С. Момот. – Київ, 2020. – 192 с.

Лахно В.А., Ахметов Б.С. (Национальный университет биоресурсов и природопользования, г.Киев, Украина; Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан)

АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ НА БАЗЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

Предложена модификация метода анализа иерархий ММАИ на основе применения аппарата теории нечетких множеств и нейронных сетей. Данный метод дает возможность менеджменту принимать обоснованные управленческие решения в сфере ИБ ОБИ. Полученные решения направлены на повышение не только собственно ИБ ОБИ, но, и в конечном счете, оптимизируют систему управления ОБИ, сокращают издержки и повышают эффективность бизнес-процессов ОБИ в целом.

A modification of the hierarchy analysis method is proposed MMAI based on the application of the apparatus of the theory of fuzzy sets and neural networks. This method enables management to make informed management decisions in the field of information security OBI. The solutions obtained are aimed at improving not only the OBI IS itself, but, ultimately, optimize the OBI control system, reduce costs and increase the efficiency of OBI business processes as a whole.

Введение. Динамика увеличения количества и сложности кибератак на различные объекты информатизации (ОБИ) только за последние несколько лет [1,2] показывает, что несмотря на все усилия стороны защиты противопоставить атакующим все более технически совершенные аппаратно-программные средства информационной безопасности (ИБ) и по сей день не теряет актуальность проблематика получения текущих и прогнозных оценок уровня ИБ ОБИ. Эта задача особенно стала актуальной для объектов критически важной инфраструктуры (КВИС) государства [3]. Ведь несанкционированное вмешательство в компьютерные системы (КС) может вызвать сбои в бизнес-процессах и отразиться на безопасности людей. Например, даже кратковременный отказ КС, в частности, предприятий коммунальной сферы способен вызвать перебои в поставках электроэнергии, воды, перебоях с поставкой в торговые сети и т.п. Чем сложнее структура ОБИ и чем более сложными являются применяемые на ОБИ информационные технологии (ИТ), тем сложнее построить для него отвечающую современным требованиям систему его информационной безопасности (СУИБ). Сколь-нибудь важный объект информатизации априори предполагает необходимость иметь современную систему управления, в частности, в вопросах, касающихся ИБ. Подобного рода системы сегодня стали неотъемлемой частью систем менеджмента, интеграция которых в задачи обеспечения ИБ ОБИ предполагает необходимость построения системы проведения периодического аудита степени защищенности ОБИ. Это, в частности, возможно путем экспертного или компьютерного получения оценок (метрик) ИБ в СУИБ.

Основной материал. При разработке программы проведения аудита ИБ (далее ПАИБ) не все связи между свидетельствами АИБ могут учитываться в

конкретной ситуации. Это, прежде всего, обусловлено отсутствием необходимой информации [4, 5].

При проведении аудита ИБ крупных компаний или предприятий объект аудита целиком рассмотреть в полной мере достаточно сложно. Аудиторам целесообразнее выбрать наиболее важные информативные свидетельства аудита или метрики ИБ. Данные отобранные метрики и свидетельства аудита будут иметь большую значимость и при этом стоимость их получения будет невысока.

Учитывая специфику задачи проведения аудита ИБ, предлагаются такие изменения для модификации метода анализа иерархий (ММАИ). Это позволяет не только учесть специфику предметной области проведения АИБ ОБИ, но и последующей адаптации предлагаемых изменений для практической реализации интеллектуальной СППР с использованием методов ООП. По нашему мнению, в сравнении с классическим МАИ Т. Саати [6, 7], применение в процедурах аудита ИБ нечеткой нейронной системы имеет ряд преимуществ. Во-первых, это позволит ускорить и упростить вычисление синаптических весов. Во-вторых, появится возможность достаточно точно учитывать индивидуальные критерии (метрики ИБ), характерные для различных объектов аудита ИБ. В-третьих, нечеткая система позволит учесть и оценить величины количественного и качественного характера для различных метрик. Это прежде всего касается метрик, которые описаны как численные метрики ИБ.

В итоге, модифицированный МАИ можно концептуально реализовать в виде нейро-нечеткой системы. Такая схема подразумевает объединение нейронной сети, в которой осуществляются сравнения объектов контуров ИБ, а также и нечеткой системы, которая основана на применении базы нечетких правил [6-9].

Нечеткая система, в соответствии с разработанной схемой, будет осуществлять, вычисление синаптических весов входов нейронов. При этом учитываются и индивидуальные критерии, отобранные для процедур аудита ИБ конкретного ОБИ. На вход нейро-нечеткой системы будут подаваться экспертные оценки важности критериев для конкретного ОБИ, а на выходе считываются ранги объектов контуров ИБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать такие выводы:

Показано, что оценку уровня степени информационной безопасности для объектов информатизации целесообразно проводить на основе оценивания результативности множества критериев метода анализа иерархий. При этом такая оценка степени ИБ и все связанные с ней процедуры аудита ИБ наиболее эффективны для многостороннего оценивания ИБ ОБИ. В качестве метрик оценивания можно использовать как стандартные численные метрики ИБ, так и метрики, предложенные экспертами по ИБ и согласованные с менеджментом ОБИ.

Предложен ММАИ на основе применения аппарата теории нечетких множеств и нейронных сетей. Данный метод дает возможность менеджменту

принимать обоснованные управленческие решения в сфере ИБ ОБИ. Полученные решения направлены на повышение не только собственно ИБ ОБИ, но, и в конечном счете, оптимизируют систему управления ОБИ, сокращают издержки и повышают эффективность бизнес-процессов ОБИ в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lallie, H. S., Shepherd, L. A., Nurse, J. R., Erola, A., Epiphaniou, G., Maple, C., & Bellekens, X. (2021). *Cyber security in the age of covid-19: A timeline and analysis of cyber-crime and cyber-attacks during the pandemic*. *Computers & Security*, 105, 102248.
2. Miao, Y., Chen, C., Pan, L., Han, Q. L., Zhang, J., & Xiang, Y. (2021). *Machine Learning Based Cyber Attacks Targeting on Controlled Information: A Survey*. *arXiv preprint arXiv:2102.07969*.
3. Yamin, M. M., Ullah, M., Ullah, H., & Katt, B. (2021). *Weaponized AI for cyber attacks*. *Journal of Information Security and Applications*, 57, 102722.
4. Steinbart, P. J., Raschke, R. L., Gal, G., & Dilla, W. N. (2018). *The influence of a good relationship between the internal audit and information security functions on information security outcomes*. *Accounting, Organizations and Society*, 71, 15-29.
5. Griffiths, P. (2010). *Where next for information audit?* *Business Information Review*, 27(4), 216-224.
6. Herath, H. S., & Herath, T. C. (2014). *IT security auditing: A performance evaluation decision model*. *Decision Support Systems*, 57, 54-63.
7. Voevodin V. A. *Etalonnaya model' ob"ekta audita informacionnoj bezopasnosti [Reference Model of an Information Security Audit Object]*. *Modern Science: actual problems of theory and practice. Series of "Natural and Technical Sciences"*. 2019, no. 9, pp. 56 - 60.
8. Voevodin V. A. *Method of The Study of Privacy Protection in Information*. *American Scientific Journal*, 2019, vol. 2, no. 32, pp. 47-51 (in Russian).
9. Voevodin V. A. *Conceptual Model of Information Security Audit object*. *Computational nanotechnology*, 2019, no. 3, pp. 92-95.

Лихманюк Я.В., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ПЕРСПЕКТИВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ РОЗУМНОГО ВИРОБНИЦТВА

В публікації показано, що функції розумного робочого місця допомагають отримати інформацію про виробництво та покращити ергономіку, підвищуючи рівень індивідуалізації робочого середовища. Створення розумного виробництва – це найближча та довгострокова перспектива розвитку виробничих систем.

The publication shows that Smart Workplace Functions help to obtain information about production and improve ergonomics, increasing the level of individualization of the work environment. Creating smart production is the immediate and long-term perspective for the development of production systems.

Машинобудівне виробництво глибоко змінюється з новими технологіями і має багато можливостей для автоматизації та програмного забезпечення. Сьогодні недостатньо просто створити продукт, а потім запропонувати його, важливо, щоб компанії мали конкурентні переваги та відмінності по відношенню до конкурентів. Багато виробників сьогодні працюють над ініціативою розумної фабрики. Розумна фабрика реалізує перспективи Індустрії 4.0. У багатьох випадках досягається великий ефект, коли промисловість і машинобудівники активно залучаються до впровадження розумного виробництва.

Функції розумного робочого місця допомагають отримати інформацію про виробництво та покращити ергономіку, підвищуючи рівень індивідуалізації робочого середовища. Численні апаратні та програмні рішення сьогодні стосуються змін в зонах складання, які можуть автоматично ідентифікувати працівників і створювати персоналізоване робоче середовище для працівника, надавати технологічні інструкції складання з інтуїтивно зрозумілим керуванням.

Інтелектуальні, децентралізовані компоненти автоматизації з інтегрованим програмним забезпеченням повинні виконувати свої завдання незалежно, відповідно до специфікацій технологічних систем і приймати автономні рішення. Для цього вже є рішення на основі розподіленого інтелекту і є вимогою до модульних машин і гнучких установок, які адаптуються до мінливих виробничих умов.

Концепція розумного підприємства охоплює людей, машин, процесів та потік продуктів з частиною мережі. Програмні засоби спрощують багато етапів роботи інтелектуальної машини: введення в експлуатацію, інтеграцію та

(пере)конфігурацію, а також профілактичне обслуговування всіх компонентів, модулів і машин.

Відкриті виробничі стандарти незалежні від платформи і формують основу для горизонтальної та вертикальної інтеграції і, таким чином, забезпечують прямий обмін інформацією в мережі технологічних машин. Вони допоможуть інженерам, операторам і технікам з технічного обслуговування виконувати завдання, щоб зменшити їх складність. Open Core Engineering дозволяє користувачам працювати з бажаним середовищем розробки ІТ-світу та мовами програмування, щоб максимально підвищити ефективність та універсальність автоматизованої розробки. Наприклад, перевірка відповідності специфікації, є дуже нудною роботою, обмеженою людською помилковістю. Навпаки, майбутні фабрики використовуватимуть машинний зір для сканування недосконалостей, які людське око може пропустити. Можливість миттєво ідентифікувати та класифікувати недоліки автоматизує контроль якості, зробить фабрики більш адаптивними.

Open Core Engineering дозволяє створювати інноваційні рішення, які підходять для конкретного застосування. Використовуючи Open Core Interface можливо досліджувати комунікацію та керування машиною через сторонні системи, такі як LabVIEW, а також практично будь-яку мову вищого рівня від Java до C++ [1].

Створення розумного виробництва – це найближча та довгострокова перспектива розвитку виробничих систем.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ.

1. Інтернет-ресурс <http://www.boschrexroth-us.com/OCE>, режим доступу: 05.11.2021 р.

Мельников О.Ю., Бобрик А.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ОЦІНОК СТУДЕНТІВ З ОКРЕМОЇ ДИСЦИПЛІНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянуто основні поняття, пов'язані з якістю освіти у цілому та засвоєнням студентами навчального матеріалу. Сформульовано задачу прогнозування оцінки студента з будь-якої дисципліни, маючи дані щодо оцінок з «забезпечуючих» дисциплін. Наведено перелік методів, які можуть бути застосовані для розв'язання задачі, зроблено висновок щодо доцільності використання методу штучних нейронних мереж. Описано постановку задачі прогнозування засвоєння знань та навичок програмування; використана архітектура – перцептрон з чотирма вхідними нейронами, одним вихідним і 10 нейронами прихованого шару. Шляхом проведення низки числових експериментів підібрано оптимальну архітектуру нейронної мережі.

The basic concepts related to the quality of education in general and the assimilation of educational material by students are considered. The problem of forecasting the student's assessment in any discipline is formulated, having data on the assessments in the "providing" disciplines. The list of methods which can be applied to the decision of a problem is resulted; the conclusion on expediency of use of a method of artificial neural networks is made. The statement of the problem of forecasting the acquisition of knowledge and programming skills is described; the perceptron architecture with four input neurons, one output and 10 hidden layer neurons was used. The optimal neural network architecture was selected by conducting a series of numerical experiments.

Оцінка засвоєного студентами у межах навчальної дисципліни матеріалу, а також об'єктивність проведення цього контролю знань є одними з основних елементів визначення якості освіти [1]. Відомо, що рівень засвоєння індивідуумом нових знань залежить насамперед від його старанності та базового рівня знань, що є майже постійним за період навчання, тому різке відхилення у процесі оцінювання може свідчити про наявність проблем, об'єктивних і суб'єктивних факторів, які здійснюють вплив на освітній процес. Усі освітні компоненти на відповідному рівні вищої освіти, перелік навчальних дисциплін і логічну послідовність їх вивчення, кількість кредитів ЄКТС, а також очікувані результати навчання та компетентності, які повинен опанувати здобувач відповідного рівня вищої освіти, містяться в освітній програмі [2]. Структурно-логічна схема підготовки надається у вигляді мережі міждисциплінарних зв'язків і діє протягом всього строку реалізації відповідної програми підготовки. Отже, одним з чинників, що впливають на оцінку, яку отримує здобувач освіти (студент) з окремої дисципліни, є оцінки з «забезпечуючих» дисциплін, тобто тих, що передують цій.

Для удосконалення керівництва навчальним процесом на випусковий кафедрі закладу вищої освіти вельми доцільним може бути прогнозування оцінок студентів за допомогою спеціалізованої інформаційної системи власної

розробки. У зв'язку з тим, що існує достатня кількість методів для розв'язання задачі прогнозування, стає актуальним вибір такого методу, який буде максимально ефективними для аналізу конкретних даних.

Сформулюємо задачу таким чином. Нам потрібно спрогнозувати оцінку студента з будь-якої дисципліни, маючи дані щодо оцінок з «забезпечуючих» дисциплін:

$$y = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де:

y – оцінка з дисципліни, що прогнозується;

$x_i, i=1..n$ – оцінка з i -ї «забезпечуючої» дисципліни;

n – кількість «забезпечуючих» дисциплін.

У кожному випадку може бути застосовано окремий метод розв'язання задачі: багатофакторної лінійної регресії, штучних нейронних мереж, k -найближчих сусідів. Слід провести дослідження, яке дозволить визначити переваги та недоліки кожного з методів.

У [3] наведено алгоритм розв'язання поставленої задачі. Спочатку дослідник задає граничні значення параметрів для кожного методу (наприклад, мінімальну та максимальну кількість прихованих шарів штучних нейронних мереж тощо). Далі програмна система виконує розрахунок за кожним із методів, результати додаються до таблиці. Дослідник обирає найкращий, на його погляд, метод (як правило, за мінімальною сумарною помилкою, але можливі й інші критерії вибору). Обраний метод застосовується для прогнозування оцінок того ж предмета для нової групи. Вибір дисциплін, що забезпечують, не є явно пунктом наведеного алгоритму, оскільки здійснюється або безпосередньо з освітньої програми (її структурно-логічної схеми), або в результаті якихось попередніх досліджень.

Далі потрібно здійснити проектування інформаційної моделі системи [4] та її програмну реалізацію, але можна здійснити попередні розрахунки у середовищі Deductor Lite [5]. На прикладі даних щодо студентів спеціальності «Системний аналіз» [2] та предмета – засвоєння знань та навичок програмування – вже було здійснено розрахунки [6]. Було визначено чотири вхідних та один вихідний фактори:

x_1 – оцінка з дисципліни «Програмування та алгоритмічні мови»;

x_2 – оцінка з дисципліни «Алгоритми і структури даних»;

x_3 – оцінка з дисципліни «Математична логіка і теорія алгоритмів»;

x_4 – оцінка з дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій»;

y – оцінка з дисципліни «Технологія створення програмних продуктів».

Назви груп та прізвища студентів є інформаційними факторами.

У якості даних були використані оцінки 77 студентів груп спеціальності «Системний аналіз» ДДМА – СМ-13-1, СМ-14-1, СМ-15-1, СМ-16-1 (змістовні наповнення навчальних курсів та викладачі за чотири роки не змінювалися). Спочатку здійснено розрахунок методом багатофакторної лінійної регресії, до

таблиці результатів додано стовпці з перекладом результатів розрахунків зі 100-бальної системи до «національної» та співвідношення розрахункових результатів та наявних за «національною» шкалою («Помилка за балами»). Зроблено висновок, що багатофакторна лінійна регресія не може забезпечувати точності розв'язання задачі: 19% даних мають відхилення за відносною помилкою більш ніж 10%; 43% даних мають невірне визначення балів.

Далі здійснено рішення методом нейронних мереж. Використано мережу з чотирьох вхідних нейронів, одного вихідного і 10 нейронів прихованого шару (рис. 1). Різновид нейронної мережі – персептрон, метод навчання мережі – зворотного поширення помилок, функція активації – сигмоїда. Результати свідчать, що цей метод забезпечує більш адекватні результати: тільки 3% даних мають відхилення за відносною помилкою більш ніж 10%; тільки 16% даних мають невірне визначення балів.

Далі було здійснено таке дослідження: треба підібрати оптимальну архітектуру нейронної мережі. Усі розрахунки було виконано у тому ж Дедукторі, результати зведено до таблиці 1. Як можна побачити, кращий результат забезпечують такі архітектури:

- за середньою похибкою: MLP 4x5x5x5x1 (4,5%);
- тільки за середньою відносною похибкою: MLP 4x9x1 або MLP 4x5x5x5x1 (1%);
- тільки за середньою похибкою за балами: MLP 4x5x1, MLP 4x6x6x1, MLP 4x5x5x5x1 або MLP 4x6x6x6x1 (8%).

Вочевидь, кращим будемо вважати архітектуру з трьома прихованими шарами з п'ятьма нейронами у кожному.

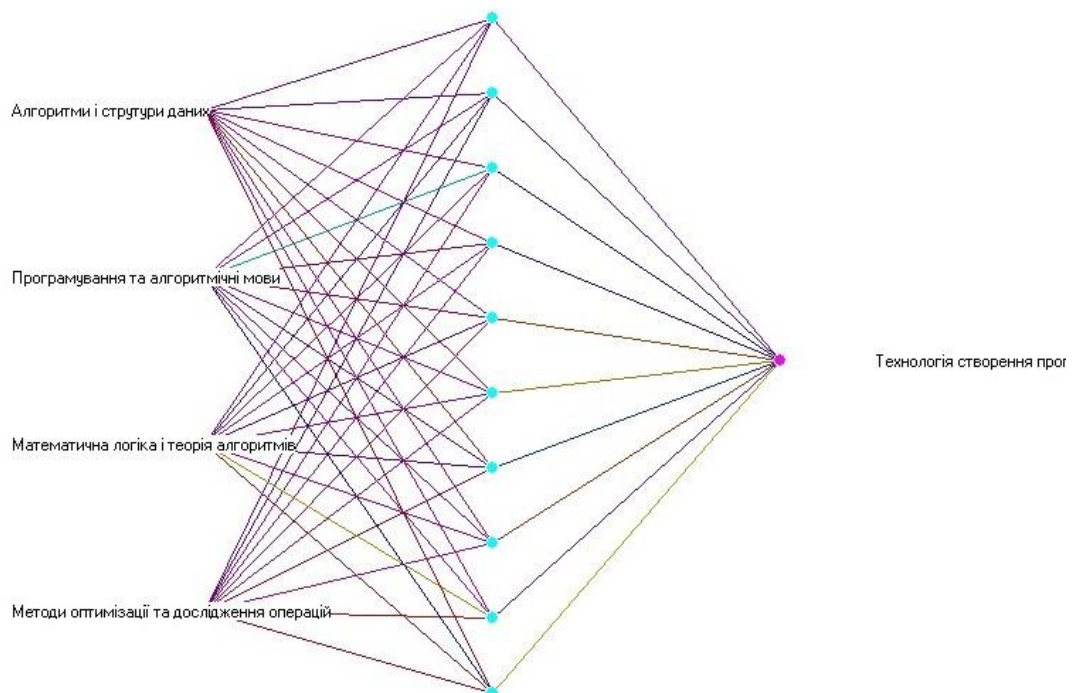


Рисунок 1 – Архітектура нейронної мережі MLP 4x10x1

Таблиця 1 – Результати розрахунків з використанням різних архітектур нейронної мережі

Кількість шарів	Кількість нейронів	Середня відносна помилка	Середня помилка за балами	Середнє
1	3	12%	19%	15,5%
1	4	5%	27%	16,0%
1	5	4%	8%	6,0%
1	6	5%	13%	9,0%
1	7	4%	13%	8,5%
1	8	4%	17%	10,5%
1	9	1%	10%	5,5%
1	10	3%	16%	9,5%
2	2+2	9%	19%	14,0%
2	3+3	8%	17%	12,5%
2	4+4	3%	13%	8,0%
2	5+5	3%	10%	6,5%
2	6+6	3%	8%	5,5%
3	2+2+2	26%	22%	24,0%
3	3+3+3	4%	14%	9,0%
3	4+4+4	4%	9%	6,5%
3	5+5+5	1%	8%	4,5%
3	6+6+6	3%	8%	5,5%

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження довели, що застосування нейронних мереж для прогнозування оцінок студентів з окремої дисципліни в залежності від якості засвоєння попереднього матеріалу призводить до дуже прийнятних результатів. Шляхом проведення низки числових експериментів підібрано оптимальну архітектуру нейронної мережі – персептрон з трьома прихованими шарами з п'ятьма нейронами у кожному.

Отримані результати можна буде застосувати у роботі кафедри під час аналізу успішності студентів тощо.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Положення про внутрішню систему забезпечення якості освіти // URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/acts/Положення_про_внутр_сист_заб_якості_ДДМА_2020_Сайт.pdf. Дата звернення: 21.11.2021р.
2. Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні системи прийняття рішень» першого рівня вищої освіти за спеціальністю № 124 «Системний аналіз» галузі знань № 12 «Інформаційні технології» // URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedru/ispr/opp/Системний_аналіз_бакалавр.pdf. Дата звернення: 21.11.2021р.
3. Мельников О. Ю. Постановка задачі дослідження впливу якості засвоєння попереднього матеріалу на прогнозування оцінок студентів з окремої дисципліни / О. Ю. Мельников, А. В. Бобрик // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-методичної конференції, 16–18 листопада 2021 року, м. Краматорськ / за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Нон. D. Sc., prof. Dasic Predrag. — Краматорськ : ДДМА, 2021. — С. 199-201.

4. Мельников О. Ю. *Об'єктно-орієнтований аналіз і проєктування інформаційних систем : посібник для студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології» / О. Ю. Мельников. — Вид. 3-є, перероб. та доп. — Краматорськ : ДДМА, 2020. — 208 с.*
5. *Deductor – продвинутая аналитика без программирования. [Электронный ресурс].* Доступно: <https://basegroup.ru/deductor/description>. Дата звернення: 21.11.2021р.
6. Мельников О. Ю. *Прогнозування оцінок студентів з окремої дисципліни залежно від якості засвоєння попереднього матеріалу / О.Ю. Мельников // Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. — Краматорськ : ДДМА, 2021. — С.297-300. — <http://dspace.dgma.donetsk.ua/handle/DSEA/802>*

Мельников О.Ю., Закабула О.Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РЕМОНТНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ПОШКОДЖЕННЯ ВОДОПРОВОДУ В НЕВЕЛИКОМУ МІСТІ

Відзначено важливість забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних випадках. Наведено опис можливостей наявної програмної системи для розрахунку розкладу руху цистерни, пошуку рекомендованої кількості цистерн та визначення оптимального їхнього розташування з урахуванням кількості мешканців. Сформульовано задачу прогнозування тривалості ремонтних робіт під час пошкодження водопроводу за наявності статистичних даних про аварії, що сталися раніше. Наведено перелік методів, які можуть бути застосовані для розв'язання задачі, зроблено висновок щодо доцільності використання методу штучних нейронних мереж. Описано застосування перцептронів з п'яти вхідних нейронів, одного вихідного і двох нейронів прихованого шару, результати свідчать про досягнення належної точності.

The importance of providing residents of small towns with drinking water in extreme cases is noted. A description of the capabilities of the existing software system for calculating the timetable for the movement of the tank, searching for the recommended number of tanks and determining their optimal location, taking into account the number of inhabitants, is given. The problem of predicting the duration of repair work in case of damage to the water supply system in the presence of statistical data on accidents that occurred earlier is formulated. A list of methods that can be applied to solve the problem is presented, a conclusion is made about the advisability of using the method of artificial neural networks. The application of a perceptron of five input neurons, one output and two neurons of the hidden layer is described, the results indicate the achievement of the required accuracy.

Система водопостачання, яка діє у більшості невеликих українських міст, може бути порушена в результаті екстремальних подій, і доставляння води споживачеві буде здійснюватися за допомогою спеціалізованого автотранспорту. У районах (мікрорайонах, окремих кварталах) міста розташовуються тимчасові пункти розливу питної води з автоцистерн у тару споживача [1].

Було поставлено та розв'язано задачу створення системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє при наявності даних про кількість жителів у кожному районі й відстанях між районами розрахувати оптимальний маршрут пересування цистерни з водою. З використанням таких параметрів, як середній час обслуговування, об'єм цистерни, середній відсоток населення, що виходить за водою, і обмеження на обсяг видаваної води, система дозволяє скласти розклад (графік) руху цистерни, а також дати рекомендації щодо збільшення кількості цих цистерн і оптимального їхнього розподілу по районах [2-3]. Також було поставлено та вирішено [4] наступне завдання: визначити в кожному районі таке місце розміщення цистерни, щоб воно було рівновіддаленим від усіх прилеглих будинків з урахуванням кількості

мешканців. Ще одна можливість, яку надав новий модуль користувачам – це визначення точних координат розташування цистерни на місцевості за допомогою гугл-карт [5].

Тепер можна сформулювати нове завдання: за наявності статистичних даних про аварії, що сталися раніше на водопроводі даного міста, і тривалості ремонтних робіт у кожному випадку потрібно передбачити (тобто спрогнозувати) тривалість ремонтних робіт з відновлення водопостачання міста.

Маємо типову задачу прогнозування з переліком низки вхідних (незалежних) та одного вихідного (результату) фактора – тобто саме тривалості ремонтних робіт у днях.

Аналіз доступної інформації по місту Торезьк [6], що знаходиться в безпосередній близькості від лінії розмежування на сході України, показав, що до списку вхідних факторів можна віднести:

- район (місце, ділянка) ушкодження (значна частина ушкоджень викликана бойовими діями, проте не всі райони снаряди падають статистично рівномірно);
- місяць (очевидно, що сезон впливає на хід робіт);
- погодні умови (наявність дощу або снігу збільшує тривалість ремонтних робіт);
- наявність обстрілів, що продовжуються;
- з якого боку розмежування вирушає бригада для ремонту;
- чи супроводжується аварія пожежею.

Додатковим фактором є інформація про наявність попередніх аварій на цій ділянці – очевидно, що після минулих ремонтних робіт труба повинна бути новою, і процес нового ремонту повинен здійснюватися швидше.

Для розв'язання задачі прогнозування може бути застосовано один з відомих методів розв'язання задачі: багатофакторної лінійної регресії, штучних нейронних мереж, k-найближчих сусідів.

Для деяких (рис. 1) підібраних даних (окрім четвертого та п'ятого факторів) було проведено розрахунки у середовищі Deductor Lite [7] двома методами: багатофакторної лінійної регресії та штучних нейронних мереж.

Ділянка	Місяць	ПогодніУмови	Обстріли	БригадаУкраїни	Пожежа	Вдруге	РемонтДнів
▶ Новостожкове	Вересень	Дощ	+	+	-	-	5
Сіверський Донець - Донбас	Серпень	Сонячно	-	-	-	-	14
Василівська насосна станція	Березень	Сонячно	+	+	-	-	21
Сіверський Донець - Донбас	Січень	Сніг	+	+	-	+	7
Сіверський Донець - Донбас	Лютий	Сніг	+	+	-	+	16
Верхньокальміуська фільтрувальна станція	Серпень	Сонячно	+	+	+	-	30
Південно-Донбаський водопровід	Листопад	Туман	+	+	-	+	29
Південно-Донбаський водопровід	Вересень	Хмарно	+	+	-	+	23
Сіверський Донець - Донбас	Червень	Сонячно	+	+	+	+	3
Південно-Донбаський водопровід	Березень	Сонячно	+	+	-	+	13

Рисунок 1 – Вхідні дані

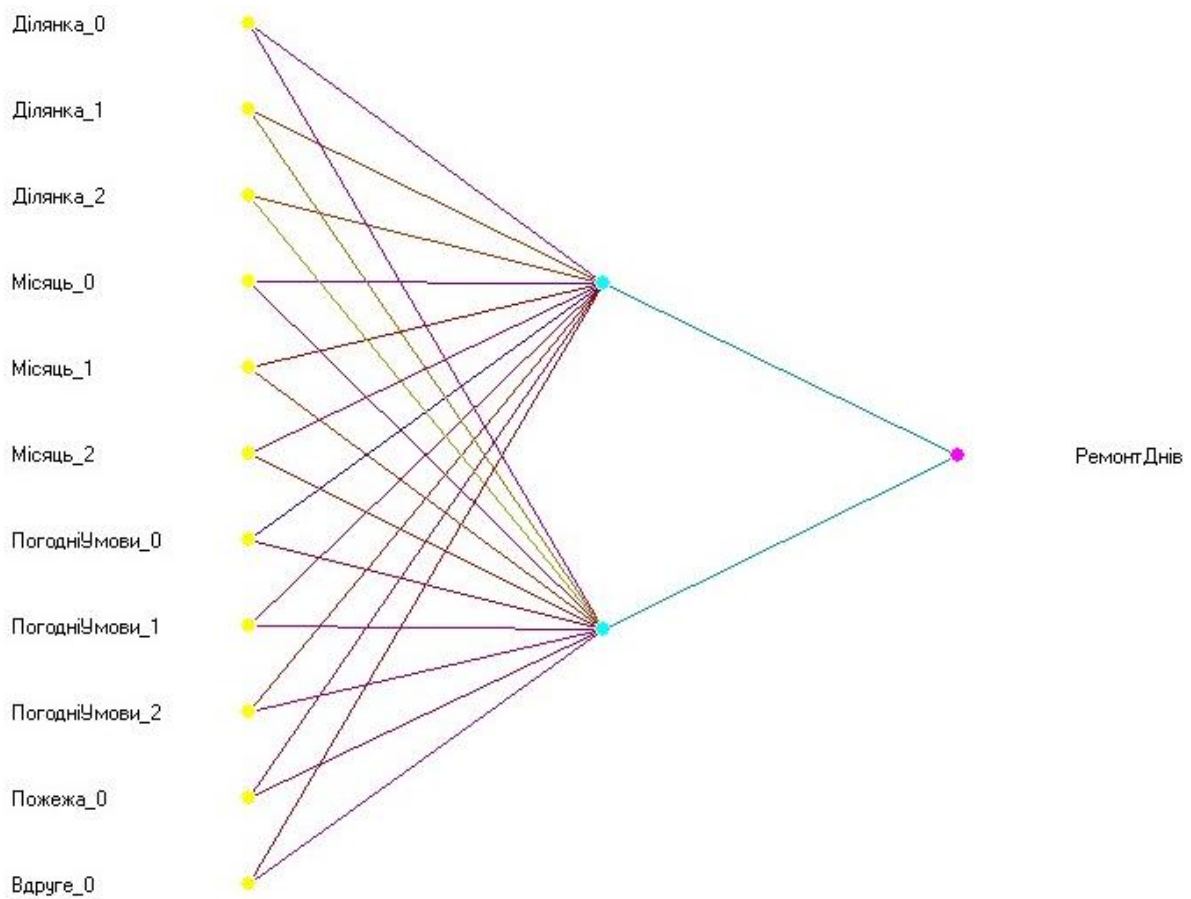


Рисунок 2 – Архітектура нейронної мережі MLP 5x2x1

Як виявилось, метод багатofакторної лінійної регресії не забезпечує точності розв'язанні задачі. Для використання методу штучних нейронних мереж було застосовано просту мережу з п'яти вхідних нейронів, одного вихідного і двох нейронів прихованого шару (рис. 2). Різновид нейронної мережі – персептрон, метод навчання – зворотне поширення помилок, функція активації – сигмоїда. Результати, які наведено на рис. 3, свідчать про досягнення належної точності, і цей метод треба рекомендувати для використання.

	Ділянка	Місяць	ПогодніУмови	Пожежа	Вдруге	РемонтДнів	РемонтДнів_OUT	РемонтДнів_ERR
▶	Новостожкове	Вересень	Дош	-	-	5	4,99921914077236	8,36407590377063E-10
	Сіверський Донець - Донбас	Серпень	Сонячно	-	-	14	14,0000371831523	1,89655256163191E-12
	Василівська насосна станція	Березень	Сонячно	-	-	21	21,000404994871	2,24994301195908E-10
	Сіверський Донець - Донбас	Січень	Сніг	-	+	7	6,99986456399386	2,51617445265249E-11
	Сіверський Донець - Донбас	Лютий	Сніг	-	+	16	15,9997134923266	1,12601710459313E-10
	Верхньокальміуська фільтрувальна станція	Серпень	Сонячно	+	-	30	29,9591879239235	2,28480871560487E-6
	Південно-Донбаський водопровід	Листопад	Туман	-	+	29	29,0010157310176	1,41523936922283E-9
	Південно-Донбаський водопровід	Вересень	Хмарно	-	+	23	23,000055727381	4,26000136984203E-12
	Сіверський Донець - Донбас	Червень	Сонячно	+	+	3	3,1220391578979	2,04301180527129E-5
	Південно-Донбаський водопровід	Березень	Сонячно	-	+	13	12,9995896649238	2,30966906376561E-10

Рисунок 3 – Результати MLP 11x2x1

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження довели, що застосування нейронних мереж для прогнозування тривалості ремонтних робіт під час пошкодження водопроводу в невеликому місті призводить до дуже прийнятних результатів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 16) // Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2047-19>.
2. Закабула О.Ю. Задача розрахунку оптимального забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних // Наукові записки молодих учених, 2020. – №6.– <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1749>.
3. Закабула О.Ю. Моделювання оптимального маршруту проїзду автоцистерни для забезпечення невеликого міста питною водою в екстремальних / О.Ю. Закабула, О.Ю. Мельников // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2020. – С.238-241.
4. Мельников О. Ю. Модуль визначення розташування цистерн в системі підтримки прийняття рішень для оптимального забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних випадках / О.Ю. Мельников, О.Ю. Закабула // Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – <http://dspace.dgma.donetsk.ua/handle/DSEA/799>
5. Закабула О. Ю. Використання гугл-карт у модулі розміщення цистерн в системі підтримки прийняття рішень для оптимального забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних випадках / О.Ю. Закабула, О.Ю. Мельников // Математичні методи, моделі та інформаційні технології у науці, освіті, економіці, виробництві: збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з проблем вищої освіти і науки, м. Маріуполь, 28 квітня 2021 р. / Маріупольський державний університет. – Маріуполь: МДУ, 2021. – С.73-76.
6. Місто Торецьк. GoogleMaps // Режим доступу: <https://www.google.com.ua/maps/place/Торецьк,+Донецкая+область,+85200>
7. Deductor – продвинутая аналитика без программирования. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://basegroup.ru/deductor/description>. Дата звернення: 21.11.2021р.

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

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ І КОНЦЕПЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОЇ ТЕХНІКИ МЕТАННЯ СПОРТСМЕНА-МЕТАЛЬНИКА ЯДРА

Наведено приклади використання математичного моделювання взагалі та методу штучних нейронних мереж для розв'язання задач прогнозування дальності польоту ядра та вибору оптимальної техніки спортсмена-метальника. Обґрунтовано доцільність використання комп'ютерного зору для покращення цієї техніки. Розглянуто сучасні технології комп'ютерної візуалізації у просторі без додаткового обладнання. Запропоновано реалізацію системи за допомогою Python й фреймворку MediaPipe та OpenCV із застосуванням BlazePose.

Examples of the use of mathematical modeling in general and the method of artificial neural networks for solving problems of predicting the flight range of a nucleus and choosing the optimal technique of an athlete-thrower are given. The expediency of using computer vision to improve this technique has been substantiated. Modern technologies of computer visualization without additional equipment are considered. The implementation of the system using Python and the MediaPipe and OpenCV frameworks using BlazePose is proposed.

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 вельми доцільно використовувати інформаційні технології. Для проведення розрахунків дальності польоту ядра залежно від його початкової швидкості, кута до обрїю та висоти над землею 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. З використанням нейронних мереж [3] для наявних даних з [4] було розв'язано задачу прогнозування дальності польоту ядра в залежності від даних про вік, ріст, масу тіла атлета та характеристиках польоту ядра [5]. Далі було визначено 14 факторів [6], що належать до 5 класів (груп залежностей) і впливають на результат штовхання ядра, та проведено розрахунки [7]. Але однією з важливих задач при підготовці атлета є визначення, яка саме техніка метання більше йому підходить згідно з фізичними параметрами. У роботі [8] було сформульовано та розв'язано цю задачу прогнозування методом штучних нейронних мереж з архітектурою звичайного персеPTRону з десятьма вхідними факторами та одним вихідним («обрана техніка»).

Більш ретельне вивчення техніки штовхання неможливо без візуального аналізу. Більшість видів спорту пов'язана зі швидким і точним рухом, який іноді може стати складним для тренерів та аналітиків, щоб відстежувати та аналізувати детально. Це особливо складно у тих ситуаціях, коли використання

обладнання для відстеження та датчиків для збільшення збору даних не є варіантом, оскільки ці кадри обмежуються наданням візуалізації руху штовхача ядра, а не детального аналізу. Дані та знання, отримані з кадрів, вимагають від аналітика витрачання багатьох годин часу для відтворення відео. Вочевидь, застосування методів комп'ютерного зору може зменшити розрив між спортивною подією та аналітичними уявленнями, пропонуючи нові способи збору даних та проведення цінного аналізу за допомогою автоматизованих систем.

Для проєктування системи візуального аналізу потрібно дослідити принципи її використання. Прогнозована відстань спортсмена визначається значною мірою за параметрами, описаними у [1], а саме: висоти випуску ядра, куту випуску та швидкості випуску. Прогнозована відстань – це функція швидкості квадрата [9]. Отже, швидкість є якнайвпливовішою з параметрів випуску.

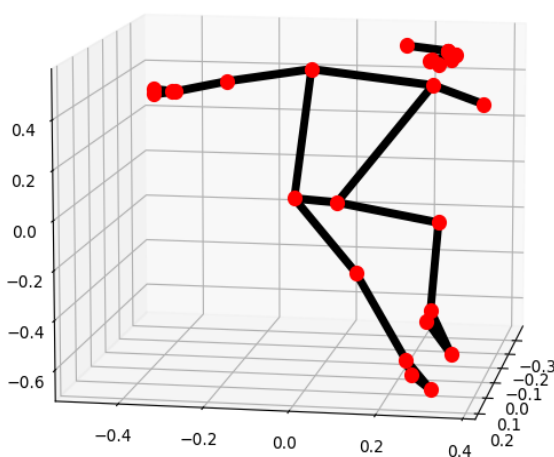
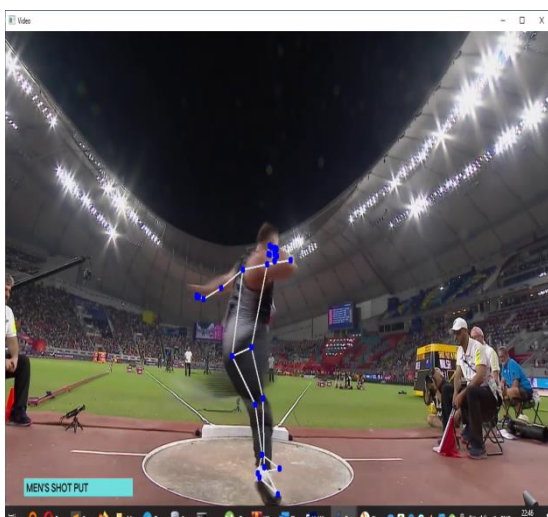


Рисунок 1 – Штовхання ядра з повороту (фаза входу) у різних проєкціях

Щоб досягти максимальної швидкості, ми повинні правильно розігнати ядро, тому необхідно вивчити всі фази від початку розгону до фінального випуску. Дослідження показали, що S-подібна траєкторія (рис. 2) як центру мас метальника, так і пострілу в сагітальній площині більшості кидків, не є повністю правильною, але реально вигідною.

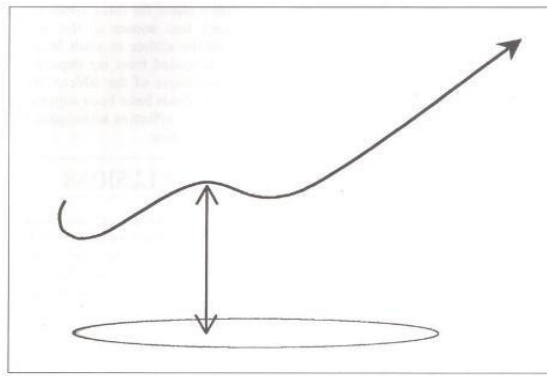


Figure 5: Undulation of shot path as seen in the sagittal view of a thrower using the glide technique. A higher apex of the initial peak should result in a greater activation of the leg musculature upon landing.

Рисунок 2 – Довжина шляху снаряду (ядра)

Ця хвилеподібність створює можливість активувати рефлекс розтягування м'язів при приземленні та тим самим збільшує м'язову активацію ніг [10]. Коли швидкість зміни довжини м'яза велика, цей мимовільний рефлекс створює більш сильні та потужні м'язові скорочення, ніж це було б можливо лише за умови довільного контролю. Реакція м'язів на рефлекс безпосередньо пов'язана зі швидкістю розтягування. Таким чином, збільшення швидкості розтягування призведе до посилення мимовільної активації м'язів через рефлекс розтягування. У штовханні ядра швидкість розтягування можна збільшити, максимізуючи вертикальну швидкість атлета, коли він приземляється після фази польоту. Цього можна досягти шляхом збільшення максимальної висоти центру маси спортсмена в цей період. Чим вище вершина центру мас під час фази польоту, тим більшою має бути вертикальна швидкість спортсмена при приземленні.

В [11] запропоновано підхід, що забезпечує відстеження пози людини з використанням машинного навчання (ML) і визначає 33-2D орієнтири тіла з одного кадру. На відміну від сучасних моделей поз, заснованих на стандартній топології COCO, BlazePose точно локалізує більше ключових точок, що робить його унікальним для фітнес-додатків. Поточним стандартом для пози людського тіла є топологія COCO, яка складається з 17 орієнтирів через тулуб, руки, ноги та обличчя. Однак ключові точки COCO локалізуються лише на гомілковостопних та зап'ястних точках, їм не вистачає інформації про масштаб і орієнтацію для рук і ніг, що важливо для практичних застосувань, таких як фітнес і танці. BlazePose представляє нову топологію з 33 ключових точок людського тіла, яка є супернабором топологій COCO, BlazeFace і BlazePalm. Це дозволяє нам визначати семантику тіла лише на основі передбачення пози, що узгоджується з моделями обличчя та рук (рис. 3).

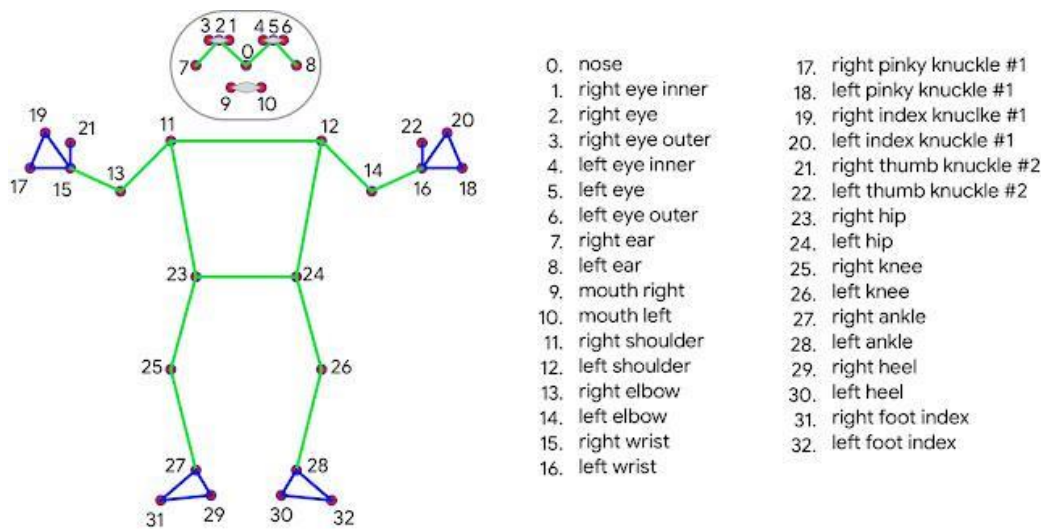


Рисунок 3 – Топологічні пози

З наведеного вище можна допустити використання комп'ютерного зору у підготовці штовхачів ядра. Припустимо, що окрім звичайного візуального аналізу, тренеру складно дати оцінку якості тієї чи іншої фази поштовху (їх буває від 4 до 5). З можливостями технології BlazePose та нейронної мережі, описаної в [8], можна організувати повний «замкнений цикл» підготовки спортсмена, більш раціонально використовуючи засоби (відпадає потреба у дорогому обладнанні та датчиків) – рис. 4.



Рисунок 4 – «Замкнутий цикл» підготовки

Спочатку пропонувалося використовувати знання всіх координат на проміжки знаходження пози людини та поділу на 5 основних фаз (розгін, вхід, захоплення, постановка лівої та випуск ядра для кругового маху). Однак при розрахунку було з'ясовано, що для реалізації даної системи для кожного етапу знаходження довелося б реалізовувати мережу виду $99 \times 33 \times 1$ (для однієї фази), а якщо для всіх п'яти – то $395 \times 33 \times 5 \times 1$, що значно збільшило б час навчання.

Цю проблему можна вирішити знаходженням відхилення від норми. Якщо взяти за норму показники топового спортсмена (зі схожою антропометрією) у цій фазі та порівняти зі спортсменом, якого ми аналізуємо, достатньо буде знаходження лише відстані між координатами топологічних

точок. Чим вище відхилення, відстань від точки до точки, тим гірше випробуваний спортсмен виконує спробу. Тоді мережа матиме вигляд 33x1 (рис. 5).

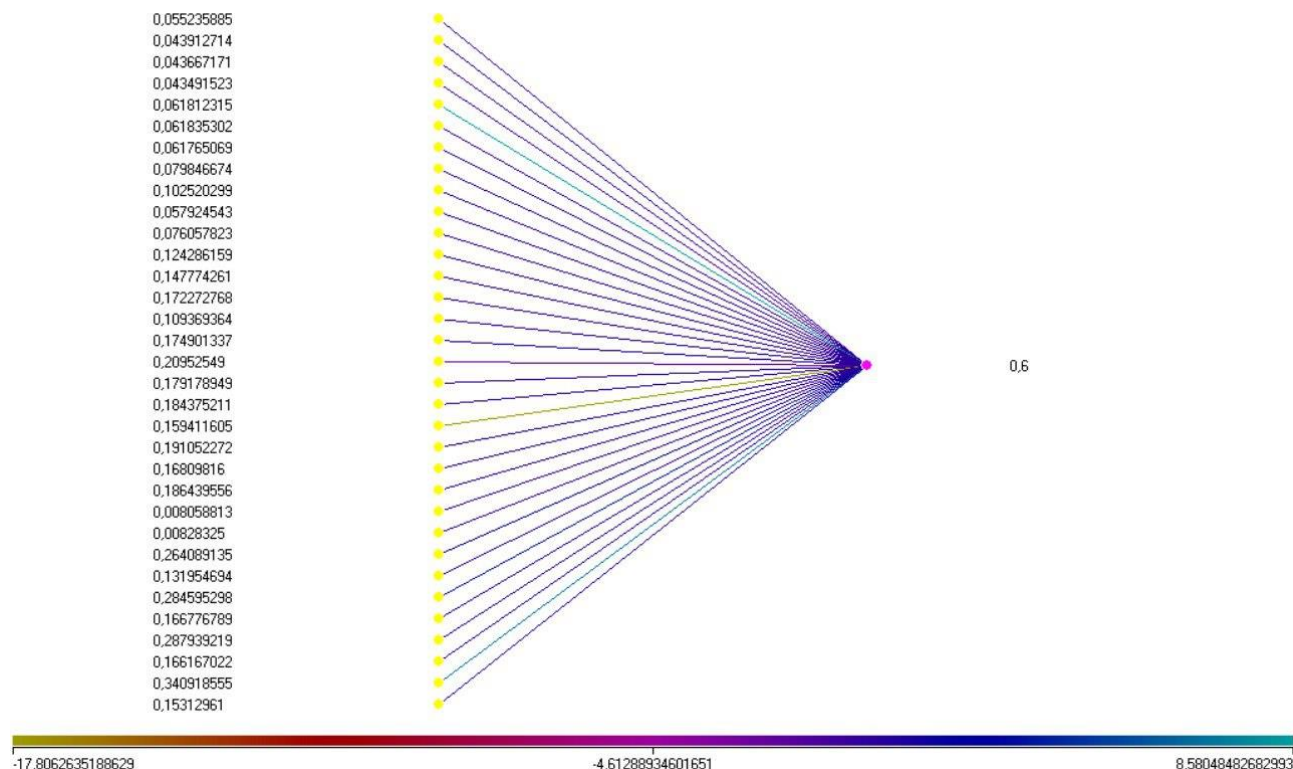


Рисунок 5 – Граф нейромережі

Вхідні дані – це відстань від точок, а вихідні значення – відсоток якості виконання фази. Нейронна мережа була протестована згідно з даними (рис. 6).

	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	
1	0.061812	0.061835	0.061765	0.079847	0.10252	0.057925	0.076058	0.124286	0.147774	0.172273	0.109369	0.174901	0.209525	0.179179	0.184375	0.159412	0.191052	0.168098	0.18644	0.008059	0.008283	0.264089	0.131955	0.284595	0.166777	0.287939	0.166167	0.340919	0.15313	0.6
2	0.161812	0.161835	0.161765	0.179847	0.20252	0.157925	0.176058	0.224286	0.247774	0.272273	0.209369	0.274901	0.309525	0.279179	0.284375	0.259412	0.291052	0.268098	0.28644	0.108059	0.108283	0.364089	0.231955	0.384595	0.266777	0.387939	0.266167	0.440919	0.25313	0.6
3	0.261812	0.261835	0.261765	0.279847	0.30252	0.257925	0.276058	0.324286	0.347774	0.372273	0.309369	0.374901	0.409525	0.379179	0.384375	0.359412	0.391052	0.368098	0.38644	0.208059	0.208283	0.464089	0.331955	0.484595	0.366777	0.487939	0.366167	0.540919	0.35313	0.4
4	0.361812	0.361835	0.361765	0.379847	0.40252	0.357925	0.376058	0.424286	0.447774	0.472273	0.409369	0.474901	0.509525	0.479179	0.484375	0.459412	0.491052	0.468098	0.48644	0.308059	0.308283	0.564089	0.431955	0.584595	0.466777	0.587939	0.466167	0.640919	0.45313	0.4
5	0.461812	0.461835	0.461765	0.479847	0.50252	0.457925	0.476058	0.524286	0.547774	0.572273	0.509369	0.574901	0.609525	0.579179	0.584375	0.559412	0.591052	0.568098	0.58644	0.408059	0.408283	0.664089	0.531955	0.684595	0.566777	0.687939	0.566167	0.740919	0.55313	0.4
6	0.561812	0.561835	0.561765	0.579847	0.60252	0.557925	0.576058	0.624286	0.647774	0.672273	0.609369	0.674901	0.709525	0.679179	0.684375	0.659412	0.691052	0.668098	0.68644	0.508059	0.508283	0.764089	0.631955	0.784595	0.666777	0.787939	0.666167	0.840919	0.65313	0.35
7	0.661812	0.661835	0.661765	0.679847	0.70252	0.657925	0.676058	0.724286	0.747774	0.772273	0.709369	0.774901	0.809525	0.779179	0.784375	0.759412	0.791052	0.768098	0.78644	0.608059	0.608283	0.884089	0.731955	0.884595	0.766777	0.887939	0.766167	0.940919	0.75313	0.35
8	0.761812	0.761835	0.761765	0.779847	0.80252	0.757925	0.776058	0.824286	0.847774	0.872273	0.809369	0.874901	0.909525	0.879179	0.884375	0.859412	0.891052	0.868098	0.88644	0.708059	0.708283	0.964089	0.831955	0.984595	0.866777	0.987939	0.866167	1.040919	0.85313	0.35
9	0.861812	0.861835	0.861765	0.879847	0.90252	0.857925	0.876058	0.924286	0.947774	0.972273	0.909369	0.974901	1.009525	0.979179	0.984375	0.959412	0.991052	0.968098	0.98644	0.808059	0.808283	1.064089	0.931955	1.084595	0.966777	1.087939	0.966167	1.140919	0.95313	0.2
10	0.961812	0.961835	0.961765	0.979847	1.00252	0.957925	0.976058	1.024286	1.047774	1.072273	1.009369	1.074901	1.109525	1.079179	1.084375	1.059412	1.091052	1.068098	1.08644	0.908059	0.908283	1.164089	1.031955	1.184595	1.066777	1.187939	1.066167	1.240919	1.05313	0.2
11	1.061812	1.061835	1.061765	1.079847	1.10252	1.057925	1.076058	1.124286	1.147774	1.172273	1.109369	1.174901	1.209525	1.179179	1.184375	1.159412	1.191052	1.168098	1.18644	1.008059	1.008283	1.264089	1.131955	1.284595	1.166777	1.287939	1.166167	1.340919	1.15313	0.1
12	1.161812	1.161835	1.161765	1.179847	1.20252	1.157925	1.176058	1.224286	1.247774	1.272273	1.209369	1.274901	1.309525	1.279179	1.284375	1.259412	1.291052	1.268098	1.28644	1.108059	1.108283	1.364089	1.231955	1.384595	1.266777	1.387939	1.266167	1.440919	1.25313	0.1
13	1.261812	1.261835	1.261765	1.279847	1.30252	1.257925	1.276058	1.324286	1.347774	1.372273	1.309369	1.374901	1.409525	1.379179	1.384375	1.359412	1.391052	1.368098	1.38644	1.208059	1.208283	1.464089	1.331955	1.484595	1.366777	1.487939	1.366167	1.540919	1.35313	0.05
14	1.361812	1.361835	1.361765	1.379847	1.40252	1.357925	1.376058	1.424286	1.447774	1.472273	1.409369	1.474901	1.509525	1.479179	1.484375	1.459412	1.491052	1.468098	1.48644	1.308059	1.308283	1.564089	1.431955	1.584595	1.466777	1.587939	1.466167	1.640919	1.45313	0.0
15	1.461812	1.461835	1.461765	1.479847	1.50252	1.457925	1.476058	1.524286	1.547774	1.572273	1.509369	1.574901	1.609525	1.579179	1.584375	1.559412	1.591052	1.568098	1.58644	1.408059	1.408283	1.664089	1.531955	1.684595	1.566777	1.687939	1.566167	1.740919	1.55313	0.0
16	0.015236	0.005236	0.004276	0.01476	0.02476	0.03476	0.04476	0.05476	0.06476	0.07476	0.08476	0.09476	0.10476	0.11476	0.12476	0.13476	0.14476	0.15476	0.16476	0.17476	0.18476	0.19476	0.20476	0.21476	0.22476	0.23476	0.24476	0.25476	0.26476	0.5
17	0.081812	0.031835	0.061765	0.019847	0.10252	0.057925	0.076058	0.124286	0.147774	0.172273	0.109369	0.174901	0.109525	0.179179	0.143752	0.099412	0.191052	0.168098	0.18644	0.008059	0.008283	0.264089	0.131955	0.284595	0.166777	0.287939	0.166167	0.340919	0.15313	0.8

Рисунок 6 – Данні для тестування

Результати (рис. 7 – 8) свідчать, що тестування пройшло в межах припустимої помилки 10%, і це дозволяє зробити висновок про доцільність використання цієї нейронної мережі.

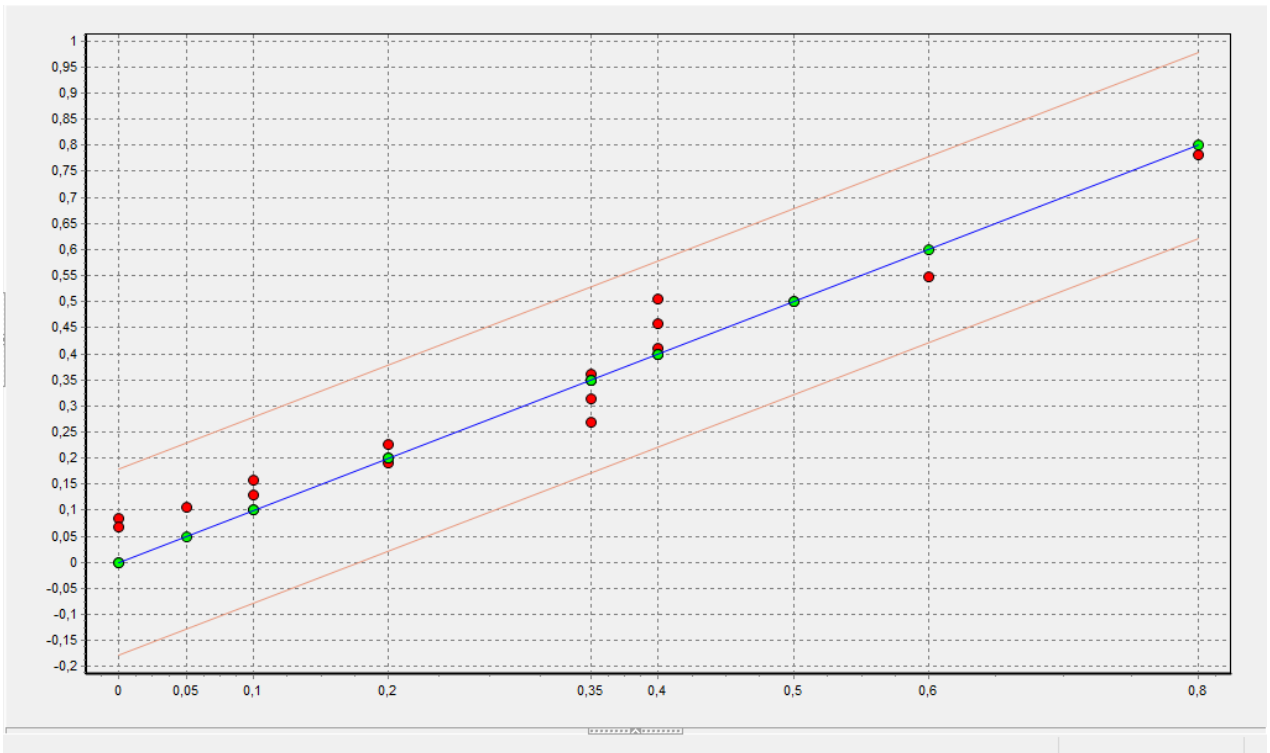


Рисунок 7 – Діаграма розсіювання

0,6	0,6_OUT	0,6_ERR
0,6	0,547870929515857	0,00424599998365745
0,4	0,504190450317321	0,0169619530270721
0,4	0,457670915767679	0,00519677269606688
0,4	0,409501721093641	0,000141066724595839
0,35	0,361055201184667	0,000190964801927303
0,35	0,313735364353196	0,00205488093530533
0,35	0,268819185482439	0,0102973822589604
0,2	0,227327246708763	0,00116684126981504
0,2	0,189949398274848	0,00015783530474629
0,1	0,157032101788481	0,00508228224126818
0,1	0,12861655492186	0,00127954252436846
0,05	0,104507150120811	0,00464223345983216
0	0,0843493076278454	0,0111168839020264
0	0,0677011248235424	0,00716162859745762
0,5	0,500103209218694	1,66439731615315E-8
0,8	0,78172133018105	0,000522046516172183

Рисунок 8 – Результати тестування

Якщо об'єднати 5 мереж для знаходження оцінки якості фаз в одну, то вийде мережа архітектурою 99x5x1 для знаходження загального відсотка якості виконання спроби, для подальшого вивчення та коригування.

ВИСНОВКИ

Застосування запропонованої моделі допоможе зменшити час знаходження техніки майже у два рази, що своєю чергою допоможе

раціонально застосувати час для підготовки спортсмена у його віковій категорії.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Тугевич В. Н. Теория спортивных метаний / В. Н. Тугевич. – Москва, 1956. – 310 с.
2. Мельников А. Ю. Разработка информационной системы для приблизительного нахождения показателей спортсмена-метателя при помощи математического моделирования толкания ядра и применения нейросетевых технологий / А. Ю. Мельников, Н. А. Кадацкий // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – №2 (46). – С.145-149.
3. Касюк С. Т. Использование нейронных сетей для анализа и прогнозирования данных в физической культуре и спорте / С. Т. Касюк, Е. М. Вахтомова. Научно-теоретический журнал «Ученые записки». – 2013. – № 12 (106). – С.72-77.
4. Wilko Schaa. Biomechanical Analysis of the Shot Put at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*. № 3-4. 2010. – С.9-21. URL: <https://www.researchgate.net/publication/265661202>
5. Мельников А. Ю. Использование нейросетевых технологий для приблизительного нахождения показателей спортсмена-метателя ядра / А. Ю. Мельников, Н. А. Кадацкий // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2019. – С. 87-89.
6. 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.
7. Кадацький М.А. Розрахунок показників спортсмена-метальника ядра за допомогою штучної нейронної мережі з 14 вхідними факторами / М. А. Кадацький, О. Ю. Мельников // 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.
8. Кадацький М.А. Постановка задачі визначення кращої техніки метання для спортсмена-метальника ядра з використанням штучної нейронної мережі з 10 вхідними факторами / М. А. Кадацький, О. Ю. Мельников // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: зб.наук. праць / Під редакцією Г.О. Райко. – Херсон: ФОП Вишемирський В. С., 2020. – С.245-246.
9. *Performance Analysis Shot Put*. URL: <https://www.quinticsports.com/performance-analysis-shot-put/> (Дата звернення 09.09.2021).
10. *Critical Factors In The ShotPut* By Michael A. Young, Louisiana State University. URL: http://coachr.org/critical_factors_in_the_shot_put.htm (Дата звернення 17.09.2021).
11. *Development and application of an optimization model for elite level shot putting*, URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-and-application-of-an-optimization-for-Young/9c88deec9c4114b9d404834dd70d83f55e71f65e> (Дата звернення 17.09.2021).

Олійник С.Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ НЕСТІЙКИХ СТАНІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ В ПРОЦЕСІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Вирішувалося завдання побудови моделі для аналізу спектру вібропереміщень під час обробки складнопрофільної оболонки. Вхідні дані були забезпечені результатами запису спектру коливань під час обробки. Вихідними даними був рівень хвилястості поверхні після проходження інструменту. На висоту та крок хвилястості впливає рівень амплітуди коливань та їх частота. Модель дозволяє визначати нестійкі стани технологічної системи під час обробки.

The problem of creating a model for the analysis of the spectrum of vibration displacements during the machining of a complex shell are solved. The input data were provided by the results of recording the oscillation spectrum during machining. The initial data was the level of surface waviness after the passage of the tool. The height and step of the waviness are influenced by the level of amplitude of oscillations and their frequency. The model allows to determine the unstable states of the technological system during machining.

Механічна обробка тонкостінних великогабаритних виробів з крихких матеріалів супроводжується виникненням нестійких станів, під час яких виникають значні вібрації, які впливають на якість поверхні та трудомісткість наступних опоряджувальних методів. Результати дослідження характеру коливань під час обробки тонкостінних оболонкових виробів представлено в ряді наукових праць [1, 2, 3, 4]. Відмічається, що на характер коливань впливає значна кількість факторів, пов'язаних з процесом обробки та властивостями матеріалу заготовки та інструменту, а також з геометрією заготовки.

Для дослідження вібрації, під час механічної обробки (алмазно-абразивної обробки тонкостінної оболонки, параболоїда обертання з ситалу), були виконані вимірювання параметрів вібропереміщення шліфувальної головки за допомогою віброметра аналізатору спектру 7M107B. Вимірювання, які були виконані дають можливість порівняти зміни значень вібропереміщень та спектра частот коливань при проходженні інструменту вздовж профілю заготовки, а також зміну цих значень для наступних проходів інструменту, які залежать від таких факторів, як зміна та коливання товщини стінки, глибини різання.

Після вимірювання основний спектр частот було розділено на групи: 10 ± 5 Гц, 20 ± 5 Гц, 36 ± 5 Гц, 50 ± 5 Гц, 68 ± 5 Гц, 207 ± 5 Гц, 340 ± 5 Гц, 407 ± 5 Гц. За допомогою програми до приладу визначені амплітуди коливань шліфувальної головки на цих частотах на окремих ділянках заготовки. Заготовка тонкостінна складнопрофільна оболонка [3, 4] умовно була розділена на сім ділянок в межах яких зміна геометрії незначна. На цьому етапі було зафіксовано, що при збігу частоти, яка викликана обертанням шліфувального круга, з власними

частотами підсистеми, відбувається підвищення амплітуди коливань. Результати аналізу спектру дозволили виявити, що збільшення вібрацій виникає: на першій ділянці (від носка виробу), що відповідає координатам: 100 мм, 200 мм та пов'язано з низькою жорсткістю підсистеми «шпиндельний вузол-оправка-заготовка», максимальні амплітуди виникають на частотах (без урахування частот, менших за 10 Гц): 50 ± 5 ; 68 ± 5 ; 10 ± 5 , 20 ± 5 Гц; на ділянці 200-400 мм, що для проходів I та II пов'язано з нерівномірним шліфуванням (проходом через лиску), до спектру додаються власні частоти підсистеми «агрегатна головка – супорт», максимальні амплітуди виникають на частотах (без урахування частот, менших за 10 Гц): 68 ± 5 ; 50 ± 5 ; 36 ± 5 , 10 ± 5 Гц; на ділянці 300-400 мм, де відбувається зміна конфігурації площини контакту на шліфувальному інструменті, максимальні амплітуди коливань виникають на частотах (без урахування частот менших 10 Гц): 50 ± 5 ; 68 ± 5 ; 10 ± 5 , 36 ± 5 Гц; на ділянці 600 - 700 мм (за винятком «проходу II», імовірно через те, що оброблена заготовка-оболонка знаходиться в нестійкому стані, найбільші амплітуди спостерігаються для спектра частот менших 10 Гц. Причина зниження амплітуди коливань для «проходу III» полягають у тому, що глибина різання зменшилася від 1 мм до 0,75 мм, що знизило нормальну складову сили різання та підвищило стійкість оболонки. Для всіх проходів спектр частот коливань має найменші амплітуди вібропереміщень на ділянках: 300, 400 або 450 мм, окрім «проходу II», у якого зниження амплітуд відбувається на ділянці 200 мм. На зазначених ділянках відбувається збільшення площі зони контакту, заготовка-оболонка знаходиться у стійкому стані. Також на цих ділянках спостерігається найбільша товщина стінки оболонки, як наслідок її нерівномірності, що виникає при формуванні на заготівельній операції [3].

Мета роботи – побудувати модель за допомогою нейронної мережі, яка дозволить діагностувати нестійкий стан заготовки під час обробки.

Використання методу нейромережевого моделювання дозволяє створити інформативну модель і застосовувати її для контролю динамічного стану технологічної системи під час обробки. Для створення моделі використана програма NeuroPro 0,25. До таблиці даних були внесені наступні вхідні данні: амплітуди коливань на основних частотах (10, 20, 36, 50, 68, 136, 204, 340, 407 Гц) на сімох ділянках заготовки. Заготовка має складний профіль, тому характер коливань змінюється.

Після проходження інструмента з поверхні були зняти параметри хвилястості на кожній ділянці обробки, які умовно було розділено на три групи: нормальний, задовільний та незадовільний рівень хвилястості. Відповідно було присвоєно наступні вихідні показники: нормальний – 0; задовільний – 0,5; незадовільний – 1. Відповідно на висоту та крок хвилястості впливає амплітуда та частота коливань, що дало можливість оцінити динамічний стан технологічної системи під час обробки. Побудову мережі було виконано на основі вхідних даних (величини амплітуди за визначеними частотами) та вихідним показником, який характеризує поверхню. Кількість вхідних сигналів дорівнює дев'яти, вихідних – один. Загальна безліч була поділена на навчальну та тестову. Для навчання було використано декілька етапів перемішування

навчальної безлічі до моменту зрівняння похибки навчальної та тестової безлічі. Похибка навчання вихідного параметра – 0,1.

За допомогою програми була побудована одношарова мережа з початковою кількістю нейронів 100 з наступною оптимізацією мережі. В результаті була отримана модель, яка при вступі на вхід частотного спектру коливань технологічної системи на виході визначає стан її стійкості (рис. 1).

Поля базы данных (исходные симптомы):

N5
N7

Поля базы данных (конечные синдромы):

N10

Предобработка входных полей БД для подачи сети:

$N5 = (N5 - 0,45) / 0,45$
 $N7 = (N7 - 0,5) / 0,5$

Функциональные преобразователи:

Сигмоида1(A) = $A / (0,1 + |A|)$

Синдромы 1-го уровня:

Синдром1_1 = Сигмоида1($-0,987103 * N5 - 0,05642235 * N7 - 0,9862014$)
Синдром1_2 = Сигмоида1($0,9999999 * N5 - 0,1247255 * N7 + 0,412728$)
Синдром1_3 = Сигмоида1($0,6066081 * N5 + 0,4842897 * N7 + 0,8264513$)
Синдром1_4 = Сигмоида1($-0,4777336 * N5 - N7 - 0,2699005$)
Синдром1_5 = Сигмоида1($-0,5105553 * N5 - N7 - 0,9502493$)

Конечные синдромы:

$N10 = -0,4942214 * \text{Синдром1_1} + 0,4803752 * \text{Синдром1_2} - \text{Синдром1_3} - 0,8029916 * \text{Синдром1_4} - 0,5597352 * \text{Синдром1_5} + 0,08574884$

Постобработка конечных синдромов:

$N10 = ((N10 * 1) + 1) / 2$

Рисунок 1 – Вербальний опис нейромережи

Тестові та контрольні вибірки підтвердили результат моделювання.

ВИСНОВКИ

Модель, яка була отримана за допомогою нейромережного моделювання в програмі NeuroPro 025 відповідає експериментальним даним та описує динамічний стан технологічної системи. Під час навчання мережі було відхилене незначущі параметри та залишено тільки два параметра, які відповідають: 68 Гц - частота на якій виникають вимушені коливання технологічної системи; 204 Гц – частота, яка пов'язана з нижчими власними частотами коливання стінки оболонки, на цій частоті виникають параметричні коливання заготовки-оболонки. Саме ці показники приводять до динамічної нестійкості технологічної системи. Отримана модель дозволить контролювати динамічний стан технологічної системи під час обробки.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Kolluru Kiran. *A solution for minimising vibrations in milling of thin walled casings by applying dampers to workpiece surface* / Kiran Kolluru, Dragos Axinte, Adib Becker // *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. – 2013. - № 62. – P. 415–418.
2. Patent US 2010/0164187 A1, B23 31/30 (2006.01), B23Q3/08 (2006.01). *Adaptive design of fixture for thin-walled shellacylindrical components* / Zunmin Geng (Nottingham GB); assignee The University of Sheffield (Sheffield GB)/ - № PCT/GB2008/OOOT45; PCT Fled: Mar. 5, 2008; date Mar. 17, 2010, 12/529,834. – p.11.
3. Олейник С.Ю. Уменьшение волнистости поверхности на этапе глубинного алмазного шлифования мало жестких деталей типа тонкостенных оболочек / С.Ю. Олейник // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Машинобудування і машинознавство”*. - 2014, № 1 (11) - С. 141-151.
4. Oliinyk S.Yu. *Technological fixtures for machining of large-sized thin-walled shells of complex profile* / S.Yu.Oliinyk, L.P. Kalafatova // *Cutting & tool in technological system*. – Kharkiv NTU «KhPI», 2021. - №94, С. 28-41.

Ольховська О. Л., Гудкова К. Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ

Показано актуальність оцінки ефективності розробки ІТ-проєкту для забезпечення прийняття раціональних рішень керівництвом підприємств щодо інвестицій в інформаційні технології. Наведено можливість використання інструментарію штучного інтелекту для оцінки ефективності ІТ-проєктів. Розглянута практична реалізація нейро-нечіткої моделі ANFIS для прогнозування економічного ефекту розробки ІТ-проєкту.

The relevance of assessing the effectiveness of IT project development to ensure rational decision-making by the management of enterprises on investment in information technology is shown. The possibility of using artificial intelligence tools to assess the effectiveness of IT projects is presented. The practical implementation of the neuro-fuzzy ANFIS model for forecasting the economic effect of IT project development is considered.

Постановка проблеми. Діяльність, пов'язана з використанням, створенням певної інформаційної технології розглядається як ІТ-проєкт. В РМВоК [1] проєкт – це задача з певними вихідними даними і необхідними результатами (цілями), що обумовлюють спосіб її вирішення. У Законі України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» формується визначення проєкта інформатизації як комплексу взаємопов'язаних заходів, зазвичай інвестиційного характеру, що узгоджені за часом, використання певних матеріально-технічних, інформаційних, людських, фінансових та інших ресурсів і мають на меті створення визначених інформаційних і телекомунікаційних систем, засобів інформатизації та інформаційних ресурсів, які відповідають певним технічним умовам і показникам якості [2]. Тобто під ІТ-проєктом будемо розуміти програмні додатки, інформаційні системи, розгортання ІТ-інфраструктури. Економічна ефективність інформаційної системи розглядається як результативність впровадженої інформаційної системи, співвідношення між результатами її впровадження і витратами на досягнення запланованих результатів. Економічна ефективність ІТ-проєкту може бути розрахована на різних стадіях життєвого циклу інформаційної системи: на стадії ініціювання розробки, стадії проєктування, стадії створення, стадії впровадження й експлуатації інформаційної системи. В залежності від цього отримують різний характер розрахунків, спосіб їх проведення, ступінь деталізації. Визначення ефективності розробки ІТ-проєктів є нагальною задачею для керівництва як при розробці, так при впровадженні проєкту, оскільки реалізація цих проєктів супроводжується ризиком при досить високих витратах ресурсів. Вищезазначене обумовило актуальність проблеми, що розглядається.

Аналіз останніх публікацій. Оцінка ефективності ІТ-проектів, зокрема, інформаційних систем, базується на підходах, спрямованих на визначення фінансових складових, якісних показників проектів [3-6]. Незважаючи на велику кількість робіт у цій галузі в умовах невизначеності та неточних вхідних даних, застосування традиційних методів, призводить до невірних підсумкових результатів, що призводить до прийняття помилкових рішень. Крім цього, на етапі прийняття рішення щодо розробки проекту постає питання пошуку критерію порівняння розрахункових значень з майбутніми вигодами за проектом. З цього витікає задача дослідити можливість використання нових технологій для розв'язання традиційних завдань. Математичні інструменти із категорії штучного інтелекту дозволяють узагальнювати та систематизувати представлені нейромережі знання, знаходячи приховані закономірності між показниками [7].

Метою роботи є побудова нейромережевої моделі оцінки ефективності ІТ-проекту.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В основі оцінки ІТ-проектів має лежати показник ефективності, який би був чутливим до змін параметрів ІТ-проекту, репрезентативним, тобто мета реалізації ІТ-проекту знаходила пряме відображення в показнику його ефективності, враховував невизначеність умов реалізації проекту, проте водночас був простим для обчислення та аналізу показника ефективності ІТ-проекту, бути комплексним показником, щоб уникнути надлишковості показників. Рішенням цієї проблеми автори бачать в використанні гібридної системи, яка дозволяє вигідно використати переваги технологій нейромереж та нечіткої логіки, а саме в створенні нейронечіткої системи типу ANFIS.

ANFIS реалізує систему нечіткого виведення Сугено у вигляді п'ятишарової нейронної мережі прямого розповсюдження сигналу. Призначення шарів таке:

- перший шар – терми вхідних змінних;
- другий шар – антецеденти (посилки) нечітких правил;
- третій шар – нормалізація ступенів виконання правил;
- четвертий шар – укладання правил;
- п'ятий шар – вихідна змінна, агрегування (композиція) результату, отриманого за різних правил.

У моделі виведення Сугено-Такагі використовується набір правил:

$$R_i : \text{ЯКЩО } x_i \text{ це } A_{i1} \text{ ТА } x_n \text{ це } A_{in}, \text{ ТО } y = f(X), \quad (1)$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - набір вхідних параметрів;

$f(X)$ – певна чітка функція, наприклад.

Визначаються рівні «відсікання» a_i для лівої частини кожного з правил згідно з виразом $a_i = \min_j(A_{ij}(x_j))$, $i=1, \dots, m$, $j=1, \dots, n$ і розраховуються «індивідуальні» виходи правил і R_i , $i=1, \dots, m$:

$$y_i^* = p_{i0} + \sum_{j=1}^n p_{ij} x_j \quad (2)$$

де p_{i0}, p_{ij} – коефіцієнти полінома або цифрові ваги, які уточнюються у процесі аналізу даних.

Блок дефазифікації здійснює перехід від нечіткого значення лінгвістичної змінної (управління) до числового значення. У разі спрощеного алгоритму нечіткого виведення (алгоритм Сугено нульового порядку), коли $y_i = f(X) = p_{i0}, i = 1, \dots, m$ слід:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\sum_{i=1}^m \min_j(\mu_{ij}(x_j)) p_{i0}}{\sum_{i=1}^m \min_j(\mu_{ij}(x_j))} \quad (3)$$

Припустимо для лінгвістичної оцінки вхідних змінних використовуються три терми. Як терм-множини лінгвістичної змінної x_i використовується множина $T_x = \{\text{«критичний»}, \text{«середній»}, \text{«високий»}\}$. Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної y складає множину $T_y = \{\text{«низький»}, \text{«критичний»}, \text{«високий»}\}$. Система нечіткого висновку містить 3 правила. У нейро-нечіткій системі ANFIS розмірність терм-множини вихідних змінних T_y повинна дорівнювати кількості правил [7-9].

Шар 1. Кожен вузол першого шару системи ANFIS обробляє вхідні дані. Входи мережі з'єднані лише з термами. Кількість вузлів першого шару дорівнює сумі потужностей терм-множин вхідних змінних, де операція фазифікації виконано на синглетній основі, тобто виконується роздільна фазифікація, визначаються нечіткі терми вхідних параметрів. Виходи вузлів цього шару представляють значення функції приналежності при конкретних значеннях входів. Кожен вузол цього шару є адаптивним й описує функцію приналежності $\mu_{A_j}(x_i)$, де x_i – вхід i -того вузла, A_j – лінгвістична змінна із терм-множин T_x що асоціюється з даним вузлом. Для термів вхідних змінних обрані гаусові функції приналежності [7]:

$$\mu_{A_j}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - c_i}{\sigma_i}\right)^{2b_i}}, i = \overline{1, n} \quad (4)$$

де c_i, σ_i, b_i – параметри налаштування функцій приналежності в процесі навчання. Параметри цього шару відносяться к параметрам передумов.

Шар 2. Кількість вузлів другого шару m . Кожен вузол цього шару відповідає одному нечіткому предиктивному правилу. Вузол другого шару з'єднаний з тими вузлами першого шару, які формує посилки відповідного правила. Отже, кожен вузол другий шар може приймати від 1 до n сигналів.

Виходом вузла є ступінь виконання правила, що розраховується як добуток вхідних сигналів (за Ларсеном). Нехай виходи вузлів цього шару $\tau_r, r = 1, \dots, \bar{m}$, де \bar{m} кількість нечітких правил [7-9]:

$$\tau_r = \min\{\mu_{A_r}(x)\} \quad (5)$$

Шар 3. Кількість вузлів третього шару дорівнює \bar{m} . У цьому шарі в якості вхідних даних використовуються вхідні значення нейронів попереднього шару. Кожен вузол цього шару розраховує відносний ступінь виконання нечіткого правила (нормалізація) за формулою:

$$\tau_r^* = \frac{\tau_r}{\sum_{j=1}^{\bar{m}} \tau_j} \quad (6)$$

Шар 4. Кількість вузлів шару також дорівнює m . Кожен вузол з'єднаний з одним із вузлів третього шару, а також з усіма входами мережі. Вузол четвертого шару розраховує внесок одного нечіткого правила у вихід мережі за формулою:

$$y_r = \tau_r^* (b_{0,r} + b_{0,r}x_1 + \dots + b_{n,r}x_n) \quad (7)$$

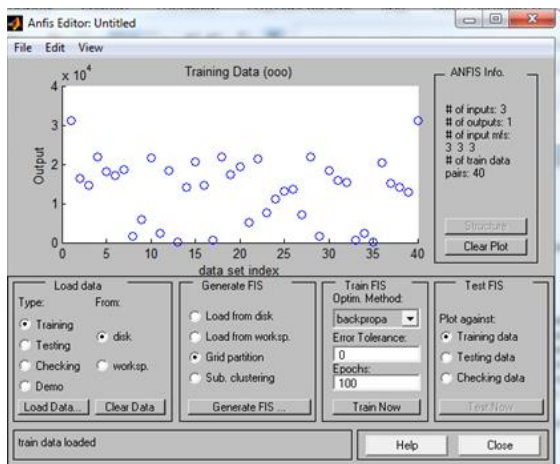
5. Єдиний вузол цього шару підсумовує вклади всіх правил:

$$y = \sum_{j=1}^{\bar{m}} y_j \quad (8)$$

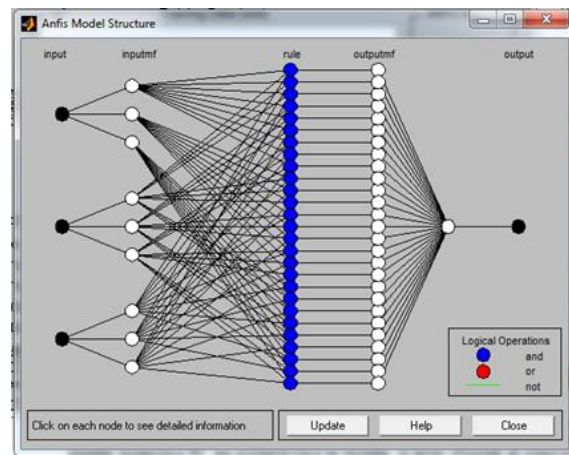
M-функція навчання мережі anfis визначення параметрів функцій приналежності систем нечіткого виведення типу Сугено може використовувати алгоритм зворотного поширення помилки чи алгоритм гібридного навчання. Навчання параметрів функцій приналежності гібридної нейро-нечіткої мережі реалізовано із застосуванням методу зворотного поширення помилки, заснованому на градієнтному методі якнайшвидшого спуску.

Вхідні дані задаються таблично. В якості вхідних показників використовуються витрати комп'ютерного часу (X1), витрати на розробку (X2), трудомісткість виконання (X3). Вихідним параметром є економічний ефект (Y). Вирішення завдання виконується у програмі MatLab 6.1. Для генерування системи нечіткого виведення було обрано операцію ґратчастого розбиття, який передбачає, що функції приналежності нечітких термів рівномірно розподіляються всередині універсуму даних [8].

На рисунку 1((а),(б)) наведено вікно завантаження вихідних даних та структура згенерованої системи (FIS-система) нечіткого виводу графік функції помилки при



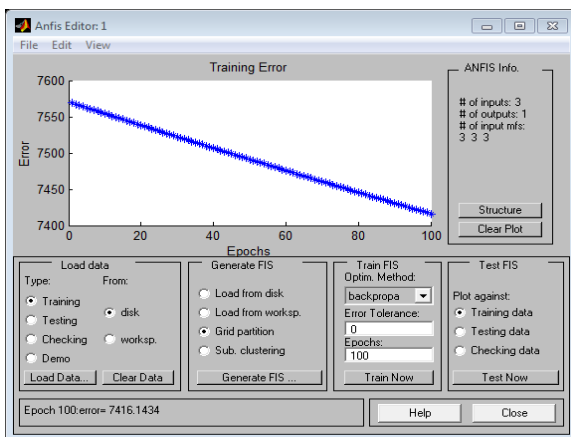
a)



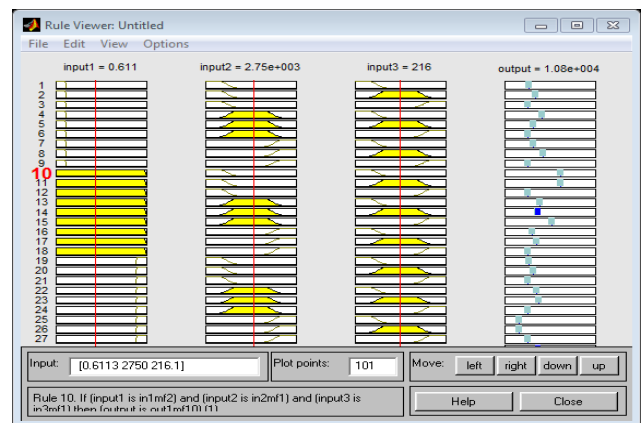
б)

Рисунок 1 – Завантажені вихідні дані та структура ANFIS- моделі

Кількість вхідних змінних 3, кожна змінна має 3 терми, тобто загальна кількість правил дорівнює $3^3 = 27$ штук. Після навчання системи отримує графік залежності помилок навчання від кількості циклів і налаштовану нечітку систему правил для визначення результативного показника рис 2 ((а), (б)).



a)



б)

Рисунок 2 – Ілюстрація графіку залежності помилок навчання від кількості циклів та роботи системи

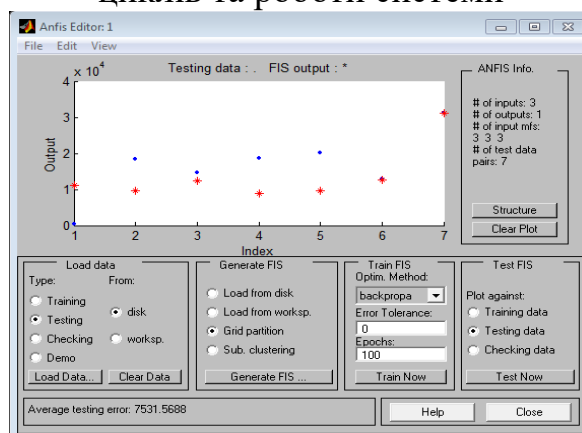


Рисунок 3 – Тестування налаштованої нейро-нечіткої мережі

ВИСНОВКИ

Таким чином, при оцінці ефективності ІТ-проєкту можливо використання математичного апарату штучного інтелекту, зокрема гібридної моделі нейро-нечіткої системи ANFIS. Перевагою використання ANFIS-системи є динамізм за рахунок налаштування мережі градієнтними алгоритмами, відсутність обмежень на кількість, адаптивність за рахунок модифікації заміни дельта-правила розрахунковими формулами у разі лінійних функцій приналежності терм-множності вхідних лінгвістичних змінних. В подальшому дослідженні планується вдосконалення системи показників оцінювання ефективності ІТ-проєкту та розширення бази експериментальних даних підвищення точності налаштування нейронечіткої моделі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Д. Кестел, В. Даве. *Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК)*. — М.: Олимп-Бизнес, 2014. — 586 с.
2. Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації». — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/75/98-%D0%B2%D1%80>.
3. Бузак Н.І. Економічна оцінка інформаційних технологій // *Вісник ЖДТУ*. — 2010. — № 3(53). — С. 29-32.
4. Поливана Л.А. Методичні підходи до оцінки ефективності проєкту впровадження інформаційних технологій на підприємствах торгівлі // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. — 2014. — Вип. 149. — С. 247-259. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2014_149_38.
5. Палагута К.О. *Мовна модель сучасного інформаційного простору: навч. посіб. для студ. економ. напрямів підготовки ден. та заоч. форм навчання* — Донецьк: [ДонНУЕТ], 2010. — 270 с.
6. Євдокимов В.В., Лозинський Д.Л. *Аналіз економічної ефективності впровадження бухгалтерських інформаційних систем*. — Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
7. Штовба С.Д. *Проектирование нечетких систем средствами MATLAB*. М.: Горячая линия — Телеком, 2007. 288 с.
8. Круглов В.В. *Искусственные нейронные сети. Теория и практика* / В.В. Круглов, В.В. Борисов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. 382 с.
9. Заде, Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]* / Л. Заде, под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского; пер. с англ. — М.: Мир, 1976. 168 с.

Онищук С.Г., Тулупов В.І. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ

Досліджено експлуатаційні властивості абразивних кругів з використанням штучних нейронних мереж. Наведено приклад прогнозування стійкості абразивних кругів та факторного експерименту.

The operational properties of abrasive circles with the use of artificial neural networks have been studied. An example of predicting the stability of abrasive wheels and factorial experiment is given.

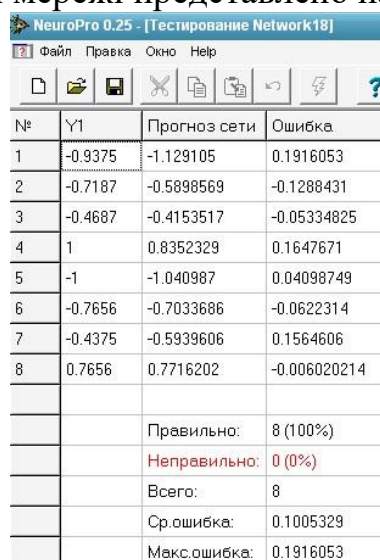
Для дослідження експлуатаційних властивостей абразивних кругів виконані експериментальні дослідження залежності питомого зношення від режимів обробки [1]. Дослідження виконані при плоскому шліфуванні зразків перетином $18 \times 6 \text{ мм}^2$ зі сталей Р12, Р18, Р6М5 кругами з ельбору АЧК150х10х32х3 Л10Б1-100%.

Факторами експерименту були наступні: швидкість різання v , м/с; подача поздовжня s , м/хв, глибина різання (радіальна подача) t , мм/подв. хід. Вихідним параметром є питоме зношення абразивного інструмента.

Для обробки експериментальних даних використана програма Neuro Pro 0.25, за допомогою якої виконуємо нейромережеве моделювання [2]. Архітектура нейронної мережі має три вхідних поля, одне вихідне поле й один шар з десяти нейронів.

Після навчання нейронної мережі отримано вербальний опис нейронної мережі.

Тестування нейронної мережі представлено на рисунку.



№	Y1	Прогноз сети	Ошибка
1	-0.9375	-1.129105	0.1916053
2	-0.7187	-0.5898569	-0.1288431
3	-0.4687	-0.4153517	-0.05334825
4	1	0.8352329	0.1647671
5	-1	-1.040987	0.04098749
6	-0.7656	-0.7033686	-0.0622314
7	-0.4375	-0.5939606	0.1564606
8	0.7656	0.7716202	-0.006020214
		Правильно:	8 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	8
		Ср.ошибка:	0.1005329
		Макс.ошибка:	0.1916053

Значимість факторів експерименту становить: 0,15 для $X_1=v$; 0,81 для $X_2=s$; 1,0 для $X_3=t$.

Перевірка нейронної мережі на другій серії експериментів свідчить про задовільну сходимість результатів.

ВИСНОВОК

Нейромережне моделювання дозволяє зменшити загальну кількість повторних експериментів та використати нейронну мережу для прогнозування результатів експериментів при подібних вихідних умовах.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. *Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. 2-е изд., доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.*
2. *Методичні вказівки до лабораторно - практичних робіт з дисципліни «Основи сучасних теорій моделювання процесів» / Укладачі: С. В. Ковалевський, В. В. Ємець. – Краматорськ: ДДМА, 2021. – 75с.*

Піца О.Р., Гайдучок О.В. (Національний університет “Львівська політехніка,
м. Львів)

ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ

Досліджено методи машинного навчання, розглянуто застосування нейронних мереж для розпізнавання рукописного тексту та представлено програму для демонстрації можливостей таких мереж.

The methods of machine learning are investigated. The use of neural networks for handwriting recognition is considered and a program to demonstrate the capabilities of such networks is developed.

Постановка проблеми. У сучасному світі, з розвитком технологій все більше процесів стають автоматизованими, що дозволяє людині сконцентруватись на інтелектуальній роботі. Та з розвитком штучних нейронних мереж і глибинного навчання розв'язання деяких інтелектуальних задач теж може бути автоматизовано і виконуватись програмою, як приклад - розпізнавання образів та їх аналіз або транскрибування рукописних текстів. В наш час багато бюрократичних і фінансових операцій переходять на електронний документообіг, тому багато паперових документів мають бути трансформовані в електронні. Це великий обсяг роботи, при якому було б доцільно використовувати штучні нейронні мережі для розпізнавання рукописного тексту.

Аналіз останніх публікацій. Було проаналізовано роботи таких авторів: Harald Scheidl, Stefan Fiel, Robert Sablatnig, Baoguang Shi, Xiang Bai and Cong Yao. В їх роботах не повною мірою був розкритий процес первинного форматування тексту та виокремлення з нього рядків.

Метою роботи є аналіз методів побудови штучних нейронних мереж та реалізація програмного забезпечення для розпізнавання рукописного тексту. Існує два основних підходи, а саме приховані моделі Маркова та штучні нейронні мережі (ШНН). Пропонована система розпізнавання тексту базується на ШНН.

Виклад основного матеріалу дослідження. В ході дослідження було проаналізовано різні підходи до розпізнавання рукописного тексту. Перші підходи до розпізнавання рукописного тексту передбачали такі методи машинного навчання, як приховані моделі Маркова (НММ). Після попередньої обробки початкового тексту виконується вилучення функцій для ідентифікації

ключової інформації, такої як петлі, точки перегину, співвідношення сторін індивідуального характеру тощо. Ці функції тепер подавались до класифікатора, наприклад НММ, щоб отримати результати. Продуктивність таких моделей машинного навчання була досить обмежена через фазу вилучення функцій вручну та їх обмежену здатність навчатися. Етап вилучення функцій відрізнявся для кожної окремої мови, і тому не був універсальним. З приходом глибинного навчання прийшли й нові підходи для розпізнавання почерку із значно більшою точністю.

Для побудови нейронної мережі було використано модель з шарами трьох типів:

Шари згорткової нейронної мережі (CNN): вхідне зображення подається на шари CNN. Ці шари навчені вилучати відповідні ознаки із зображення. Кожен шар складається з трьох операцій: операція згортки, яка застосовує ядро фільтра розміром 5×5 у перших двох шарах та 3×3 в останніх трьох шарах до входу. Потім застосовується нелінійна функція RELU. Нарешті, шар об'єднання підсумовує області зображення та виводить зменшену версію вхідної матриці розміром 32×256 .

Шари рекурентної нейронної мережі (RNN): послідовність ознак містить 256 ознак на кожен такт, RNN поширює відповідну інформацію через цю послідовність. Використовується реалізація RNN з довготривалою короткостроковою пам'яттю (LSTM), оскільки вона здатна поширювати інформацію на більші відстані та забезпечує більш надійні навчальні характеристики, ніж звичайна RNN. Вихідна послідовність RNN відображається на матриці розміром 32×80 . Набір даних IAM складається з 79 різних символів, а для операції CTC потрібен ще один додатковий символ (пуста мітка), тому для кожного з 32 тактів є 80 записів.

Шар коннекціоністської тимчасової класифікації (CTC): під час навчання ШНМ, CTC отримує вихідну матрицю RNN і істинний текст, і вона обчислює значення похибки. Для висновку, CTC отримує лише матрицю, і вона декодує її в остаточний текст.

Нейронна мережа написана мовою програмування Python з використанням спеціалізованих бібліотек Tensorflow та OpenCV.

Для навчання нейронної мережі було використано FKI IAM Handwriting Database з дата сетом з 115320 рукописних слів. Навчання ШНМ розпізнавати зображення займає досить багато часу через необхідність постійного завантаження та обробки зображень, що займає більшу частину процесу навчання.

Приклади роботи нейронної мережі на рукописному тексті:

Attempt to get more information about .
cally House meeting will be made in the
of Commons this afternoon. Labour M.P.s at
many questions to the Prime Minister ask
statement. President Kennedy flew from lo
t last night to arrive in Washington this
ing. He is to make a 30-minute radio
cast and television report on his
s with Mr. Khrushchov this evening

Рисунок 1. Приклад рукописного тексту для розпізнавання

```
Init with stored values from ../model/snapshot  
Line 1: "Hempt to get more information about ."  
Line 2: "cally House meehing will be made in the"  
Line 3: "of Commonsthis afternoon Labour M.P.s a"  
Line 4: "many questions to the Prime Minister a"  
Line 5: "statement President Kannedyflex from lo"  
Line 6: "A last mieght to aaive in Weshington this"  
Line 7: "ing. He is to make e30-minute matios"  
Line 8: "caust and television repot on his"  
Line 9: ", with Mr. Kuushchov this evening"
```

Рисунок 2. Результат роботи штучної нейронної мережі

ВИСНОВКИ

Загалом наведена вище нейронна мережа змогла розпізнати рукописний текст з досить високою точністю. Результат може бути покращений більш тривалим навчанням ШНМ а також розробленням алгоритму розділення тексту на сегменти для кращого розпізнавання. Також точність розпізнавання можна покращити правильним підбором декодера CTC.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Harald Scheidl, Stefan Fiel, Robert Sablatnig *Word Beam Search: A Connectionist Temporal Classification Decoding Algorithm*. 2018 С. 1-6
2. Baoguang Shi, Xiang Bai and Cong Yao *An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition*. 2015 С. 1-8

Решетняк Т.В., Нечволода Л.В., Крикуненко К.М. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто методику застосування нейронних мереж для оцінки фінансового стану підприємства. Зроблено огляд методик побудови нейронних мереж для вирішення різних економічних задач і прийняття рішень. Наведено характеристику якості побудованих нейромережових моделей різних типів. Обрана найкраща модель для прогнозування фінансового стану підприємства. Проведено аналіз якості моделі багаторівневого перцептрона. Розроблено класифікацію нових випадків на основі нейромережової моделі.

The method of application of neuron networks is considered for the estimation of the financial state of enterprise. The review of methods of construction of neuron networks is done for the decision of different economic tasks and making decision. Description of quality of the built neurosetevykh models of different types is resulted. The best model is chosen for prognostication of the financial state of enterprise. The analysis of quality of model of multilevel perseptron is conducted. Classification of new sluchav is developed on the basis of network model.

Нейронні мережі мають досить широку сферу застосування. Це завдання розпізнавання образів і класифікація, прийняття рішень і управління, кластеризація, прогнозування і апроксимація, стиснення даних і асоціативна пам'ять.

У науковій літературі [1-5] робиться акцент на завданнях використання нейромережових технологій для прогнозування різних економічних показників. Результати роботи нейронної мережі дозволяють побудувати досить точні прогнози розвитку господарського суб'єкта.

Здібності нейронної мережі до прогнозування безпосередньо впливають з її здатності до узагальнення і виділення прихованих залежностей між вхідними та вихідними даними. Після навчання мережа здатна передбачити майбутнє значення якоїсь послідовності на основі декількох попередніх значення і / або якихось існуючих зараз чинників. Слід зазначити, що прогнозування можливо тільки тоді, коли попередні зміни дійсно в якійсь мірі визначають майбутні.

Інтерес представляє використання неросетевих технологій для складання прогнозу фінансового стану підприємства.

Метою роботи є розробка прогнозу фінансового стану машинобудівного підприємства на основі використання неромоделі.

На прикладі фінансової звітності машинобудівних підприємств пропонується побудова нейросетевой моделі.

Процес побудови нейронної мережі включає наступні етапи:

1. Вибір типу мережі для вирішення поставленого завдання;
2. Навчання нейронної мережі, тобто визначення чисельних значень ваг кожного з нейронів на підставі експертної або ретроспективної інформації;

3. Перевірка нейронної мережі, яка пройшла навчання, на даних контрольного прикладу;

4. Використання мережі, яка успішно пройшла навчання та тестування, для вирішення завдання.

За допомогою пакета Statistica Neural Networks (StatSoft Inc.) [6], який об'єднує в собі зручний інтерфейс і широкі можливості вибору різних типів нейронних мереж побудована модель оцінки та аналізу реалізації фінансового плану на прикладі даних ЗАТ НКМЗ.

В якості вхідних показників моделей нейронних мереж розглядаються темпи зміни значень таких показників підприємства, як: темп зміни фондомісткості продукції (T_FE), темп зміни матеріаломісткості продукції (T_ME), темп зміни ліквідації дебіторської заборгованості (T_PDZ), темп зміни обсягу продажів (T_OP), темп зміни фонду оплати праці (T_FOT), що відображають інтенсивність впливу загроз. Вихідною змінною є тип фінансового стану.

Для перебору моделей нейронних мереж в пакеті Statistica Neural Networks застосовується Майстер вирішення завдань (Intelligent Problem Solver). Модуль Майстер вирішення завдань дозволяє переглянути досить велику кількість можливих моделей, провести їх навчання і тестування різними методами, автоматично вибрати найкращу.

На рис.1 показана екранна форма програми SNN, що показує розбиття вихідної вибірки даних на три класи: навчальна вибірка, за якими будується нейронна мережа; верифікована вибірка, що використовується в якості бази знань для коригування ваг; і тестована вибірка, що подається на вхід побудованої нейронної мережі і є засобом перевірки гнучкості моделі до нових даних. Розбиття вихідної вибірки даних на три групи здійснюється випадковим чином, при цьому кількість спостережень в вибірках задається безпосередньо у формі або за замовчуванням. Навчальна множина служить для навчання нейронної мережі, контрольна - для незалежної оцінки ходу навчання, тестова - для остаточної оцінки моделі після серії експериментів.

	T_FE	T_ME	T_PDZ	T_OP	T_FOT	
01	1.0125	1.014286	1.014286	1.055595	0.9619082	
02	1.0125	1.014286	1.014286	1.022946	0.9619082	
03	0.875	0.8714286	0.8714286	1.055917	0.8312567	
04	0.875	0.8714286	0.8714286	1.023231	0.8312567	
05	1	1.042857		1	1.055113	0.993948
06	1	1.042857		1	1.022488	0.993948
07	1	1.042857		1	1.00004	0.993948
08	1.125	1.142857	1.142857	1.05649	1.092026	
09	1.125	1.142857	1.142857	1.023793	1.092026	
10	1.125	1.142857	1.142857	0.4684571	1.092026	

Рисунок 1 - Фрагмент розбиття вхідних даних на три групи для навчання нейронних мереж

Найкращою обрано модель багаторівневого перцептрона, що має найменшу величину помилки (0,013). На рис.2 наведено архітектуру цієї моделі.

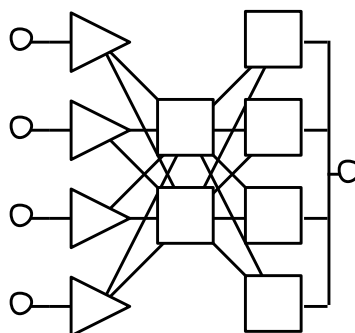


Рисунок 2 - Архітектура моделі багаторівневого перцептрона

Використовуючи дану модель можна зробити прогноз оцінки рівня фінансового стану машинобудівного підприємства на перспективу. У табл. 1 наведено результат класифікації з використанням багаторівневого перцептрона для нових випадків.

Таблиця 1

Результати класифікації нових випадків на основі нейромережевої моделі

Вхідні дані	T_ME	T_PDZ	T_OP	T_FOT	Вихідні дані	Тип класу за моделлю(T_KLASS)
Input	0.8	0.8	0.8	0.8	Output	KL2(нестійкий фінансовий стан)
Input	0.85	0.85	0.85	0.85	Output	KL2(нестійкий фінансовий стан)
Input	0.9	0.9	0.9	0.9	Output	KL2(нестійкий фінансовий стан)
Input	0.95	0.95	0.95	0.95	Output	KL2(нестійкий фінансовий стан)
Input	1	1	1	1	Output	KL4 (стійкий фінансовий стан)
Input	1, 05	1, 05	1, 05	1, 05	Output	KL3 (нормальний фінансовий стан)
Input	1, 1	1, 1	1, 1	1, 1	Output	KL3 (нормальний фінансовий стан)
Input	1, 15	1, 15	1, 15	1, 15	Output	KL3 (нормальний фінансовий стан)
Input	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	Output	KL3 (нормальний фінансовий стан)

ВИСНОВКИ

Як у вітчизняній, так і в зарубіжній практиці існує досить велика кількість моделей для аналізу фінансового стану підприємств, але їх використання дає можливість отримати тільки оцінку стану. Але цього не

достатньо для успішного функціонування виробництва, оскільки потрібно не тільки аналізувати результати роботи підприємства, але і зробити прогноз роботи на майбутнє.

Для успішної оцінки роботи підприємства і розробки прогнозу на майбутнє в статті пропонується використання нейромережових технологій.

За допомогою пакета Statistica Neural Networks побудована модель оцінки і прогнозу рівня фінансового стану машинобудівного підприємства на прикладі даних ЗАТ НКМЗ.

Із запропонованих нейромережових моделей була обрана модель багаторівневого перцептрона (її застосування дає найменшу помилку прогнозу). Використання даної моделі дозволило класифікувати рівень фінансового стану підприємства в залежності від різних значень вхідних змінних. В даному випадку вхідні змінні - набір фінансових показників.

Таким чином, використання даної моделі дозволяє не тільки оцінити фінансовий стан підприємства, але і спрогнозувати його рівень в залежності від значень фінансових показників.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Швиданеко Г.О., Олексюк О.І. Сучасна технологія діагностики фінансово-економічної діяльності підприємства: Монографія – К.: КНЕУ, 2002. – 192с.
2. Решетняк Т. В. Комплексная оценка финансовой устойчивости предприятия на основе методов системного экономического анализа// Зб. наук. праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції «Методи системного аналізу і моделювання в сучасних економічних системах», м. Кам'янець-Подільський, 1 квітня 2006 р.
3. Решетняк Т. В. Моделювання тенденцій зміни стійкості фінансового стану підприємства// Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. - №21. – 2007. - С.144-149.
4. Решетняк Т. В. Прогнозування прибутку з використання нейромережових технологій// Зб. наук. праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні наукові досягнення - 2006», м. Дніпропетровськ, 20-28 лютого 2006 року.
5. Єлисеєва О.К., Решетняк Т.В. Методи та моделі оцінки і прогнозування фінансового стану підприємств: монографія. –Краматорськ: ДДМА, 2007. – 208 с.
6. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks. Пер. с англ. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2002. – 182с.

Слюсар В.И. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України) **Слюсарь И.И.** (Полтавський державний аграрний університет)

ЛЬВЫ ЗООПАРКА НЕЙРОСЕТЕЙ

Рассмотрены результаты исследования точности различных архитектур сверточных нейросетей на примере классификации изображений датасета CIFAR10. Выдвинута гипотеза о возможности повышения точности классификации за счет искусственного увеличения формата изображения перед подачей на вход нейросети.

The paper considers the results of studying the accuracy of various architectures of convolutional neural networks using the example of image classification of the CIFAR10 dataset. A hypothesis is put forward about the possibility of improving the classification accuracy by artificially increasing the image format before feeding it to the input of the neural network.

Большое разнообразие архитектур нейронных сетей существенно затрудняет выбор среди них конкретных решений для практической реализации. В помощь разработчикам создаются архитектурные базы данных, получившие образное наименование “зоопарков”, например, [1 - 3], а также проводятся многочисленные тесты на точность и производительность. При этом используются общедоступные наборы данных (датасеты), ставшие де-факто негласными стандартами в соответствующей сфере.

Помимо выбора самих структур нейросетей важное значение имеет также настройка параметров их слоев, в том числе, в случае использования предобученных нейронных сетей в различных комбинациях, а также в сочетании с типовыми слоями Dense, MaxPool, Conv2D и др.

Целью работы является рассмотрение результатов тестирования некоторых из предложенных авторами архитектур нейросетей для классификации изображений на примере использования датасета CIFAR10.

Тестирование соответствующих нейронных структур осуществлялось в фреймворке “Terra AI”, являющемся на данный момент лучшим в своем классе средством синтеза и тестирования нейросетей, с точки зрения достигнутой степени автоматизации и удобства использования.

В качестве отправной точки исследований была выбрана сеть LeNet5 [1, 4, 5], разработанная в свое время для распознавания рукописных цифр на изображениях формата 28×28 пикселей датасета MNIST [6]. При этом в строгом соответствии с первоисточником в качестве активирующих функций были заданы сигмоиды. В этом случае при выбранной стратегии обучения удалось достичь усредненной по 10 классам точности классификации в 65,11 %. Существенно, что на датасете MNIST та же архитектура позволила добиться усредненной точности 98,83 % на 18-й эпохе.

Для достижения более высокой точности в отношении CIFAR10 была предложена комбинация LeNet5 с подключенной параллельно ей DenseNet169, предобученной ранее на датасете ImageNet [7]. При этом в DenseNet169 были

отброшены выходные слои. Данная комбинация позволила резко повысить среднюю по классам CIFAR10 точность до 87,84%, что делает параллельную архитектуру подобного рода одним из конкурентных решений.

Наряду с этим, в качестве альтернативных вариантов были рассмотрены последовательные архитектуры, примеры которых представлены на рис. 1. Основой одной из них является предобученная на ImageNet нейросеть MobileNetV2 с количеством нейронов в двух добавленных выходных слоях Dense 120 и 80 соответственно. Стартовав со средней точности 69,3 %, данная структура обучилась до 84,1 %. Сопоставимый с ней результат 84,4% дала замена предобученной нейросети на EfficientNetB0. Вместе с тем, неэффективным оказалось применение предобученной версии ResNet152V2, которая сравнительно медленно обучалась и при выбранной стратегии позволила достичь точности 70,5 % на 50 эпохах.

Однако потенциал последовательных архитектур, как выяснилось в дальнейшем, оказался достаточным, чтобы превзойти параллельную архитектуру LeNet5 + DenseNet169. Для этого потребовалось использовать более эффективные сверточные сети. К примеру, переход к применению DenseNet169 вместо MobileNetV2 и EfficientNetB0 на 11-й эпохе обучения дал точность 87,66%.

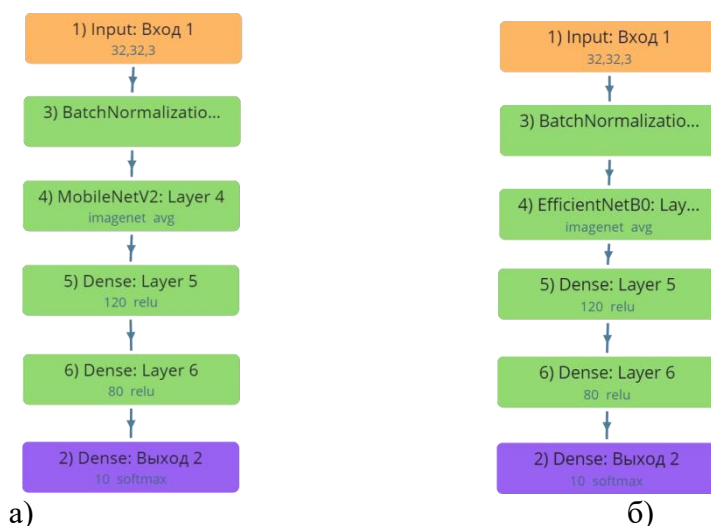


Рис. 1. Последовательная архитектура с использованием предобученных нейросетей MobileNetV2 (а) и EfficientNetB0 (б).

Особенностью другой из таких архитектур является последовательное включение предобученной нейросети VGG16 и LSTM (рис. 2). При этом для согласования размерностей массива данных на выходе VGG16 (вектор из 512 элементов) с входом LSTM были использованы два последовательно включенных слоя Reshape и Conv1DTranspose. Слой Reshape формировал из 512-элементного вектора матрицу формата 16×32, которая далее трансформировалась с помощью линейки Conv1DTranspose в матрицу 16×128. Параметры LSTM-слоя обеспечивали на выходе вектор данных из 256 элементов. Достигнутая в итоге среднеклассовая точность характеризуется величиной 88.41 %.

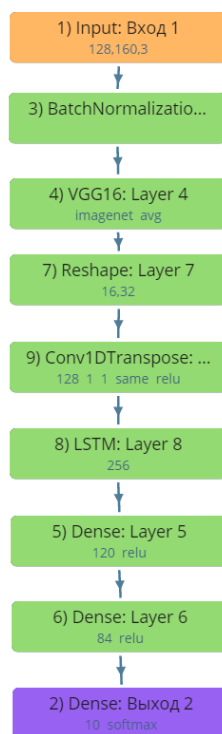


Рис. 2. Последовательная архитектура с использованием предобученной нейросети.

Этот результат сравним с точностью, обеспеченной предобученной сетью VGG16, в качестве выходных слоев которой использованы слои Dense с характерной для LeNet5 размерностью (120 и 84 элемента), отличающиеся заменой функции активации на ReLu. Стартовав с 80,39% среднеклассовой точности, такая нейронная сеть обеспечила на 15-й эпохе обучения точность 88,57%. Аналогичная структура на основе DenseNet201 в случае постоянного шага обучения 0,00001 привела к точности 88,3 % на 18-й эпохе.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что на фотоснимках малых размеров почти все топовые нейронные сети работают примерно одинаково. При этом более высокую точность дают нейронные сети, обеспечивающие лучшие результаты на датасете ImageNet. Вместе с тем, исключением из этого ряда явилась интеграция в архитектуру рис. 1 предобученной сети Xception. Чтобы согласовать размерность фотоснимков CIFAR10 (32×32×3) с необходимым форматом изображений на входе Xception (229×229×3 пикселей), выход слоя нормализации был заведен на дополнительно включенный слой Resizing в билинейном режиме. В итоге получившаяся структура нейронного классификатора дала резкий скачок в средней точности до 97,2 % уже на 9-й эпохе. Соответствующая матрица точности представлена на рис 3.

Истинное значение	airplane	automobile	bird	cat	deer	dog	frog	horse	ship	truck
airplane	974 97.4%	0 0%	5 0.5%	3 0.3%	2 0.2%	0 0%	0 0%	1 0.1%	12 1.2%	3 0.3%
automobile	0 0%	985 98.5%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 0.4%	11 1.1%
bird	6 0.6%	0 0%	963 96.3%	12 1.2%	8 0.8%	7 0.7%	3 0.3%	1 0.1%	0 0%	0 0%
cat	2 0.2%	0 0%	4 0.4%	927 92.7%	7 0.7%	47 4.7%	5 0.5%	3 0.3%	2 0.2%	3 0.3%
deer	1 0.1%	0 0%	2 0.2%	9 0.9%	978 97.8%	2 0.2%	1 0.1%	7 0.7%	0 0%	0 0%
dog	0 0%	0 0%	4 0.4%	35 3.5%	11 1.1%	946 94.6%	1 0.1%	3 0.3%	0 0%	0 0%
frog	0 0%	0 0%	6 0.6%	4 0.4%	0 0%	3 0.3%	987 98.7%	0 0%	0 0%	0 0%
horse	0 0%	0 0%	3 0.3%	4 0.4%	12 1.2%	4 0.4%	0 0%	977 97.7%	0 0%	0 0%
ship	8 0.8%	2 0.2%	1 0.1%	0 0%	0 0%	0 0%	2 0.2%	0 0%	985 98.5%	2 0.2%
truck	4 0.4%	20 2%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	3 0.3%	973 97.3%

Рис. 3. Матрица точности нейросети на основе Xception.

Аналогичный эффект значительного прироста в средней точности (95,6 %) был получен и в случае использования вместо Xception предобученной сети InceptionV3 в той же схеме включения (рис. 4).

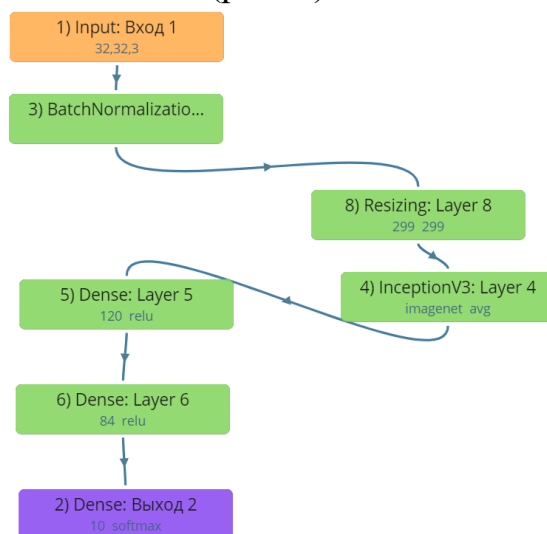


Рис. 4. Схема подключения предобученной нейросети InceptionV3.

В качестве гипотезы относительно возможной причины такого роста точностных показателей следует рассматривать влияние искусственного укрупнения анализируемого изображения, осуществленное посредством слоя Resizing. Проявление такого эффекта на примере двух нейросетей (Xception и InceptionV3) даёт основания полагать, что он является достаточно общим и может быть свидетельством некой закономерности, характерной для всех классифицирующих нейросетей. Проверка данного предположения является целью дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

В целом полученные результаты позволили сформулировать несколько практических рекомендаций, которые могут быть полезными для практического проектирования сверточных нейронных сетей в интересах классификации изображений. Как и следовало ожидать, лучшим решением является использование предобученных нейронных сетей с установленным на

их входе нормализатором данных. При этом важно правильно выбрать не только тип операции нормализации, но и ее параметры настройки. При прочих равных условиях процедура AveragePooling даёт лучшие результаты в отношении достижимой точности по сравнению с MaxPooling. Кроме того, существенную роль играет выбранная стратегия обучения. К примеру, на первых 5 эпохах целесообразно задавать грубый шаг изменения весовых коэффициентов, в пределах 0,001 - 0,0001, а затем переходить к обучению с более мелким шагом их вариации, например, 0,00001. Другим критичным параметром оказалась структура выходных полносвязных слоёв (Dense), дополняющих предобученную нейронную сеть. Изменение их размерности в сторону значительного увеличения или уменьшения по сравнению с комбинацией, использованной в LeNet5 (120 и 84), приводит к потере в точности классификации. С другой стороны, для полносвязных слоев предпочтительной функцией активации является ReLu или LeakyReLu, обеспечивающие более точные результаты по сравнению с сигмоидом.

В конечном итоге, для поиска оптимальных соотношений указанных параметров целесообразно воспользоваться генетическим алгоритмом. При этом указанный арсенал средств позволит разработчикам намного проще приручить самых сложных представителей зоопарка нейросетей [1 - 3], с учетом специфики конкретной решаемой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fjodor Van Veen. *The neural network zoo*. - <https://www.asimovinstitute.org/neural-network-zoo/>.
2. Зоопарк архитектур нейронных сетей. Часть 1. - <https://habr.com/ru/company/wunderfund/blog/313696/>.
3. Зоопарк архитектур нейронных сетей. Часть 2. - <https://habr.com/ru/company/wunderfund/blog/313906/>.
4. Слюсар В.И. Тензорно-матричная версия LeNet5.// IV Міжнародна науково-практична конференція «Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства», що присвячена 50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій, 21-22 жовтня 2021 р., Полтава: Полтавський державний аграрний університет. - С. 114 - 119. DOI: 10.32782/978-966-289-562-9.
5. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. and Haffner, P., *Gradient-based learning applied to document recognition. Proceedings of the IEEE*, 1998. 86(11). Pp.2278-2324.
6. Науменко С.С., Слюсарь І.І., Слюсар В.І. Нейронна мережа для розпізнавання рукописних цифр. // IV Міжнародна науково-практична конференція «Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства», 21-22 жовтня 2021 р. – Полтава: Полтавський державний аграрний університет. – С. 141 - 143. DOI: 10.32782/978-966-289-562-9.
7. Vadym Slyusar, Mykhailo Protsenko, Anton Chernukha, Pavlo Kovalov, Pavlo Borodych, Serhii Shevchenko, Oleksandr Chernikov, Serhii Vazhynskyi, Oleg Bogatov, Kirill Khrustalev. *Improvement of the object recognition model on aerophotos using deep conventional neural network.*// *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - 2021, Vol. 5, No. 2 (113). Pp. 6 – 21. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243094.

Слюсар В.И. (Центральный научно-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України)

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫЕ НЕЙРОСЕТИ

Рассмотрены варианты архитектур мультимодальных нейросетей на основе квазифрактального подхода.

Variants of multimodal neural network architectures based on the quasi-fractal approach are considered.

Развитие технологий нейронных сетей предполагает поиск новых, эффективных архитектур. Особенно актуальным при этом является обеспечение возможности одновременного решения нескольких задач в рамках единой иерархической структуры.

Среди нейронных сетей, потенциально пригодных для мультимодальных приложений, следует отметить так называемую “U-Net в квадрате”, представленную в базе готовых архитектур нейросетей в фреймворке Terra AI (рис. 1). По своей сути она является квазифракталом 2-й итерации, в роли образующего элемента которого используется обычная U-Net [1, 2].

Целью работы является развитие указанного квазифрактального подхода применительно к синтезу мультимодальных нейронных сетей.

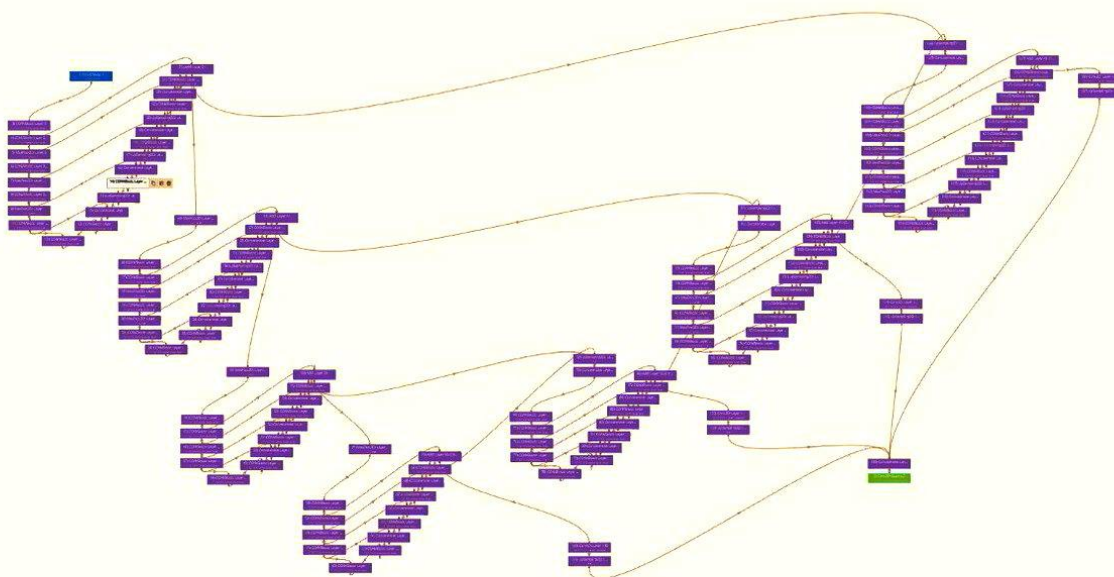


Рис. 1. Нейросеть “U-Net в квадрате” (фреймворк Terra AI).

В качестве простейшего варианта обобщения квазифрактальной архитектуры, приведенной на рис. 1, следует рассматривать её последующие итерации в виде “U-Net в кубе”, в 4-й, в 5-й степени и т.д., представляющие

собой фрактальные конструкции более высокого порядка. При этом, например, в третьей итерации, структура на рис. 1 “нанизывается” на аналогичный U-подобный каркас, повторяясь в его пределах несколько раз в разных вариациях с дополнительными взаимными связями. Подобным образом могут формироваться не только плоские, но и объёмные структуры, с множеством входов и выходов.

По такой же схеме возможно синтезировать генеративно-состязательную нейронную сеть (GAN), состоящую из двух или нескольких соревнующихся каналов с фрактальными U-Net (рис. 2) в каждом из них.

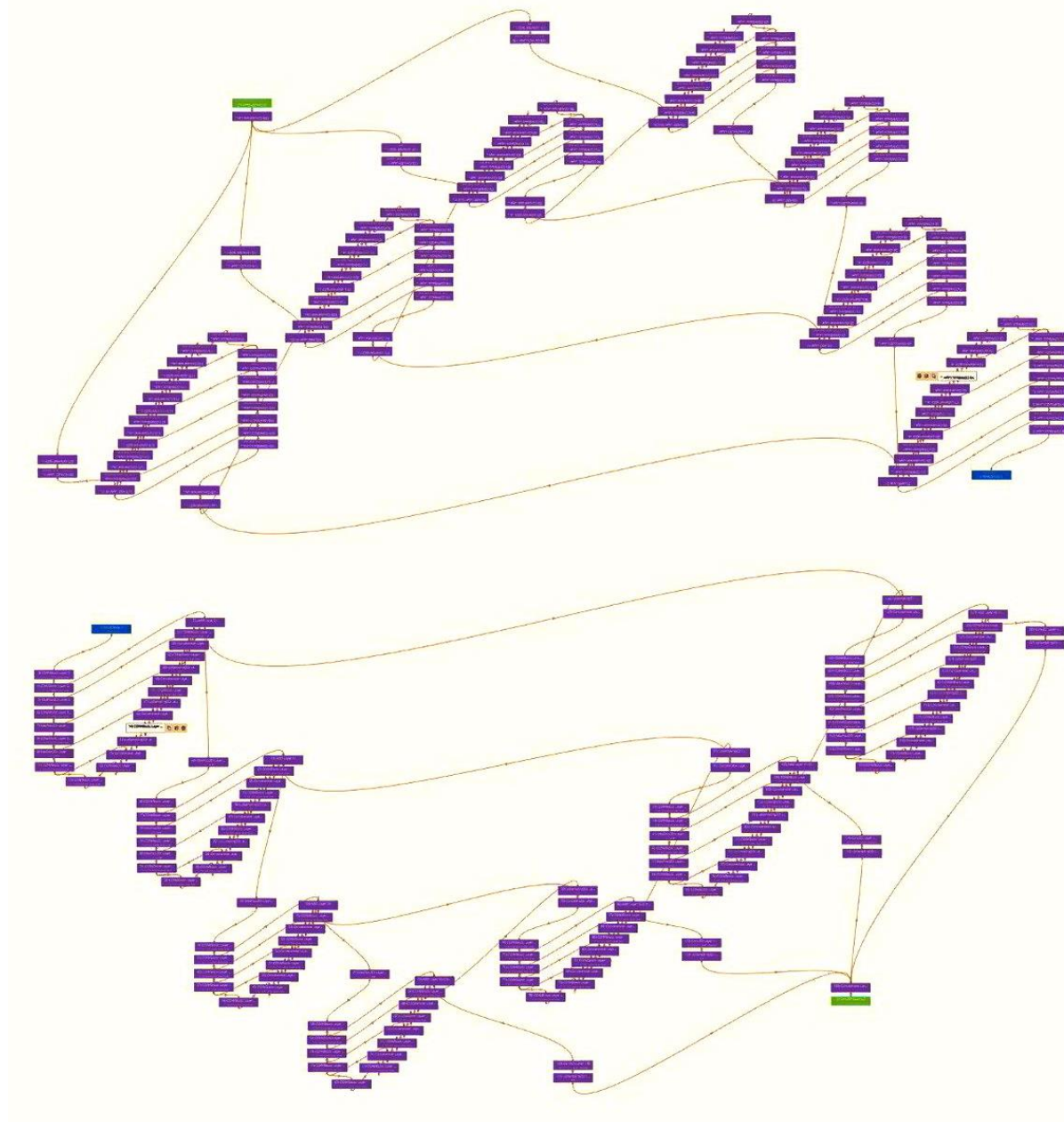


Рис. 2. Концепция структуры GAN на основе “U-Net в квадрате”.

Предложенные фрактальные архитектуры являются перспективными решениями для реализации мультимодальных нейронных сетей, позволяющих совмещать в себе несколько разнородных функций. Каждая из этих функций реализуется отдельно взятыми U-Net меньшего порядка, тогда как их

интеграцию осуществляет более крупная U-Net, являющаяся опорой для последующей итерации квазифрактальной нейросети. В другом варианте на U-подобный каркас могут размещаться однотипные или различные предобученные нейросети в периодической комбинации.

Альтернативный вариант построения фрактальных нейросетей состоит в том, что в качестве фрактала первой итерации рассматривается любая предобученная нейросеть, в том числе трансформер. На следующей итерации эта нейросеть используется в качестве одиночного слоя более мощной гиперсети [3 - 5]. Именно такой каскадный подход уже реализован в фреймворке Terra AI. Следующим шагом итерации может быть использование блока в виде совокупности нескольких нейросетей в качестве одного сверточного слоя. Возможно также применение подобной иерархической нейросети в виде слоя гиперсети [3 - 5] следующей итерации.

Для описания отклика квазифрактальных нейросетей целесообразно применять тензорно-матричный аппарат, развитый автором на основе проникающего торцевого произведения матриц и его обобщения в виде проникающего кронекеровского произведения [6 - 11].

ВЫВОДЫ

Квазифрактальный подход следует рассматривать в качестве ключевого метода построения нового поколения нейронных сетей, сочетающих в себе реализацию нескольких различных функций. Вместе с тем, основной проблемой внедрения квазифрактальных нейронных гиперсетей является необходимость использования больших вычислительных ресурсов, доступных в настоящее время преимущественно на основе суперкомпьютеров и облачно-туманных технологий. Тем не менее, квазифрактальные технологии в том или ином виде являются перспективной основой эффективной интеграции множества однотипных нейросетей в устройства конечных пользователей в распределенную гиперсеть искусственного интеллекта на уровне Fog Computing.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, 234–241. <https://arxiv.org/pdf/1505.04597v1.pdf>.
2. Jwaid, W. M., Al-Husseini, Z. S. M., & Sabry, A. H. . (2021). *Development of brain tumor segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) using U-Net deep learning. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(9(112)), 23–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238957
3. Sylwester Klocek, Łukasz Maziarka, Maciej Wolczyk, Jacek Tabor, Jakub Nowak, and Marek Śmieja. *Hypernetwork functional image representation. International Conference on Artificial Neural Networks*, pp. 496–510. Springer, 2019.
4. Zhao, Dominic; von Oswald, Johannes; Kobayashi, Seijin; Sacramento, João; Grewe, Benjamin F (2020). *Meta-Learning via Hypernetworks. In: 4th Workshop on Meta-Learning at NeurIPS 2020 (MetaLearn 2020), Virtual Conference, 11 December 2020. - DOI: 10.5167/uzh-200298.*

5. Tomer Galanti, Lior Wolf. *On the Modularity of Hypernetworks*. 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020), Vancouver, Canada. – 11 p.
6. Слюсар В.И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства// Кибернетика и системный анализ. – 1999.- Том 35; № 3.- С. 379-384.- DOI: 10.1007/BF02733426
7. Слюсар В.И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами.//Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.- 2003. - Том 46, № 10. - С. 15 - 26.
8. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Том. 2. Синтез средств информационного обеспечения вооружения и военной техники. / А.И. Миночкин, В.И. Рудаков, В.И. Слюсар. – Киев:«Гранма, 2012. – С. 7 – 98; 354 – 521.
9. Слюсар В.И. Тензорно-матричная версия LeNet5.// IV Міжнародна науково-практична конференція «Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства», що присвячена 50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій, 21-22 жовтня 2021 р., Полтава: Полтавський державний аграрний університет. - С. 114 - 119. DOI: 10.32782/978-966-289-562-9.
10. Слюсар В.И. Модели нейросетей на основе тензорно-матричной теории. //«Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем» (МЭС-2021). – N2, 2021. – С. 23 - 28. DOI: 10.31114/2078-7707-2021-2-23-28.
11. Vadym Slyusar, Mykhailo Protsenko, Anton Chernukha, Pavlo Kovalov, Pavlo Borodych, Serhii Shevchenko, Oleksandr Chernikov, Serhii Vazhynskyi, Oleg Bogatov, Kirill Khrustalev. *Improvement of the object recognition model on aerophotos using deep conventional neural network.*// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2021, Vol. 5, No. 2 (113). Pp. 6 – 21. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243094.

Терещенко В. М., Гаврилюк О. М. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ПО ЗОБРАЖЕННЮ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Робота присвячена розв'язанню задач комп'ютерного зору, і зокрема, дослідженню методів медичної діагностики за проявом симптоматичних ознак обличчя. Розроблено метод та його алгоритмічна реалізація у вигляді додатку під Android, який дозволяє проводити попередню медичну діагностику за допомогою фотокамер смартфона відслідковувати прояви нових симптомів та надавати практичні рекомендації.

The work is devoted to solving computer vision problems, and in particular, to the study of medical diagnostic methods using the manifestation of symptomatic facial features. The method and its algorithmic implementation in the form of an application for Android have been developed, which allows to carry out preliminary medical diagnostics with the help of smartphone cameras to monitor the manifestations of new symptoms and provide practical recommendations.

1. Вступ

Актуальність роботи та підстави для її виконання. Фотографії обличчя пацієнтів можуть бути дуже інформативними при діагностиці та лікуванні. Відомо, що професійні лікарі, які працюють у своїй сфері десятки років, можуть багато сказати тільки по обличчю людини. Тому бажано мати для кожної людини портативний інструмент, який дозволяв би попередньо просто виявити ознаки певних захворювань саме по зображенню обличчя. Таким інструментом може бути, звісно, наш улюблений смартфон. Наприклад, ми вранці прокидаємося і включаємо в першу чергу смартфон, а він повідомляє нас «у тебе набряки під очима, варто звернутися до уролога». У цьому випадку актуальним є пошук методів та підходів які дозволяють розробити алгоритмічно-програмне забезпечення яке б надавало вище зазначені можливості. І одним з найкращих підходів на сьогодні є застосування технології штучного інтелекту.

Для виявлення симптоматичних ознак стану здоров'я людини за проявом змін певних характеристик обличчя необхідно локалізувати ключові риси обличчя здорової людини та відслідковувати їх зміну та прояв у випадку тієї чи іншої хвороби. Необхідно знайти певні закономірності зміни характеристик у відповідності з діагностуванням відповідної хвороби. Для цього необхідно провести порівняльний аналіз хворих і здорових людей та створити механізм виявлення діагнозу та реалізувати його в додатку. Для знаходження ключових рис обличчя використовують алгоритми комп'ютерного зору.

Мета й завдання роботи. Метою роботи є розробка методів діагностики зовнішніх та деяких внутрішніх хвороб людини за змінами характеристик обличчя.

2. Аналіз існуючих підходів

Для пошуку оптимальних рішень, сформульованої вище проблеми, було проведено ряд досліджень. Хен Ким, Со Юнг Ким, Юнг Хо Ким і Парк Кванг [1] представили систему діагностики паралічу лицевого нерву для мобільних пристроїв. Джейн Рейлі Деланоу і Томас Вард [2] запропонували систему, засновану на алгоритмах комп'ютерного зору, для автоматичного вимірювання здатності пацієнтів посміхатися з метою реабілітаційної терапії. Фелікс Аулав, Джудіт Мек, Ліндсі МакДональд та Теренс Ленг [3] розробили додаток для діагностики жовтяниці у новороджених дітей. Шень Лінь, Джиган Лі, Боуен Фу та інші дослідники створили інструмент для первинної діагностики серцевих захворювань [4]. Інші застосунки призначені для дерматологічних цілей, таких як лікування акне та алергічних висипань [5]. Отже, як можна побачити, не існує додатку, який би об'єднував у собі діагностику більшості видимих симптомів обличчя. Та чи існує спосіб для його створення за відсутності великих наборів фотографій? Для того, щоб відповісти на це запитання, був проведений пошук робочих алгоритмів, які базуються на статистичних даних та не прив'язуються до конкретних симптомів. Одне із рішень запропоновано Куан Вана та Цзебо Ло у роботі [6], де автори класифікують захворювання, орієнтуючись на шкалу відхилень.

Задача подолання обмеженості набору даних є основною для розв'язання задачі. Для ефективної діагностики необхідно застосовувати алгоритми, які є адаптивними, легко інтерпретуються та не потребують великої кількості тренувальних даних людей із діагностованими видимими симптомами обличчя. Також необхідно зібрати тренувальні дані, провівши аналіз наявності чи відсутності видимих симптомів обличчя вручну. Потрібно провести перевірку чіткості та однозначності у наявності чи відсутності певних симптомів. Ще однією важливою задачею є гнучкість побудованої моделі до певного користувача. Необхідно забезпечити зміну шкали діагностики під індивідуальні особливості кожної людини. Зовнішність кожної людини є унікальною, тому при класифікації потрібно враховувати можливі відхилення від середнього і типового для більшості людей.

2.1 Опис відомих додатків

Додаток **Face2Gene** створений допомогти лікарям діагностувати рідкісні захворювання (в даному випадку дисморфізм рис обличчя). Фотографії пацієнтів аналізуються за допомогою алгоритмів локалізації рис обличчя і глибокого навчання для виявлення фенотипів, які корелюють з рідкісними генетичними захворюваннями. Платформа в даний час доступна тільки навченим клініцистам для запобігання помилковому діагнозу і підтримує більше 7500 захворювань [8].

Додаток **VisualDX** призначений для надання допомоги фахівцям в прийнятті більш точних клінічних рішень на основі великої бази даних зображень з високою роздільною здатністю і інтуїтивно зрозумілих функцій пошуку [9]. VisualDx використовує велику ретельно підібрану бібліотеку медичних зображень безлічі захворювань, навіть найрідкісніших і за допомогою алгоритмів машинного навчання надає допомогу терапевтам для

розпізнавання, розуміння та лікування шкірних захворювань. Використовуючи штучний інтелект і машинне навчання, додаток аналізує тип ураження, а потім задає прості питання, щоб швидко перейти до диференціальної діагностики [10].

Мобільний додаток попередньої діагностики захворювань. Додаток являє собою систему рекомендацій, призначену для встановлення попереднього діагнозу пацієнта і нагадування про необхідність прийому ліків. Система рекомендацій виконує такі основні функції: попередній медичний діагноз за обраними симптомами; формування нагадування про прийом ліків; формування анамнезу прийому ліків [11].

Діагностика патологій. Прагнучи підвищити швидкість і точність діагностики, група дослідників з Медичного центру Бет Ізраїль і Гарвардської медичної школи використали методи глибинного навчання для розпізнавання зображень для діагностики пухлин. У порівнянні з лікарями-патологами, результати дослідження показали, що показник успішності діагностики склав 92 відсотки; на чотири відсотки нижче, ніж у лікарів. Однак якщо об'єднати алгоритм і результати, отримані людиною, точність склала 99,5% [12].

Діагностика у сфері онкології. Дослідники Стенфордського університету розробили алгоритм для діагностики раку шкіри з використанням глибокого навчання, зокрема глибоких згорткових нейронних мереж (CNN). Алгоритм був навчений виявляти рак шкіри або меланому з використанням 130 000 зображень шкірних пошкоджень, які представляли понад 2 000 різних захворювань. Стенфордський алгоритм глибинного навчання був протестований за участю 21 сертифікованого дерматолога, які переглянули 370 зображень і їх запитали, чи будуть вони проводити біопсію або лікування або заспокоюють пацієнта. Результати показали, що алгоритм мав ті ж можливості, що і 21 дерматолог, у визначенні найкращого алгоритму дій для всіх зображень [12].

Babylon Health пропонує чат-бот під назвою Ask Babylon, який, як вони стверджують, може допомогти користувачам отримувати інформацію про свої симптоми за допомогою обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP). Babylon Health стверджує, що користувачі можуть спочатку ввести свої симптоми в чат-бот, потім чат-бот задає серію питань, пов'язаних з цими симптомами, щоб зібрати про них більш конкретну інформацію. Коли користувач відповідає на ці питання, чат-бот порівнює відповіді зі своєю базою даних. Якщо чат-бот зіставляє симптоми користувача з інформацією в базі даних Babylon, то він надає користувачеві інформацію про його симптоми. Потім користувач може звернутися за порадою до лікаря у вікні чату бота. Якщо чат-бот не знаходить інформацію про симптоми користувача або знайдена інформація є особливо серйозною та загрозовою для здоров'я він порекомендує користувачеві або звернутися за порадою до свого лікаря, або проконсультуватися з одним з лікарів Babylon в штаті. Крім того, користувачі можуть вручну вводити свою медичну інформацію в систему Babylon, щоб поліпшити рекомендації чат-бота для них [12].

AliveCor's Kardia App - додаток компанії AliveCor є додатком для ЕКГ для Apple Watch і смартфонів, яке дозволяє користувачам Apple Watch відстежувати власну частоту серцевих скорочень, використовуючи алгоритми машинного зору. Під Apple Watch встановлений датчик, який дозволяє додатку Kardia підсвітлювати шкіру користувача і передавати візуальну інформацію в модель машинного навчання додатку Kardia [12].

Cognoa розробили платформу для допомоги в скринінгу поведінки дітей. Клієнти можуть заповнити інформацію про здоров'я і поведінку своєї дитини, потім додаток Cognoa відправляє результати скринінгу, в яких прогнозується рівень ризику затримок у розвитку або розвитку аутизму у їх дитини. Cognoa стверджує, що діагностика проводиться за допомогою машинного навчання [12].

Healthy.io пропонує програму чат-бот для домашнього тестування сечі, який використовує комп'ютерний зір для сканування і порівняння тест-смужок. З панелі чату користувач може відкрити екран сканування, схожий на камеру, і потримати телефон над смугою. Через кілька секунд після сканування чат-бот видає користувачеві результати, які здаються найбільш імовірними на основі збігу кольорів. Він також дає користувачеві поради, наприклад, коли і чи варто йому звертатися за медичною допомогою. За заявою компанії, додаток також пропонує панель інструментів, на якій користувачі можуть бачити особливості результатів і наявність певних токсинів, які можуть бути в їхньому організмі [12].

Ми пропонуємо метод, який дозволить проводити попередню діагностику видимих симптомів обличчя, створюючи шкалу відхилень та адаптовуючись до особливостей зовнішності кожного користувача. Нами створений додаток під Android, який дозволяє легко проводити діагностику та моніторити зміни на обличчі і надавати за ними рекомендації.

3. Алгоритм попередньої діагностика видимих симптомів обличчя

3.1. Загальний опис алгоритму

Для подолання проблеми обмеженості тренувальних наборів даних фокус був направлений на збір середніх значень та стандартних квадратичних відхилень для наборів фото із відсутністю видимих симптомів обличчя. Тренувальні та тестові дані були відібрані вручну для фільтрації даних, які є неоднозначними чи не є чіткими. Для діагностики видимих симптомів обличчя необхідно спочатку локалізувати потрібну частину обличчя на фото. Для діагностики зміни кольору був застосований простір кольорів CIELAB. Це надало змогу створити модель незалежну від пристрою, адже в ній колір визначається незалежно від способу його створення чи відображення. Для діагностики асиметрії лица були використані координати точок ознак обличчя. Для діагностики сухості губ – метод виявлення контурів.

На тренувальних даних обчислювалося одна з описаних вище значень для кожної фотографії із відсутністю видимого симптому. Далі обчислювалося середнє значення та стандартне квадратичне відхилення. Для зображень із наявними видимими симптомами обличчя у більшості випадків значення є

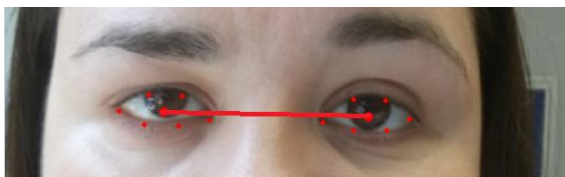


Рис.2. Діагностика мішків під очима



Рис.3. Порівняння ступенів червонуватості очей

- **Губи**, що відповідає *синюватості губ*; порівнюються значення компонент кольору нормальних та посинілих губ. Підчас аналізу було виявлено, що компонента синіх губ завжди менша за середнє значення.
- **очі**, що відповідає *червонуватості очей*; для діагностики червонуватості обчислюються значення каналу *b* простору CIE_{LAB} кожного ока окремо поділені на кількість пікселів цієї ознаки, рис. 3.
- **усе обличчя**, для виявлення набряків та асиметрії обличчя; при діагностиці надмірної асиметрії обличчя було проведено пошук наявності асиметрії очей, рота та брів. Асиметрія вважається діагностованою, якщо асиметричними є або очі, або рот, або брови. Для діагностики асиметрії очей спочатку потрібно локалізувати їх на зображенні, рис. 4 а тоді за знайденими контурами очей визначаються центроїди кожного з них і кут між ними. Як альтернативу можна використовувати різницю між *u*-координатами. Знайдений кут порівнюється з μ та δ .



а)



б)

Рис.4. Діагностика асиметрії рота



Рис.5. Діагностика асиметрії очей і брів

Для діагностики асиметрії рота він локалізується на зображенні, рис.5, а потім знаходяться лівий на правий кутики рота і різниця між їхніми *u*-координатами. Для діагностики асиметрії брів спочатку потрібно локалізувати їх на зображенні, а потім визначити різницю між *u*-координатами найвищих точок кожної з брів, рис.4 б.

4. Особливості практичної реалізації алгоритму

4.1. Адаптація під користувача

Для коректної попередньої діагностики важливим є орієнтир не тільки на загальну шкалу відхилень, але й на користувача. В кожній людині є свої особливості зовнішності, які не обов'язково є аномаліями і таким чином не мають бути діагностованими як видимий симптом. Тому доцільною є модифікація наведених вище алгоритмів під користувача. Користувач добровільно проходить ініціалізацію, завантажуючи свої фото обличчя для діагностики. Якщо програма діагностує якийсь видимий симптом, то перепитає у користувача про коректність діагностики. У випадку її некоректності відповідне порогове значення діагностики буде модифіковане як середнє значення порогового значення та обчисленого. Із більшою кількістю фото та некоректних діагностик це середнє значення буде ставати все ближче до необхідного для успішної класифікації. Обчислення саме середнього значення дозволяє уникнути великих похибок при потраплянні аномальних значень. На графіку (рис.6) можна бачити як покращується класифікація фотографій з відсутнім видимим симптомом мішків під очима із додаванням нових фото. При цьому діагностика наявного симптому не погіршується. Адаптація проводиться до усіх неправильно класифікованих симптомів із алгоритмів наведених раніше, окрім алгоритму діагностики опущених кутиків рта.

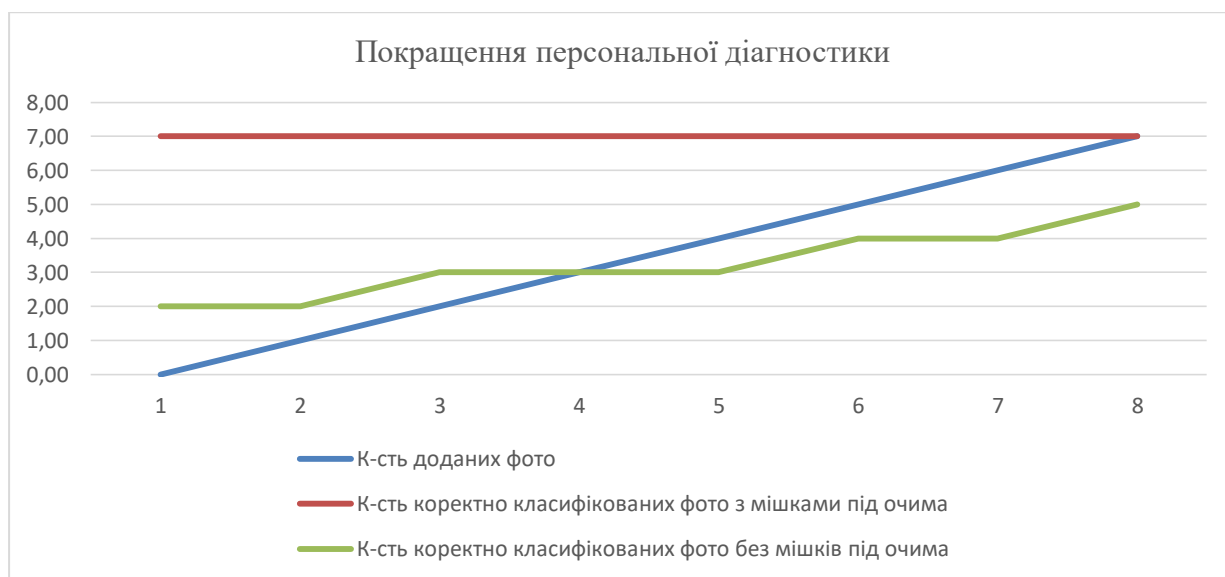


Рис.6. Графік покращення персональної діагностики

4.2. Практичні рекомендації

На основі виявлених симптомів обличчя можна робити попередню діагностику захворювань, порекомендувавши на що варто звернути увагу[29, 30, 31, 32, 33]. Виявлені симптоми та можливі недуги наведені у таблиці 1:

Симптом	Захворювання
Мішки під очима	Хронічна алергія, гіпотериоз, сонне апное,

	захворювання нирок, ураження щитоподібної залози зі зниженням її функції
Синюваті губи	Переохолодження, ціаноз, круп, при вагітності – дефіцит заліза, хвороба серця або легень
Червонуваті очі	Алергічний кон'юктивіт, язва роговиці, синдром сухого ока, інфекційний кератит, блефарит, інтоксикація, аутоімунні захворювання, грип, ГРВІ
Надмірна асиметрія лиця	Перша ознака інсульту, лицевий параліч
Опущені кутики губ	Депресія
Сухі губи, що лущаться	Зневоднення, діабет, порушення роботи щитовидної залози, дефіцит вітаміна В12 чи заліза
Зміна кольору шкіри (блідість, пожовтіння)	Анемія, ураження печінки, жовчних шляхів
Почервоніння обличчя	Проблеми з травленням (наприклад, при целиакії, непереносимості глютену), алергія, екземи та розацеа.
Випадіння брів	Вогнищева алопеція

Таб. 1. Відповідність симптомам захворювань

4.3. Програмна реалізація

Для програмної реалізації алгоритмів було вирішено використати мову Python та наявні там бібліотеки. Локалізація обличчя та ключових ознак обличчя відбувається з допомогою бібліотеки `face_recognition` та наявних там методів `face_locations` та `face_landmarks`. Перший метод повертає список лиць, локалізованих на фото та точки прямокутника, в яке вписане локалізоване лице. Другий метод повертає список словників локалізованих частин лиця. У словнику є наявні такі ознаки: ліва та права брови, ліве та праве око, ніс, губи та підборіддя [34]. Ця бібліотека дозволяє з легкістю локалізувати частини обличчя та є просто адаптованою під Android Studio завдяки технології Chaquору.

Chaquору – технологія, яка дозволяє найпростішим способом використовувати Python в додатку для Андроїд. Вона забезпечує користувача всіма необхідними включеннями компонентів Python в додаток під Андроїд, в тому числі:

- 1) Повна інтеграція зі стандартною системою збірки рішення Gradle Android Studio.
- 2) Прості у використанні API для виклику коду Python з Java чи Kotlin чи навпаки.
- 3) Широкий спектр сторонніх пакетів Python, включаючи SciPy, OpenCV, TensorFlow, `face_recognition` та багато інших [35].

4.4. Результати роботи програми

На головній сторінці додатку наявні три кнопки: ініціалізації, діагностики та пробної діагностики. Ініціалізація дозволяє підлаштувати діагностику під

особливості зовнішності кожної людини, туди можна загрузати безліч фото для покращення точності діагностики. Далі додаток дозволяє проводити попередню діагностику із модифікованими параметрами, отриманими з ініціалізації. Також наявна функція пробної діагностики без урахування особливостей конкретної людини. В кожному меню є кнопки обрання фото, проведення діагностики (обчислень), виведення результатів та кнопка назад, рис. 7.

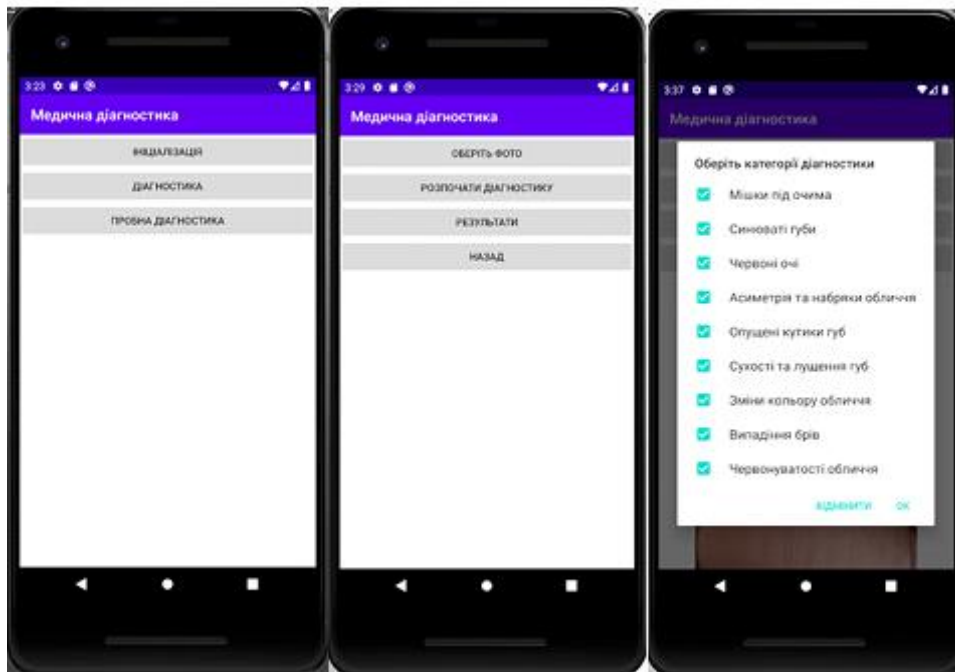


Рис. 7. Робота додатку: вибір симптомів.

Діагностику можна проводити за окремими параметрами після чого будуть виведені результати та рекомендації (рис. 8).

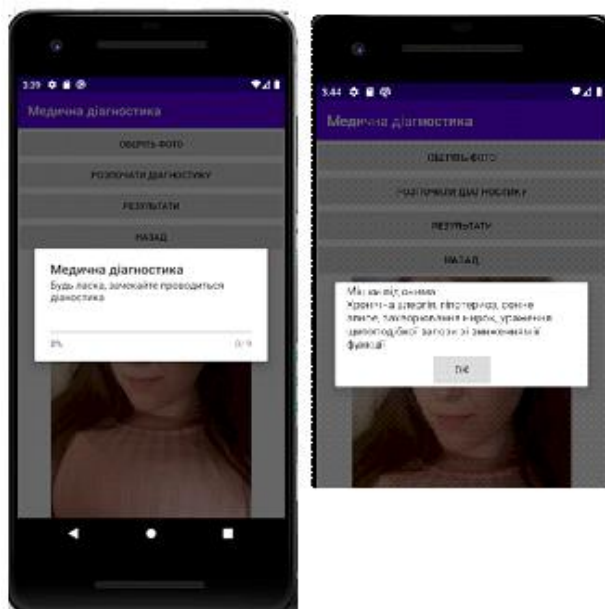


Рис. 8. Робота додатку: результат діагностики.

ВИСНОВКИ

У роботі було розглянуто метод медичної діагностики, який базується на створенні загальної шкали відхилень. Було наведено алгоритми, які не потребують великого набору тренувальних даних для діагностики видимих симптомів обличчя. Достатньо високі показники ефективності вказують, що навіть за обмеженого набору даних можна створити гнучкий і адаптивний механізм для поставленої задачі. Узагальнення симптомів надало можливість попередньої діагностики великого переліку хвороб в одній програмі.

Було створено застосунок, який дозволяє спостерігати за видимими змінами обличчя. Було запропоновано орієнтуватися не лише на загальні властивості симптомів, проте і на індивідуальну специфіку кожного користувача. Ведення медичного щоденника дозволяє розширити можливості попередньої діагностики і адаптуватися під користувача.

Результати цього дослідження можуть бути застосовані як допоміжний засіб при медичній діагностиці та як складова частина системи догляду за здоров'ям та для підвищення ефективності процесу лікування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *A Smartphone-Based Automatic Diagnosis System for Facial Nerve Palsy [Електронний ресурс] / Hyun Seok Kim, So Young Kim, Young Ho Kim, Kwang Suk Park. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4634507/>.*
2. *Delannoy JR, Ward TE. Proceedings of the Signals and Systems Conference (ISSC 2010) Cork: IET Irish; 2010. A preliminary investigation into the use of machine vision techniques for automating facial paralysis rehabilitation therapy.*
3. *Felix Outlaw, Judith Meek, Lindsay MacDonald, Terence Leung. Screening for Neonatal Jaundice with a Smartphone.*
4. *Feasibility of using deep learning to detect coronary artery disease based on facial photo Shen Lin, Zhigang Li, Bowen Fu, Sipeng Chen. European Heart Journal, Volume 41, Issue 46, 7 December 2020, Pages 4400–4411, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa640>.*
5. *Digital Skin Care: Top 8 Dermatology Apps [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://medicalfuturist.com/digital-skin-care-top-8-dermatology-apps/>.*
6. *Detecting Visually Observable Disease Symptoms from Faces [Електронний ресурс] / Kuan Wang, Jiebo Luo. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5007273/>*
7. *Izet Masic “Five periods in Development of Medical Informatics” 1-5, 2014*
8. *Machine Learning for Medical Diagnostics – 4 Current Applications [Електронний ресурс] / Daniel Faggella. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/machine-learning-medical-diagnostics-4-current-applications/>.*
9. *Most Popular Medical Apps for Doctors and Patients [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.byteant.com/blog/most-popular-medical-apps-for-doctors-and-patients/>.*
10. *VisualDX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.visualdx.com/clinical-solutions/>.*

11. *Mobile Application for Preliminary Diagnosis of Diseases / Edgars Vasilevskis, Iryna Dubyak, Taras Basyuk – Riga, Latvia; Lviv, Ukraine. – 12с.*
12. *Pamela Bump. AI for Mobile Medical Diagnostics – Current Applications [Електронний ресурс] / Pamela Bump. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/ai-for-mobile-medical-diagnostics-current-applications/>.*
13. *Lienhart, R. and Maydt, J., «An extended set of Haar-like features for rapid object detection», ICIP02, pp. I: 900—903, 2002*
14. *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection Navneet Dalal and Bill Triggs 2-6.*
15. *Histogram of Oriented Gradients and Object Detection*
16. *Viola and Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", Computer cool Vision and Pattern Recognition, 2001*
17. *Cortes, Corinna; Vapnik, Vladimir N. (1995). "Support-vector networks" (PDF). Machine Learning. 20 (3): 273–297.*
18. *drian Rosebrock. Facial landmarks with dlib, OpenCV, and Python [Електронний ресурс] / Adrian Rosebrock. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/>.*
19. *One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.csc.kth.se/~vahidk/papers/KazemiCVPR14.pdf>.*
20. *AGernot Hoffmann Contents CIELab Color Space 2019. 2-3.*
21. *How to Perform Face Detection with Deep Learning [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/how-to-perform-face-detection-with-classical-and-deep-learning-methods-in-python-with-keras/>.*
22. *The Lab Color Mode in Photoshop, Adobe TechNote [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://web.archive.org/web/20081207061220/http://kb.adobe.com/selfservice/viewContent.do?externalId=310838>.*
23. *Whitepaper on understanding colors by X-rite.2016. 14-16*
24. *Color spaces in OpenCV (C++ / Python) [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://learnopencv.com/color-spaces-in-opencv-cpp-python/>.*
25. *Umbaugh, Scott E (2010). Digital image processing and analysis : human and computer vision applications with CVIPtools (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press*
26. *Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679–698, 1986.*
27. *Alexander Mordvintsev & Abid K. Canny Edge Detection [Електронний ресурс] / Alexander Mordvintsev & Abid K.. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_canny/py_canny.html.*
28. *Дерев'янченко О.В. ПАРКС-JAVA система для паралельних обчислень на комп'ютерних мережах: Навчальний посібник для студентів факультету кібернетики. – Київ. – 2011. – 60с*
29. *8 ознак небезпечних хвороб, які можна «прочитати» по обличчю [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://transkarpatia.net/transcarpathia/different/117839-8-oznak-nebezpechnih-hvorob-iaak-mozhna-prochitati-po-oblichchuu.html>.*

30. *Як прочитати на обличчі симптоми недуги [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zik.ua/news/2017/08/27/na_dobre_zdorovya_yak_prochytaty_na_oblychchi_symptomu_nedugy_1156437.*
31. *О чем свидетельствуют синие губы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://health.sarbc.ru/o-chem-svidetelstvuyut-sinie-guby.html>.*
32. *Красные глаза: причина, что делать [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://glazik.com.ua/ru/articles/blog/krasnye-glaza-prichina-hto-delat/>.*
33. *О каких болезнях могут сигнализировать сухие губы [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infox.ru/usefull/287/227793-o-kakih-boleznyah-mogut-signalizirovat-suhie-guby>.*
34. *Face Recognition [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://face-recognition.readthedocs.io/en/latest/readme.html>.*
35. *Чацюору Python SDK for Android [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://chaquo.com/chaquору/>.*

Тулупов В.І., Онищук С.Г. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB NEURAL NETWORK TOOLBOX

За допомогою Matlab Neural Network Toolbox досліджено впливу режимів різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні високоміцних конструкційних і інструментальних сталей. Отримані лінійні регресії моделювання у нейромережі.

The Matlab Neural Network Toolbox investigated the influence of cutting modes on the roughness of the machined surface during turning of high-strength structural and tool steels. Linear regressions of neural network modeling are obtained.

Система Matlab Neural Network Toolbox [1] має інструменти що дозволяють вирішувати задачі: апроксимації даних, розпізнавання образів, кластеризації та у задачах часових рядів. Система надає максимальні можливості налаштування та контролю мережі в процесі навчання, саме вона оптимально підходить як система прогнозування даних.

У Matlab Neural Network Toolbox виконані дослідження процесу обробки високоміцних сталей інструментом із металокерамічних безвольфрамівих твердих сплавів [2]. Обробка результатів випробування різців з вольфрамівих твердих сплавів і металокерамічних твердих сплавів та досліджень впливу режимів різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні високоміцних конструкційних і інструментальних сталей.

У роботі [2] факторами експерименту були наступні:

X1 – швидкість різання, V, м/хв, рівні: 120, 90, 60;

X2 – поздовжня подача, S, мм/об, рівні: 0,1; 0,2; 0,3;

X3 – глибина різання, t, мм, рівні: 0,2; 0,6; 1,0;

X4 – час обробки, T, хв, рівні: 10, 20, 30;

X5 – матеріал різального інструменту, M1, рівні: 0 (ВОК-60), 1 (Сілініт), 2 (ВК8), 3 (Т30К4);

X6 – оброблюваний матеріал, M2, рівні: 0 (30ХГСА), 1 (ВКС-210), 2 (Х12М), 3 (У8А).

У роботі досліджувалися характеристики якості технологічного процесу Y1 – зношування різця по задній поверхні (мм), Y2 – шорсткість обробленої поверхні (мкм), залежно від факторів, що впливають

Для обробки результатів дослідження була використана двошарова мережа прямого зв'язку з прихованими сигмоподібними нейронами та лінійними вихідними нейронами (рис. 1). Мережа навчалася за алгоритмом зворотного поширення Левенберга-Марквардта, що спрямований на вирішення задач про найменші квадрати.

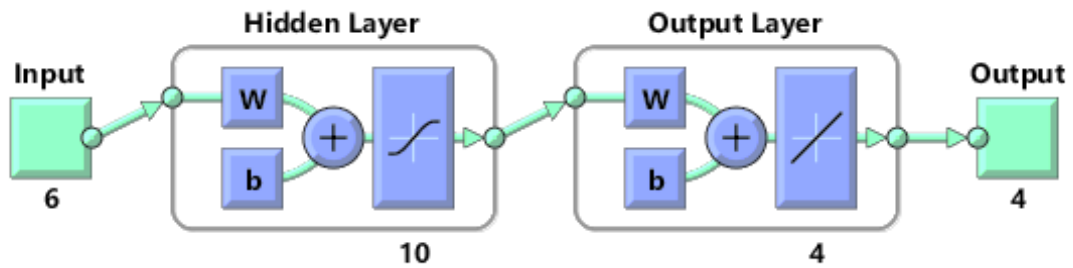


Рисунок 1 – Структура нейромережі

Після навчання нейронної мережі отримано графік помилок навчання, помилок перевірки та тестування, як показано на наступному рисунку:

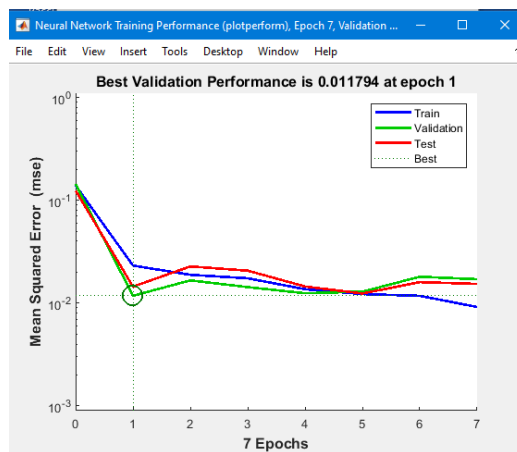


Рисунок 2 – Залежність помилок навчання, помилок перевірки та тестування від ітерації навчання

Після навчання мережі можна використовувати її для обчислення мережових результатів. Також можна розрахувати продуктивність мережі тільки на тестовому наборі, використовуючи індекси тестування.

У результаті моделювання були отримані лінійні регресії між виходами мережі та відповідними цілями. На рис. 3 показані результати.

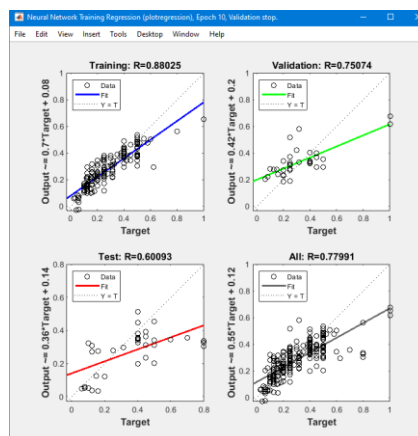


Рисунок 3 – Регресії

ВИСНОВОК

Використання нейромережевого моделювання дозволяє отримати математичні моделі при великій базі даних, що складно зробити звичайними методами.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

3. <https://www.mathworks.com/support.html>
4. Радченко, С. Г. Математическое моделирование обработки высокопрочных сталей / С. Г. Радченко, С. Н. Лапач // *Mechanics and Advanced Technologies*. – 2019. – №1 (85). – Р. 101-110.

Наукове видання

За загальною редакцією
д-ра техн. наук, професора
КОВАЛЕВСЬКОГО Сергія Вадимовича

**НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ
НМТІЗ-2021**

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