



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 84.35)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №12

Part 3

June 2020

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *candidate of technical sciences*

Editorial board: More than 160 doctors of science. Full list on pages 4

UDC 08
LBC 94
DOI: 10.30890/2567-5273.2020-12-03

Published by:
Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe, Germany
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de

The publisher is not responsible for the validity of the information or for any outcomes resulting from reliance thereon.

Copyright
© Authors, 2020



About the journal

The International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English. The journal is registered in INDEXCOPERNICUS.

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline	Sections
Subclass TJ / TJ1-1570	Mechanical engineering and machinery
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering.
Subclass TA / TA165	Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation
Subclass TK / TK5101-6720	Telecommunication
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Subclass TN / TN1-997	Mining engineering. Metallurgy
Subclass TS / TS1950-1982, TS2120-2159	Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Subclass TS / TS1300-1865	Textile industries
Subclass TK / TK7800-8360	Electronics
Subclass T / T55.4-60.8	Industrial engineering. Management engineering
Subclass T / T351-385	Mechanical drawing. Engineering graphics
Subclass TA / TA1001-1280, Subclass TL / TL1-484, Subclass TE / TE1-450, Subclass TF / TF1-1620	Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation
Subclass TH / TH1-9745	Building construction
Subclass T / T55-55.3	Industrial safety. Industrial accident prevention
Additional sections	Innovative economics and management, Innovations in pedagogy, Innovative approaches in jurisprudence, Innovative philosophical views

Requirements for articles

Articles should correspond to the thematic profile of the journal, meet international standards of scientific publications and be formalized in accordance with established rules. They should also be a presentation of the results of the original author's scientific research, be inscribed in the context of domestic and foreign research on this topic, reflect the author's ability to freely navigate in the existing bibliographic context on the problems involved and adequately apply the generally accepted methodology of setting and solving scientific problems.

All texts should be written in literary language, edited and conform to the scientific style of speech. Incorrect selection and unreliability of the facts, quotations, statistical and sociological data, names of own, geographical names and other information cited by the authors can cause the rejection of the submitted material (including at the registration stage).

All tables and figures in the article should be numbered, have headings and links in the text. If the data is borrowed from another source, a bibliographic reference should be given to it in the form of a note.

The title of the article, the full names of authors, educational institutions (except the main text language) should be presented in English.

Articles should be accompanied by an annotation and key words in the language of the main text and must be in English. The abstract should be made in the form of a short text that reveals the purpose and objectives of the work, its structure and main findings. The abstract is an independent analytical text and should give an adequate idea of the research conducted without the need to refer to the article. Abstract in English (Abstract) should be written in a competent academic language.

The presence of UDC, BBK

Acceptance of the material for consideration is not a guarantee of its publication. Registered articles are reviewed by the editorial staff and, when formally and in substance, the requirements of the journal are sent to peer review, including through an open discussion using the web resource www.sworld.education

Only previously unpublished materials can be posted in the journal.

Regulations on the ethics of publication of scientific data and its violations

The editors of the journal are aware of the fact that in the academic community there are quite widespread cases of violation of the ethics of the publication of scientific research. As the most notable and egregious, one can single out plagiarism, the posting of previously published materials, the misappropriation of the results of foreign scientific research, and falsification of data. We oppose such practices.

The editors are convinced that violations of copyrights and moral norms are not only ethically unacceptable, but also serve as a barrier to the development of scientific knowledge. Therefore, we believe that the fight against these phenomena should become the goal and the result of joint efforts of our authors, editors, reviewers, readers and the entire academic community. We encourage all stakeholders to cooperate and participate in the exchange of information in order to combat the violation of the ethics of publication of scientific research.

For its part, the editors are ready to make every effort to identify and suppress such unacceptable practices. We promise to take appropriate measures, as well as pay close attention to any information provided to us, which will indicate unethical behavior of one or another author.

Detection of ethical violations entails refusal to publish. If it is revealed that the article contains outright slander, violates the law or copyright rules, the editorial board considers itself obliged to remove it from the web resource and from the citation bases. Such extreme measures can be applied only with maximum openness and publicity.



Editorial board

- Bukharina Irina Leonidovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Grebneva Nadezhda Nikolayevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Gritsenko Svetlana Anatol'yevna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Kalenik Tat'yana Kuz'minichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Knyazeva Ol'ga Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Kukhar Yelena Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Kazakhstan
 Moiseykina Lyudmila Guchayevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Nefed'yeva Yelena Eduardovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Sentyabrev Nikolay Nikolayevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Starodubtsev Vladimir Mikhaylovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Ukraine
 Testov Boris Viktorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Tungushbayeva Zina Baybagusovna, Doctor of Biological Sciences, , Kazakhstan
 Fateyeva Nadezhda Mikhaylovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Akhmadiev Gabdulakhat Malikovich, Doctor of Veterinary Science, Professor, Russia
 Shevchenko Larisa Vasil'yevna, Doctor of Veterinary Science, Professor, Ukraine
 Animitsa Yevgeniy Georgiyevich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Russia
 Sukhova Mariya Gennad'yevna, Doctor of Geographical Sciences, assistant professor, Russia
 Irzhi Khakhula, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Czech Republic
 Fedorishin Dmitro Dmitrovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Ukraine
 Kokebayeva Gul'zhaukhar Kakenovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Otepova Gul'fira Yelubayevna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Trigub Petr Nikitovich, Doctor of Historical Sciences, Professor, Ukraine
 Elezovich M. Dalibor, Doctor of Historical Sciences, assistant professor, Serbia
 Vizir Vadim Anatol'yevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Ukraine
 Fedyanina Lyudmila Nikolayevna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russia
 Orlov Nikolay Mikhaylovich, Doctor of Science in Public Administration, assistant professor, Ukraine
 Velichko Stepan Petrovich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Gavrilenko Nataliya Nikolayevna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Gilev Gennadiy Andreyevich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Dorofeyev Andrey Viktorovich, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Karpova Nataliya Konstantinovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Mishenina Tat'yana Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Nikolayeva Alla Dmitriyevna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Rastrygina Alla Nikolayevna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Sidorovich Marina Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Smirnov Yevgeniy Ivanovich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Fatykhova Aleytina Leon'tyevna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Fedotova Galina Aleksandrovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Khodakova Nina Pavlovna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Chigirinskaya Natal'ya Vyacheslavovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Churekova Tat'yana Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Latygina Natal'ya Anatol'yevna, Doctor of Political Sciences, Professor, Ukraine
 Sirota Naum Mikhaylovich, Doctor of Political Sciences, Professor, Russia
 Khebrina Svetlana Vladimirovna, Doctor of Psychology, Professor, Russia
 Vozhegova Raisa Anatol'yevna, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Denisov Sergey Aleksandrovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Zhoitovonog Ol'ga Igorevna, doctor of agricultural sciences, , Ukraine
 Kostenko Vasil'y Ivanovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Kotlyarov Vladimir Vladislavovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Morozov Aleksey Vladimirovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Patyka Nikolay Vladimirovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Rebezov Maksim Borisovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Tarariko Yuriy Aleksandrovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Mal'tseva Anna Vasil'yevna, Doctor of Sociology, assistant professor, Russia
 Stegny Vasil'y Nikolayevich, Doctor of Sociology, Professor, Russia
 Tarasenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, Russia
 Avershenkov Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Antonov Valeriy Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Bykov Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Goncharuk Sergey Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Zakharov Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kalayda Vladimir Timofeyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kapitanov Vasil'y Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kirillova Yelena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Kovalenko Petr Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kopey Bogdan Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kosenko Nadezhda Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
 Kruglov Valeriy Mikhaylovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kuderin Marat Krykbaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Lebedev Anatoliy Timofeyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Lomoto Denis Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Makarova Irina Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Morozova Tat'yana Yur'yevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Pavlenko Anatoliy Mikhaylovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Parunakyan Vaag Emil'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Pachurin German Vasil'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Pershin Vladimir Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Piganov Mikhail Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Polyakov Andrey Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Popov Viktor Sergeyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Rokochinskiy Anatoliy Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Romashchenko Mikhail Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Sementsov Georgiy Nikiforovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Sukhenko Yuriy Grigor'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Ustenko Sergey Anatol'yevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Khabibullin Rifat Gabdulkhakovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Chervonny Ivan Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shayko-Shaykovskiy Aleksandr Gennad'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shibayev Aleksandr Grigor'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Scherban' Igor' Vasil'yevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
 Bushuyeva Inna Vladimirovna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Volokh Dmitriy Stepanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Georgiyevskiy Gennadiy Viktorovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Senior Researcher, Ukraine
 Gudzenko Aleksandr Pavlovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Tikhonov Aleksandr Ivanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalov Valeriy Vladimirovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalova Viktoriya Alekseyevna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Blatov Igor' Anatol'yevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russia
 Kondratov Dmitriy Vyacheslavovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor, Russia
 Lya'l'kina Galina Borisovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russia
 Malakhov A.V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ukraine
 Vorozhitova Aleksandra Anatol'yevna, doctor of philology, Professor, Russia
 Lytkina Larisa Vladimirovna, doctor of philology, assistant professor, Russia
 Popova Taisiya Georgiyevna, doctor of philology, Professor, Russia
 Kovalenko Yelena Mikhaylovna, doctor of philosophical science, Professor, Russia
 Lipich Tamara Ivanovna, doctor of philosophical science, assistant professor, Russia
 Maydanyuk Irina Zinoviyevna, doctor of philosophical science, assistant professor, Ukraine
 Svetlov Viktor Aleksandrovich, doctor of philosophical science, Professor, Russia
 Stovpets A.V., doctor of philosophical science, assistant professor, Ukraine
 Antrapteva Nadezhda Mikhaylovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Bazheva Rima Chamalovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Russia
 Grizodub Aleksandr Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Yermagambet Bolat Toleukhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Maksin Viktor Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Angelova Polya Georgiyevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Bulgaria
 Bezdenezhnykh Tat'yana Ivanovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Burda Aleksey Grigor'yevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Granovskaya Lyudmila Nikolayevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Dorokhina Yelena Yur'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Klimova Natal'ya Vladimirovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Kochinev Yuriy Yur'yevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Kurmayev Petr Yur'yevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Lapkina Inna Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Mel'nik Alona Alekseyevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Ukraine
 Mil'yayeva Larisa Grigor'yevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Pakhomova Yelena Anatol'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Reznikov Andrey Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Savel'yeva Nelli Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Sokolova Nadezhda Gennad'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Strel'tsova Yelena Dmitriyevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Batyrgareyeva Vladislava Stanislavovna, doctor of law, , Ukraine
 Get'man Anatoliy Pavlovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Kafarskiy Vladimir Ivanovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Kirichenko Aleksandr Anatol'yevich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Stepenko Valeriy Yefremovich, doctor of law, assistant professor, Russia
 Tonkov Yevgeniy Yevgen'yevich, doctor of law, Professor, Russia
 Shepit'ko Valeriy Yur'yevich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Shishka Roman Bogdanovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Yarovenko Vasil'y Vasil'yevich, doctor of law, Professor, Russia
 Kantarovich YU.L., Ph.D. in History of Arts, , Ukraine
 Volgireva Galina Pavlovna, Candidate of Historical Sciences, assistant professor, Russia
 Tokareva Natal'ya Gennad'yevna, Candidate of Medical Sciences, assistant professor, Russia
 Demidova V.G., Candidate of Pedagogical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Mogilevskaya I.M., Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Ukraine
 Lebedeva Larisa Aleksandrovna, Candidate of Psychological Sciences, assistant professor, Russia
 Yatsenko Olesksandr Volodymyrovych, Candidate of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalov Valentin Valer'yevich, Candidate of Pharmaceutical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Stovpets V.G., Candidate of Philology, assistant professor, Ukraine
 Ruslan Zubkov, Doctor of Economics, Associate Professor, Ukraine
 Tolbatov Andrey Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, Ukraine
 Sharagov Vasily Andreevich, Doctor of Chemistry, Associate Professor, Moldova



УДК 05.11.01

THE AEROSOL MONITORING DEVICE УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЯ

Shimko E.A. / Шимко Е.А.

k.p.s., doc. / к.п.н., доц.

ORCID: 664272

SPIN: 2090-3210

Bushueva Y.G. / Бушуева Ю.Г.

Altai State University, Barnaul, Lenina, 61, 656049

Алтайский государственный университет, Барнаул, Ленина, 61, 656049

Аннотация. Концентрация частиц аэрозоля является одной из важнейших характеристик, от которой зависит поведение дисперсной системы в различных физико-химических процессах. Для анализа состояния аэрозоля была выбрана массовая концентрация частиц пыли. В работе рассматриваются принцип действия, результаты тестирования и перспективы применения экспериментальной установки для мониторинга степени загрязненности воздушной среды (аэрозоля).

Ключевые слова: аэрозоль, массовая концентрация пыли, мониторинг загрязненности воздуха.

Вступление.

Современная техническая диагностика основана на применении автоматизированных высокочувствительных методов, позволяющих оперативно получать достоверную информацию о состоянии любой системы, в том числе и атмосферного воздуха. В связи с этим существует необходимость создания портативного прибора, с помощью которого можно определять степень запылённости воздуха, а также значения относительной влажности и температуры.

Основной текст.

Воздушная среда оказывает непрерывное воздействие на человеческий организм. За один год человек через своих лёгкие пропускает примерно тонну воздуха, в котором находятся взвешенные микрочастицы аэрозоля. Аэрозоль – это взвесь твердых или жидких частиц в газе. Почти 80% резервных возможностей иммунной системы человека расходуется при реакции на пыль, попадающей в дыхательные пути и кровеносные сосуды. Со временем резервные возможности организма заканчиваются, что приводит к развитию различных заболеваний. Загрязнение воздуха приводит к аллергии, бронхитам, бронхиальной астме, онкологическим заболеваниям и т.д., что ухудшает состояние человека и способствует уменьшению его срока жизни. Следовательно, существует необходимость самостоятельного мониторинга состояния окружающего воздуха каждым человеком с помощью малогабаритных устройств. О степени запылённости воздуха можно судить, например, по значению концентрации пыли.

Концентрация частиц аэрозоля является одной из важнейших характеристик, от которой зависит поведение дисперсной системы в различных физико-химических процессах. При исследовании состава аэрозоля используют разные виды концентрации частиц:



1) счетная концентрация частиц (C_n) – количество частиц в единице объема двухфазной среды;

2) объемная концентрация частиц (C_v) – суммарный объем частиц в единице объема двухфазной среды

3) массовая концентрация частиц (C_m) – суммарная масса частиц в единице объема двухфазной среды.

При конструировании экспериментальной установки был использован оптический датчик пыли GP2Y1010AU0F. Датчик пыли GP2Y1010AU0F был выбран для экспериментальной установки по следующим причинам:

1. Он использует новейшие технологии для зондирования, включая инфракрасный светодиод, набор линз, фотодиодный детектор и электромагнитный экран.
2. Он имеет высокую чувствительность к пыли, а также быстрое время отклика между датчиком и микроконтроллером.
3. Благодаря трем проводам (VCC, GND и сигнал), ведущим к микроконтроллеру, этот датчик может быть подготовлен с использованием простой аппаратной структуры.

Кроме этого, этот датчик пыли имеет небольшие размеры и стоимость. Он может обнаруживать частицы пыли и дыма в любой окружающей среде. Во время работы потребляет очень мало энергии, что делает его идеальным для постоянно включенной системы мониторинга.

Принцип его действия заключается в том, то светодиод освещает воздух, проходящий через сквозное отверстие. Парящие в воздухе пылинки отражают оптический сигнал на светочувствительный сенсор, а управляющая схема пересчитывает его в количество взвешенных частиц в объёме воздуха, то есть сначала прибор измеряет счетную концентрацию частиц аэрозоля в воздухе C_n . Расчет массовой концентрации C_m проводится на основе заложенных в программу моделей распределения массы частиц в зависимости от их размера [1, С. 15]):

$$C_m = C_n \cdot \frac{\pi \rho_p}{6} \int_0^{\infty} D^3 f(D) dD. \quad (1)$$

где ρ_p – плотность материала частицы; $f(D)$ – дифференциальная функция счетного распределения частиц по размерам.

В устройство для мониторинга аэрозоля также встроен датчик атмосферного давления, влажности и температуры воздуха BME280. BME280 представляет собой интегрированный датчик окружающей среды, разработанный специально для мобильных устройств, где небольшой размер и низкое энергопотребление являются ключевыми.

Анализ значений массовой концентрации микрочастиц пыли, относительной влажности и температуры воздуха с помощью сконструированной малогабаритной установки позволяет получать достоверные результаты о состоянии аэрозольной среды в любом месте и в любое время, а, следовательно, позволяет достоверно оценить безопасность жизнедеятельности человека. Сконструированное устройство было



протестировано в реальных условиях (на остановках общественного транспорта в г. Барнауле в период с 26 мая по 30 мая 2020 года), чтобы по результатам мониторинга концентрации пыли, относительной влажности и температуры воздуха установить его эффективность и сравнить полученные значения величин с нормативными. За время наблюдения среднесуточная концентрация микрочастиц изменялась от 53 % до 44 % от предельно допустимого уровня (150 мкг/м^3). Корреляционный анализ результатов измерений показал наличие прямой взаимосвязи массовой концентрации микрочастиц пыли с температурой воздуха при достоверности аппроксимации $R^2 = 0,921$ (рис. 1):

$$C_m(t) = 1,142t + 47,256. \quad (2)$$

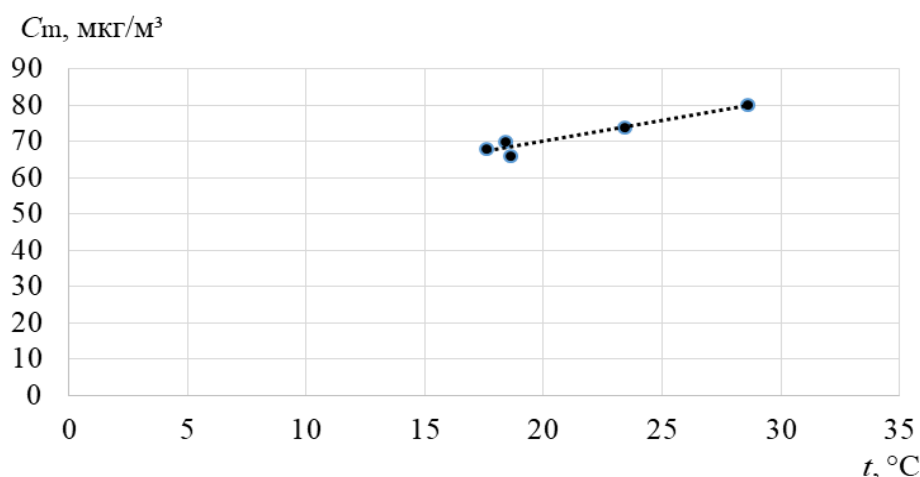


Рис. 1. Зависимость среднесуточной массовой концентрации микрочастиц пыли от температуры воздуха

Авторская разработка

Сравнение полученных данных с нормативными позволило сделать вывод о степени запылённости воздуха на транспортных остановках г. Барнаула – выявлена посредственная вредность для здоровья человека на протяжении всех дней проведения измерений. На основании результатов работы можно сделать вывод, что сконструированную установку также можно успешно применять в ходе лабораторного практикума при подготовке медицинских физиков [2-3].

Заключение и выводы.

Были рассмотрены преимущества автоматического малогабаритного измерителя концентрации микрочастиц пыли, относительной влажности и температуры воздуха:

- простота эксплуатации, небольшие размеры и низкая стоимость по сравнению с аналогичными устройствами, имеющимися в продаже;
- возможность в режиме реального времени измерения массовой концентрации микрочастиц пыли, влажности и температуры воздуха.

Были получены результаты исследования, которые показали, что разработанное устройство для мониторинга состояния аэрозоля может применяться при экспресс-анализе загрязнённости воздуха. Оно не позволяет проводить исследование дисперсного состава пыли, следовательно, не позволяет определить процентное содержание мелкодисперсной пыли от общей



массы и, соответственно, концентрации частиц фракций пыли РМ-10 и РМ-2,5 в разное время. Тем не менее, результаты экспресс-анализа могут быть эмпирическим основанием для дальнейшего исследования при помощи других устройств, позволяющих выявить состав пыли и характер распределения по размерам микрочастиц пыли.

Литература:

1. Архипов В.А. Движение аэрозольных частиц в потоке / В.А. Архипов, А.С. Усанина. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2013. – 92 с.
2. Шимко Е.А. Приборы и способы измерения физических величин / Е.А. Шимко. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2019. – 40 с.
3. Шимко Е.А. Физические основы медицинской диагностики: лабораторный практикум / Е.А. Шимко, Р.М. Утемесов. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. – 151 с.

Abstract. *The concentration of the aerosol particles is one of the most important characteristics on which the behavior of a dispersed system in various physicochemical processes depends. For aerosol analysis, a mass concentration of the particles of the dust was selected.*

The work considers the principle of the operation, test results and prospects for the use of an experimental setup for the monitoring the degree of air pollution (aerosol).

Key words: *the aerosol, the mass concentration of dust, the monitoring of air pollution.*

Статья отправлена: 18.06.2020 г.

© Шимко Е.А.



УДК 628.9:536.3

**STREETLIGHT AUTOMATIC MONITORING AND CONTROL SYSTEM
DESIGNE****ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА
УПРАВЛІННЯ ВУЛИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ****Nazarenko A.O. / Назаренко А.О.***c.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0001-7795-269X

Nazarenko O.O. / Назаренко О.О.*c.t.s. / к.т.н.**Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, Kyiv, Mary Kapnist str. 2a, 03680**Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Марії Капніст 2а, 03680***Burova Z.A. / Бурова З.А.***c.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-4712-6298

SPIN: 5975-4039

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**Kyiv, Heroiv Oborony 15, 03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, Героїв Оборони 15, 03041*

Анотація: У статті представлені результати досліджень та практичних розробок українських теплофізиків, що мали на меті зменшення споживання електроенергії для вуличного освітлення. Розроблено зовнішні джерела освітлення на базі високоякісних потужних світлодіодних модулів з мінімальним енергоспоживанням та максимальним світловим потоком, які є основою енергоефективних освітлювальних мереж. Спроектовано автоматичну систему моніторингу, контролю та управління мережами зовнішнього освітлення, яка не тільки керує роботою світильників або їх групи залежно від рівня освітленості навколишнього середовища, але також контролює температуру світлодіодного кристала та джерела живлення кожної лампи для запобігання перегріву, що забезпечить збільшення терміну служби світильників.

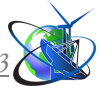
Ключові слова: енергозбереження, система моніторингу та управління, зовнішні джерела освітлення, світлодіод, температура

Вступ

За даними експертів, наразі витрати електроенергії на вуличне освітлення сягають до 30% від загального споживання. Зниження цього показника позитивно позначиться на загальній динаміці енергетичного ринку, адже скорочення споживання енергії безпосередньо впливає на скорочення імпорту паливних ресурсів, що є дуже важливим для економічного розвитку України.

Зниження споживання електроенергії, що використовується для вулиць й автошляхів та освітлення прибудинкових територій, є метою комплексу теоретичних досліджень та практичних розробок, що триває у відділі моніторингу та оптимізації теплофізичних процесів Інституту технічної теплофізики НАН України.

Подібною проблемою займаються фахівці багатьох європейських країн, Америки та Азії [1, 2]. Аналіз закордонного досвіду та власних досліджень [3] виокремив такі основні аспекти проектування систем управління вуличним освітленням:



- використання зовнішніх джерел освітлення (ламп) з мінімальним енергоспоживанням та максимальним світловим потоком;
- впровадження автоматизації системи освітлення;
- моніторинг теплового стану світильника для подовження терміну його експлуатації.

Вибір типу лампи та проектування світильників

Як відомо, лише частина електроенергії, яку споживає будь-яка лампа, перетворюється на світло, решта енергії перетворюється на теплове, інфрачервоне та інші види випромінювання. Через низьку ефективність лампи розжарювання в сучасному вуличному освітленні більше не використовуються. Їх замінили газорозрядні лампи, однак вони також мають низьку надійність, серед яких лінійний спектр випромінювання, мерехтіння, баластні шуми, а головне – небезпека від шкідливих парів ртуті при руйнуванні лампочки. Незважаючи на недоліки, розрядні лампи широко використовують і досі у багатьох видах освітлення, але провідні фахівці наразі радять переходити на використання світлодіодних ламп та вдосконаленої технології вуличного освітлення.

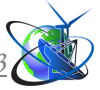
При розробці вуличного світильника треба враховувати багато факторів, основними з яких є енергозбереження, передача кольору, міцність конструкції та захист навколишнього середовища. Найкраще їм відповідають лампи на основі LED-модулів [1 – 3]. Джерела світлодіодного освітлення мають найкращі характеристики діаграми направленості, що є перевагою при необхідності якісного освітлення великих площ, а також при виборі лампи можна вибрати кольоровий тон та індекс кольоропередачі для конкретного проекту освітлення.

Однак джерела LED-світла чутливі до підвищених температур і при поганих умовах тепловідведення від кристала світлодіода їх термін служби може значно скоротитися [3, 4]. Саме тому світлодіодні лампи зазвичай обладнано радіатором для інтенсифікації теплообміну та розташовані в корпусі, виготовленому з високотеплопровідних матеріалів, який крім від захисту від вологи та пилу, забезпечує додаткове тепловідведення. Незважаючи на такі конструктивні рішення, необхідно забезпечити моніторинг теплового стану кристалу та драйверу лампи для запобігання виникнення аварійних ситуацій.

Для створення потужного вуличного світильника було обрано світлодіодні модулі виробництва корейської компанії Seoul Semiconductor [5], які є наразі оптимальними за критерієм ціна/якість. На основі цих світлодіодів було розроблено дві конструкції світильників. На рис. 1 представлений консольний світлодіодний вуличний світильник (а) з одним LED-модулем (б).

Світлодіодний модуль разом з драйвером, блоком живлення, сенсорами та системою керування встановлений в стандартному корпусі EFA 35W, який виготовлений з високотеплопровідного алюмінію та має розвинену радіаторну систему для забезпечення ефективного тепловідведення від кристалу та електронних компонентів світильника.

Світильник, представлений на рис. 2, виконаний з високоякісного сплаву алюмінію та полікарбонатного розсіювача.



а



35 Вт
5250 Лм

б

Рис.1. Консольний світлодіодний вуличний ліхтар



2 Вт x 24 шт.

Рис.2. Багатодіодний вуличний світильник

Дана модель реалізована на основі багатодіодної матриці, що дозволяє у разі виходу із ладу одного з діодів продовжувати працювати та за рахунок більшої кількості діодів мати кращу теплорозсіювальну поверхню.

Розробка принципової схеми та алгоритму роботи системи керування

Для забезпечення оперативного керування мережами вуличного освітлення розроблено принципову схему системи моніторингу та управління, представлену на рис.3, яка надає необхідну інформацію щодо температурних параметрів світильників та довіклля їй дозволяє керувати яскравістю світлодіодних ламп як в ручному – індивідуально, так і в автоматичному режимі, в залежності від зовнішнього освітлення та заданого алгоритму роботи.

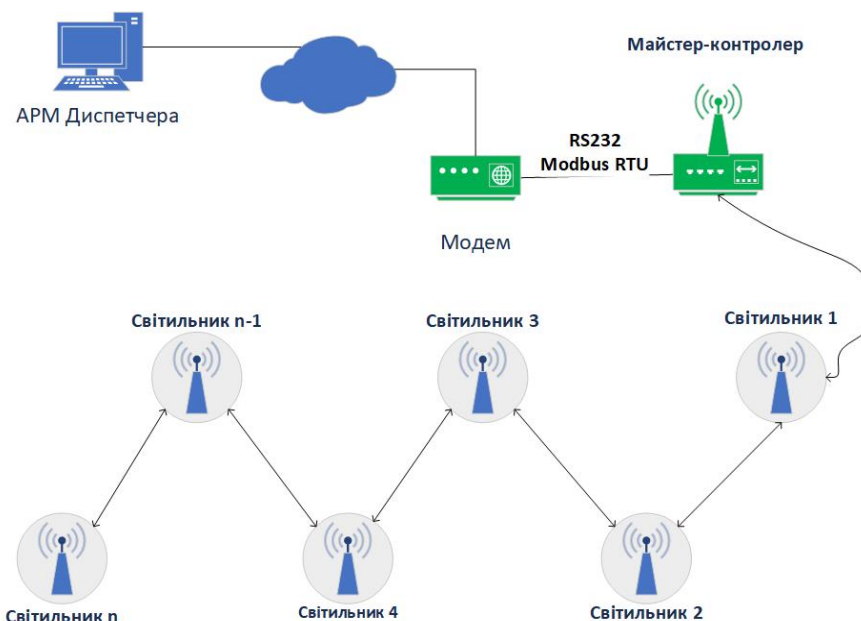
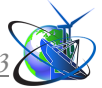


Рис.3. Принципова схема системи керування освітленням



Система керування складається з АРМ Диспетчера, майстер-контролера і n -ї кількості світильників. АРМ Диспетчера складається з ПК з встановленою програмою управління і моніторингу. Майстер-контролер є програмно-апаратним комплексом на базі високопродуктивного мікроконтролера з інтегрованим модулем радіозв'язку. Кожен світильник містить модуль управління, який складається з мікроконтролера з інтегрованим модулем радіозв'язку, сенсорів температури і освітленості, системи живлення та управління драйвером світильника.

У момент коли зовнішнє освітлення стає нижче 15 Люкс, світильник вмикається на 10% потужності. З пониженням на кожен 1 Люкс світильник збільшує свою потужність на 10% і так до виходу на 100%. Моніторинг кількості світла відбувається кожні 30 секунд. Відповідно, коли зовнішнє освітлення стає вище 15 Люкс, світильник вимикається.

Під час роботи ведеться постійний моніторинг температури сенсорами, розташованими на блоці живлення та світлодіоді. При виході за попереджувальну установку температури – якщо температура кристала світильника перевищує 80 °С, пристрій посилає повідомлення на АРМ Диспетчера з ознакою тривожного сигналу, при досягненні аварійної установки (понад 90 °С) відбувається відключення світильника і відсилається повідомлення на АРМ Диспетчера. Так само контролюється температура блоку живлення. Якщо температура блоку живлення перевищить 60 °С, диспетчер одержить попереджувальне повідомлення, а при критичному перевищенні понад 70 °С світильник вимкнеться і оператор одержить повторне сповіщення.

Всі передумовки (початкове значення освітленості, критичні значення температури кристалу та блоку живлення, частоту опитування) можна змінювати дистанційно. Критичні значення температури зазвичай приймають на 25-30% меншими за паспортні величини. Масив даних моніторингу зберігається у хмарному сховищі та виводяться на екран ПК оператора у режимі реального часу.

Перевагами спроектованої системи автоматичного моніторингу та управління вуличним освітленням є:

1. автоматичне або ручне керування окремим світильником або групами світильників (наприклад, вулицями, сторонами вулиць, через один для економного користування);
2. керування в залежності від зовнішнього освітлення;
3. моніторинг температури світильника (матриці та блока живлення), що дозволить запобігти несвоєчасному виходу світильника з ладу;
4. моніторинг світлового потоку матриці, що дозволить своєчасне, автоматичне виявлення зменшення світлового потоку або виходу з ладу світильника;
5. повне відключення світильника від мережі живлення в неробочий період;
6. дистанційне керування системою через мережу Інтернет, що не потребує прокладання додаткових ліній зв'язку;
7. керування та коригування системою здійснюється з персонального



комп'ютера з можливістю створення індивідуальних графічних інтерфейсів.

Також додатково можливе розширення функцій кінцевих пристроїв для реалізації специфічних завдань паралельно з керуванням освітленням, наприклад система моніторингу загазованості вихлопними газами, моніторингу радіаційної обстановки, температури і вологості навколишнього середовища та інших параметрів.

Висновки

В результаті комплексних досліджень впроваджено сучасний підхід до створення мереж вуличного освітлення. Розроблені сучасні світильники на базі одно- та багатодіодних модулів, що споряджені сенсорами температури, освітленості та комунікаційними модулями. Спроектовано автоматичну бездротову систему моніторингу параметрів світильників та навколишнього середовища, контролю їх функціонування залежно від результатів обробки сигналів вимірювальних сенсорів та віддаленого керування мережею зовнішнього освітлення.

Література

1. A. Ożadowicz, J. Grela “Energy saving in the street lighting control system—a new approach based on the EN-15232 standard”. *Energy Efficiency* 10, 563–576 (2017) DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9476-1>
2. Small lights with big potential: light emitting diodes & organic light emitting diodes. *Commercial History (1960s - Today)* [Electronic resource]: URL: <https://edisontechcenter.org/LED.html> (Last accessed: 02.06.2020)
3. Z. Burova, A. Nazarenko, and O. Nazarenko, “The Main Problems of Developing Powerful LED Systems for Outdoor Use”, *MEIT*, vol. 09-01, pp. 118-122, Oct. 2019. DOI: 10.30890/2567-5273.2019-09-01-028.
4. Ноэль Лотар (Lothar Noelle) Охлаждение и регулирование температурных режимов светодиодов [Electronic resource]: *Solid-State Lighting*, 2010. No. 3. URL: https://www.led-e.ru/articles/led-cooling/2010_3_13.php
5. Seoul Semiconductor. Products [Electronic resource]: URL: <http://www.seoulsemicon.com/en/product> (Last accessed: 22.05.2020)
6. Z. Burova, A. Nazarenko, and O. Nazarenko (2019). Street Lighting Networks Modernization Using Energy Efficient LED Sources in *Naučnye trudy SWorld* [Scientific works SWorld], 2019, issue №2, vol/ 2, pp. 45-49. DOI: 10.30888/2410-6615.2019-02-02-064

References:

1. A. Ożadowicz, J. Grela “Energy saving in the street lighting control system—a new approach based on the EN-15232 standard”. *Energy Efficiency* 10, 563–576 (2017) DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9476-1>
2. Small lights with big potential: light emitting diodes & organic light emitting diodes. *Commercial History (1960s - Today)* [Electronic resource]: URL: <https://edisontechcenter.org/LED.html> (Last accessed: 02.06.2020)
3. Z. Burova, A. Nazarenko, and O. Nazarenko, “The Main Problems of Developing Powerful LED Systems for Outdoor Use”, *MEIT*, vol. 09-01, pp. 118-122, Oct. 2019. DOI:



10.30890/2567-5273.2019-09-01-028.

4. Lothar Noelle “Cooling and regulation of LEDs temperature modes” [Electronic resource]: Solid-State Lighting, 2010. No. 3. URL: https://www.led-e.ru/articles/led-cooling/2010_3_13.php

5. Seoul Semiconductor. Products [Electronic resource]: URL: <http://www.seoulsemicon.com/en/product> (Last accessed: 22.05.2020)

6. Z. Burova, A. Nazarenko, and O. Nazarenko (2019). Street Lighting Networks Modernization Using Energy Efficient LED Sources in *Naučnye trudy SWorld* [Scientific works SWorld], 2019, issue №2, vol/ 2, pp. 45-49. DOI: 10.30888/2410-6615.2019-02-02-064

Abstract: *The article presents the results of research and practical developments of Ukrainian thermophysicists, which aimed to reduce electricity consumption for street lighting. External light sources based on high-quality high-power LED modules with minimum energy consumption and maximum light flux have been developed, which are the basis of energy-efficient lighting networks. An automatic system for monitoring, control and management of outdoor lighting networks has been designed, which not only controls the operation of luminaires or their groups depending on the ambient light level, but also controls the temperature of the LED crystal and power supply of each lamp to prevent overheating.*

Keywords: *energy saving, monitoring and control system, external light sources, LED, temperature*

Статтю відправлено: 19.06.2020 г.

© Назаренко А.О., Назаренко О.О., Бурова З.А.



УДК. 53.083.62.

REMOTE IDENTIFICATION OF LIQUIDS IN CLOSED DIELECTRIC CONTAINERS**ДИСТАНЦИОННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ЗАКРЫТЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЕМКОСТЯХ****Loshitskyi P.P. / Лошицкий П.П.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-2349-0092

*Национальный Технический Университет Украины**«Киевский Политехнический Институт», пр-т. Победы, 37, Киев***Ustenko K.S. / Устенко К.С.***Ph.D student / аспирант*

ORCID: 0000-0002-8381-5357

*Национальный Технический Университет Украины**«Киевский Политехнический Институт», пр-т. Победы, 37, Киев*

Аннотация Рассматриваются методика и измерительная установка для дистанционной идентификации растворов, помещенных в закрытых диэлектрических емкостях (таре), препятствующей доступу к раствору для непосредственного измерения его параметров. Измерение параметров растворов осуществляется косвенно через определение флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую погружены емкости с исследуемыми растворами. Методика измерений основывается на флуктуационно-диссипативной теореме, которая устанавливает связь между спектром флуктуации физических величин в равновесной диссипативной среде и параметрами, характеризующими реакцию этой среды на внешние воздействия. В качестве внешней силы, влияющей на среду (дистиллированную воду), используются тепловые излучения исследуемых растворов. Для увеличения чувствительности (контрастности) методики используется «подсветка» – широкополосное шумовое излучение нетепловой интенсивности. Полученные экспериментальные значения флуктуаций дифференциальных температур для разных растворов идентифицировать сложно из-за малых различий, поэтому определялись значения дисперсии, автокорреляции и коэффициентов преобразований Фурье для каждого из этих значений. В работе показано, что обработка результатов измерений позволяет визуально различать водно-спиртовые растворы. Полученные результаты позволяют не только различать их по концентрациям, но и иметь представление о водородных связях в этих растворах.

Ключевые слова: быстрое преобразование Фурье, дифференциальная температура, амплитудный спектр сигнала.

Введение

Дистанционная идентификация различных веществ представляет собой очень сложную и до настоящего времени в большинстве случаев нерешенную задачу. Связано это с тем, что не только трудно определить критерии и параметры, по которым можно различать вещества, но и методы получения этих параметров. Чаще всего используются различия в протекании тех или иных динамических процессов, происходящих с рассматриваемыми веществами при изменении внешних условий или параметров. Однако в большинстве случаев дистанционно эти различия технически сложно измерить. Надо также иметь в виду, различное понимание выражения «дистанционная идентификация». Это может быть возможность обнаружения



наличия или отсутствия объекта на расстоянии многих километров, визуализация объектов, находящихся внутри чего – то, с дистанции нескольких метров или определение свойств объектов без возможности измерительных приборов касаться или нарушать их целостность (такие методы в медицине называются неинвазивными).

В настоящее время достаточно актуальна задача определения содержания различных веществ или компонент вещества в герметически закрытой таре. Это может быть необходимость проверки годности дорогостоящих лекарств без вскрытия тары, определение взрывоопасности закрытой емкости, оценка качества продуктов питания и так далее. В работах [1,2] рассмотрены варианты дистанционного определения концентрации некоторых водных растворов. Суть метода сводится к тому, что исследуемый объект, находящийся в диэлектрической таре, помещается в промежуточную жидкую среду, параметры которой инструментально измеряются и по этим измерениям делаются выводы о параметрах исследуемого вещества. Эти выводы следуют из того факта, что жидкость представляет собой неупорядоченную систему, характеризующуюся топологическим беспорядком, при котором атомы или молекулы жидкости не меняются (одни и те же), но статически или динамически смещаются относительно временных и неустойчивых положений равновесий, которые сдвигаются тепловым трансляционным движением. Наличие такого движения сопровождается флуктуациями плотности и температуры в любом достаточно малом объеме жидкости, которые определяются различными причинами, в том числе и очень слабыми тепловыми излучениями объектов, помещенных в эту жидкость [3].

Целью работы является усовершенствование метода дистанционной идентификации веществ, находящихся в диэлектрической герметически замкнутой таре, путем измерений флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещается тара с исследуемой жидкостью, и его проверка методом сравнения полученных зависимостей с известными данными для достаточно изученных водно – спиртовых растворов.

Методика экспериментальных исследований

Так как большинство физических и химических процессов сопровождается изменением энтропии, выделением или поглощением тепла, то для обычной идентификации многих веществ используется дифференциальный термический анализ, который является одним из наиболее высокочувствительных современных методов изучения фазовых превращений, происходящих в системах или веществах. При термическом анализе непрерывно регистрируются тепловые эффекты с помощью измерения температуры вещества через равные промежутки времени. Температуры окружающей среды при этом изменяется с постоянной скоростью [4].

Если при изменении температуры вещества не происходит превращений, сопровождающихся тепловыми эффектами, то зависимость «температура – время» (термограмма) имеет вид плавной наклонной линии. В случае возникновения в веществе того ли иного превращения заметно меняется скорость его изменения температуры за счет выделения или поглощения тепла



по сравнению с окружающей средой. На термограмме это соответствует отклонению линии от ее первоначального направления. Метод регистрации тепловых процессов в координатах «температура – время» (простая запись) недостаточно чувствителен. С целью увеличения чувствительности применяется метод дифференциального термического анализа, при котором кроме изменения температуры исследуемого образца, регистрируется разность температур между изученным веществом и эталоном. Для эталона выбирают вещество, не имеющее фазовых превращений в исследуемом интервале температур. Установка для дифференциального термического анализа с автоматической записью температуры образца и разности температур образца и эталона называется пирометром Курнакова, принципиальная схема которого приведена на рис.16, оказалась настолько удачной, что сохранилась до настоящего времени. Изменения касаются только отдельных узлов и всей конструкции в целом [5].

На рис.1а. показана схема дифференциальной термопары для регистрации температуры образца и дифференциальной температуры между образцом и эталоном. Запись температур осуществляется с помощью двух совершенно одинаковых термопар, соединенных последовательно между собой одинаковыми проволоками.

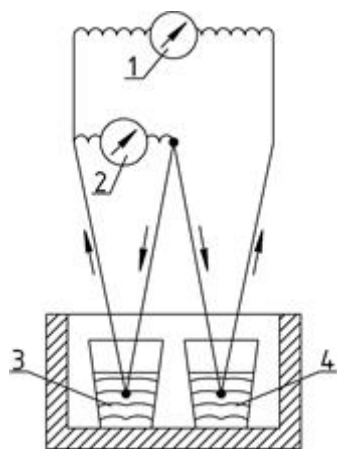


Рис. 1а. Схема дифференциальной термопары [5]: 1 – измерительный прибор дифференциальной термопары; 2 – измерительный прибор простой термопары (стрелками показано направление термоэлектрических токов); 3 – исследуемое вещество; 4 – эталон.

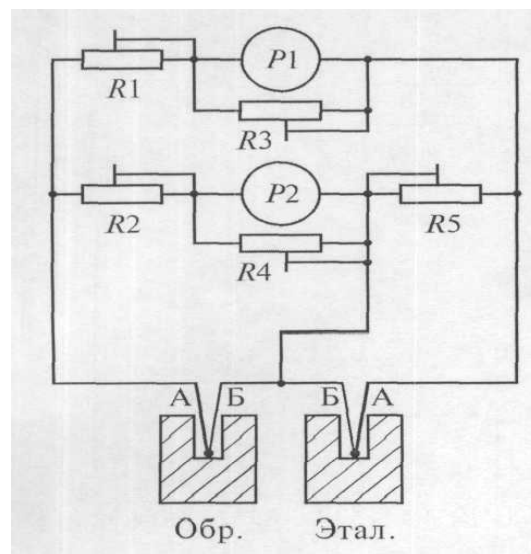


Рис.16. Принципиальная электрическая схема пирометра И.С. Курнакова [5].

При одинаковой температуре горячих спаев дифференциальной термопары, возникающие в ней токи, будут направлены навстречу друг другу и при их равенстве, компенсироваться. В этом случае измерительный прибор дифференциальной термопары не покажет никакого отклонения. Дифференциальная запись на термограмме получится в виде прямой линии,



параллельной оси времени (нулевая или базисная линия). При проявлении теплового эффекта в веществе возникнет разность температур между исследуемым веществом и эталоном. Дифференциальную запись комбинируют с простой записью, получая, таким образом, одновременно две: простую – для определения температур эффектов и дифференциальную – для увеличения чувствительности установки [6].

На рис.1б.приведена принципиальная электрическая схема пирометра Курнакова. Измерительным прибором P1 фиксируются показания, пропорциональные разности температур исследуемого образца и эталона, а прибором P2 измеряется температура образца. Резисторами R1 и R2 регулируется чувствительность измерительных приборов, а резисторами R3 и R4 их инерционность. Шунтирование резисторами R2 и R4 одной из ветвей дифференциальной термопары может привести к значительному отклонению разности температур образца и эталона, поэтому если сопротивление мало

$$R = R2 + \frac{RP2 \cdot R4}{RP2 + R4}$$

(RP2 – внутреннее сопротивление измерительного прибора P2), то параллельно второй ветви дифференциальной термопары необходимо включить резистор R5 = R для восстановления равноплечности термопары и сохранения малой разности температур образца и эталона [7].

Метод дифференциального термического анализа не может быть использован для дистанционной идентификации веществ, так как он требует прямого воздействия изменяющейся температуры на вещество и эталон. Одним из вариантов модификации этого метода для дистанционных измерений является не измерение температур, а измерение флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной среды, находящейся при постоянной (комнатной) температуре, в которую помещают образец исследуемого вещества в диэлектрической таре. В качестве эталона служит промежуточная среда без образца исследуемого объекта. Асимметрия флуктуаций дифференциальной температуры определяется свойствами исследуемого образца. Кроме того для увеличения этой асимметрии может быть использовано широкополосное шумовое излучение миллиметрового диапазона длин волн [8]. В пробирки диаметром Ø = 16 мм, заполненные дистиллированной водой, помещались пробирки Ø = 7.5мм, в одной из которых находилось исследуемое вещество, а другая – пустая и являлась эталоном.

В промежуточную среду, которой служила дистиллированная вода, помещались спаи термопар. Микроспаи медь – константановых термопар создавались лазерной пайкой и имели площадь $S \approx 0,015 \text{ мм}^2$. Флуктуации дифференциальной температуры измерялись специально разработанным аппаратным комплексом, позволяющим обеспечить точность измерений 0.03°C [1]. Учитывая скорость действия 12 – разрядного АЦП, а также размер выборки в несколько тысяч данных, заданную абсолютную погрешность измерений система обеспечивает снятием информации с периодичностью 1-2 секунды. При этом измерительный комплекс позволяет за счет статистической обработки результатов измерений исключить случайные составляющие погрешности, в



том числе выбором продолжительности и значений времени опроса данного канала, исходя из заданной погрешности в зависимости от уровня внешних помех [2]. Программное обеспечение комплекса позволяет выполнять, в том числе, такие функции.

- Введение дифференциальной температуры и ее отображение в реальном масштабе времени в числовой и графической форме.
- Нанесение заметок и комментариев во время эксперимента.
- Сбережение записей дифференциальной температуры на жестком диске.
- Загрузка и отображение ранее сбереженных записей.

Для увеличения асимметрии флуктуаций дифференциальной температуры (контрастности) в измерительном комплексе используется широкополосный шумовой сигнал, генерируемый твердотельным генератором шума «Оратория - IV», с техническими характеристиками: – рабочая полоса частот $-56 \dots 68$ ГГц; – спектральная плотность мощности шума (СПМШ) $- 10^{-18}$ Вт/Гц; – неравномерность СПМШ $- \pm 1,5$ дБ; – интегральная мощность $- 10^{-10}$ Вт/см².

Блок – схема измерительного комплекса приведена на рис.2 [2].

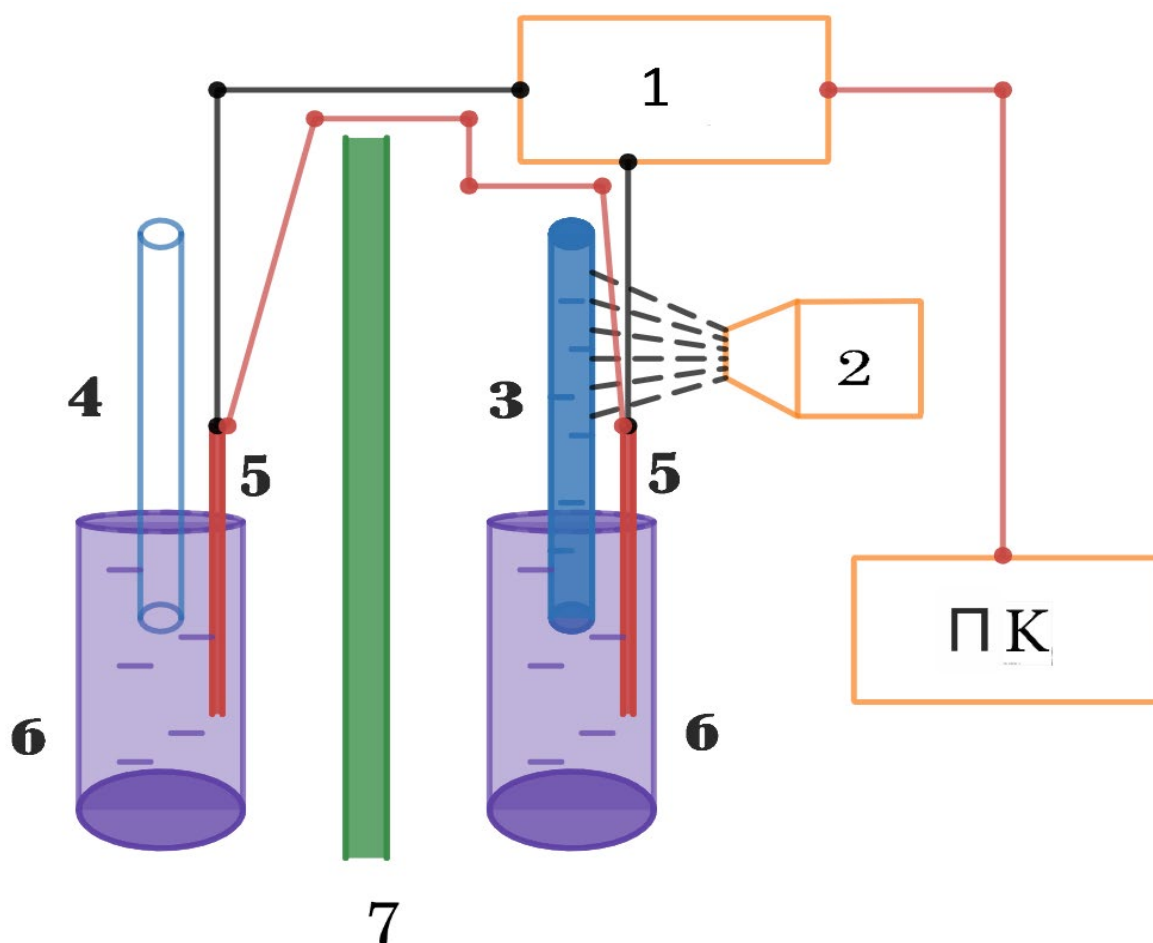


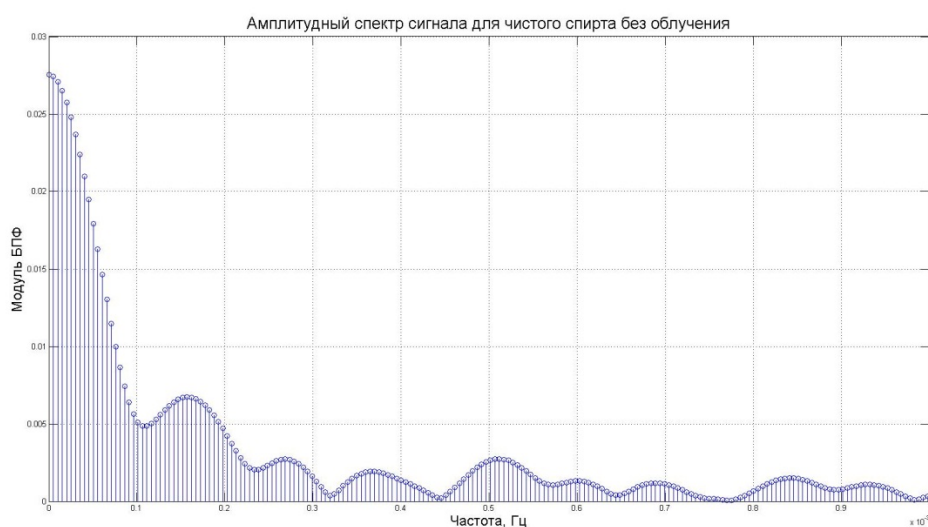
Рис.2. Блок – схема измерительного комплекса. ПК – персональный компьютер;
 1 – измерительный прибор дифференциальной и простой термомпар; 2 – генератор шума;
 3 – пробирка с исследуемым веществом; 4 – пробирка с эталоном; 5 – термомпары;
 6 – пробирки с дистиллированной водой; 7 – разделительная перегородка.



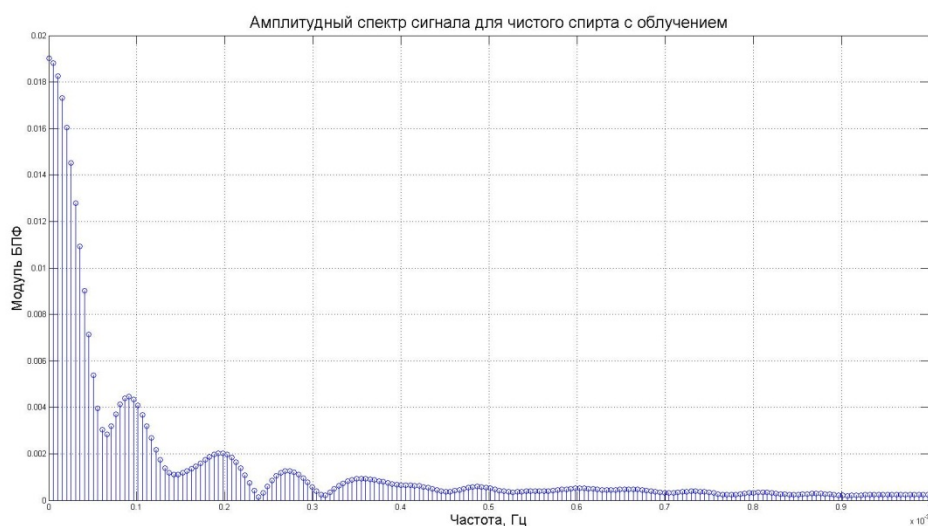
Флуктуации дифференциальной температуры измерялись в течение 25 минут без воздействия на исследуемый образец внешнего шумового излучения, 25 минут при воздействии внешнего шумового излучения и 25 минут после внешнего шумового воздействия. Полученные значения флуктуаций дифференциальных температур различать (идентифицировать) сложно из-за малых различий, поэтому определялись значения дисперсии, автокорреляции и коэффициентов преобразований Фурье для каждого из этих значений.

Экспериментальные результаты

На рис.3. приведены, в качестве примера, зависимости амплитуд коэффициентов Фурье разложения для спирта (96%) без внешнего воздействия и при наличии воздействия – облучением верхней части пробирки со спиртом широкополосным шумовым сигналом. Приведенные спектры легко визуально различаются.



а)



б)

Рис.3. Амплитуды коэффициентов спектра Фурье разложения флуктуаций дифференциальной температуры для спирта:

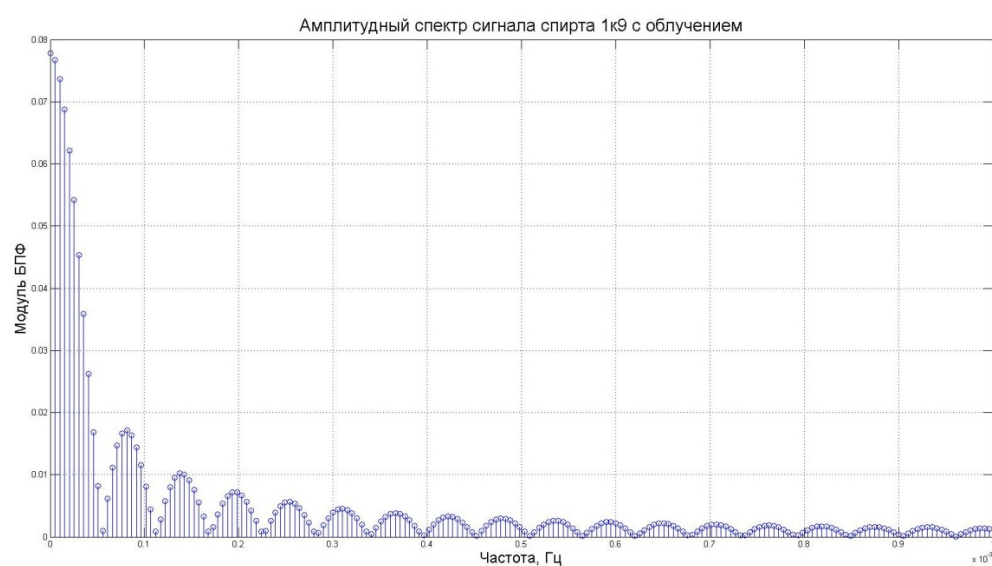
а) – без воздействия внешнего фактора; б) – при воздействии внешнего фактора



На рис.4. приведены зависимости амплитуд коэффициентов спектра Фурье разложения флуктуаций дифференциальной температуры для дистиллированной воды и 10% -го водного раствора этилового спирта при внешнем воздействии.



а)



б)

Рис.4. Зависимости амплитуд коэффициентов спектра Фурье разложения флуктуаций дифференциальной температуры при внешнем воздействии: а) – для дистиллированной воды; б) – для 10% -го водного раствора этилового спирта.

Из приведенных зависимостей для дистиллированной воды и 10% водного раствора этилового спирта достаточно просто визуально провести идентификацию растворов.

Обсуждение результатов

Водно – спиртовые растворы (не только водка) представляют большой интерес, как в научном, так и в практическом плане. Для понимания процессов, происходящих при смешении спирта и воды, эти растворы изучают с помощью



флуоресцентной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света и инфракрасного поглощения, ядерного магнитного резонанса [9]. Перечисленные современные методы исследований растворов являются достаточно чувствительными и точными, но они дорогие, громоздки и не приспособлены для дистанционного проведения измерений. Полученные с их помощью результаты позволяют судить не только о концентрационных соотношениях спирта и воды в растворе, но и об изменении силы водородных связей, которыми в основном определяются взаимодействия между молекулами в водном растворе. Установлено, что самые сильные водородные связи образуются в водно – спиртовых растворах с концентрацией 15...20% по массе (или 20...25% по объему). В таком растворе водородные связи сильнее, чем в чистой воде. Колебательные спектры водно – спиртового раствора описываются с помощью четырех компонентов: спектр чистой воды, спектр чистого этанола и два спектра промежуточного типа – гидратов. Среднее соотношение молекул воды и спирта в гидратах $C_2H_5OH \times 5H_2O$ и $C_2H_5OH \times H_2O$. Для гидратов, в которых на одну молекулу спирта приходится пять молекул воды, водородные связи сильнее, чем в чистой воде, а для гидратов с соотношением молекул 1:1 водородные связи ослаблены. Соотношение молекул воды и спирта 5:1 характерно для клатратов, то есть объединения молекул в объемные многогранники, в полостях которых размещены неполярные молекулы. Молекулы воды окружают молекулу этанола вроде каркаса. На рис.5а показана зависимость отношений интенсивностей комбинационного рассеяния света на частотах, имеющих волновые числа 3200 и 3420 cm^{-1} , характеризующих ОН - группы с сильной и слабой водородной связью, от содержания спирта в водно-спиртовом растворе по массе [9]. На рис.5б зависимость амплитуд первых гармоник коэффициентов Фурье от содержания спирта в водно-спиртовом растворе по массе, полученная рассматриваемым методом.

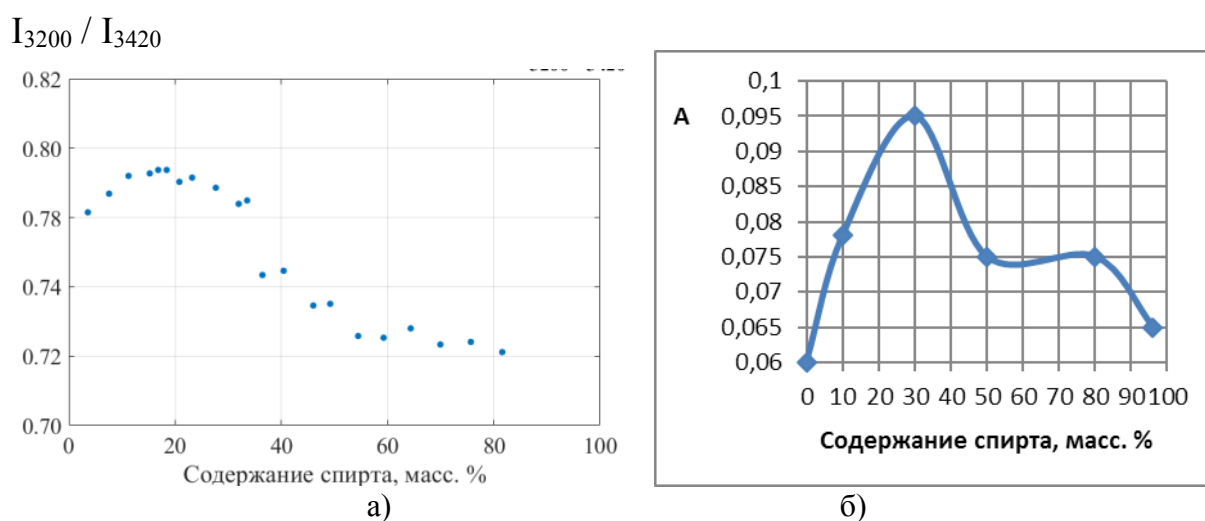


Рис.5. а) – Отношение интенсивностей I_{3200} / I_{3420} в спектре комбинационного рассеяния и б) – Зависимость величин амплитуд первых гармоник коэффициентов Фурье от содержания спирта в водно-спиртовом растворе по массе.



Качественное совпадение приведенных зависимостей позволяет считать, что предложенный метод дистанционной идентификации жидкостей в замкнутых объемах достаточно простой и надежный. При этом надо подчеркнуть, что точность получения результатов зависит от тщательности приготовления исследуемых образцов растворов, то есть растворы должны быть хорошо перемешаны или отстояться, чтобы быть однородными. Учет приготовления растворов и обработки результатов измерений позволяет получить ошибку измерений не более 18 %.

Заключение и выводы

1. Модернизация методик, применяемых в стандартном дифференциальном термическом анализе, позволила разработать как новую методику дистанционной идентификации водных растворов, так и измерительную установку для ее реализации. Предложенная методика сделала возможным без изменения физико-химического состояния системы определять концентрационный состав водных растворов.

2. Экспериментальные исследования водных растворов этилового спирта подтвердили работоспособность измерительной установки, то есть правильность и простоту идентификации растворов.

3. Экспериментально показано, что предложенная методика позволяет исследовать водородные связи водных растворов и определять их величину и количество более просто и дешевле, чем общепринятыми методами.

Литература

1. Лошицкий П.П., Минзяк Д.Ю. Исследование неинвазивных методов диагностики и терапии/Медична інформатика та інженерія.–2012.№2стр.53– 59.

2. Лошицкий П.П., Минзяк Д.Ю. Дослідження концентраційних залежностей водних розчинів/Медична інформатика та інженерія. – 2011. – №2. – стр.29– 34

3. Квасников И.А. Термодинаміка и статистическая фізика Т.1 :Теория равновесных систем: Термодинамика: Учебное пособие. Изд.2-е сущ. перераб. и доп. –М.:Едиториал УРСС, 2002. – 240 с. в 3-х т. ISBN – 5 – 354 – 00077 – 7 .

4. Журавлев Л.Г., Филатов В.И. Физические методы исследования металлов и сплавов. Уч.пособие – Челябинск: Изд. – во ЮУрГУ. 2004. –157с.

5. Павлова С.-С.А., Журавлева И.В., Толчинский Ю.И. Термический анализ органических и высокомолекулярных соединений (Методы аналитической химии) – М.: Химия, 1983.–122с.

6. Маркосян С.М., Маркосян С.М., Анциферова С.А., Тимошенко Л.И. Метод дифференциально-термического анализа в оценке эффективности обогащения сульфидных руд// Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13389> .

7. Шаталова Т.Б., Шляхтин О.А., Веряева Е. Методы термического анализа. Методическая разработка. – М.: Изд.-во МГУ, 2011. –72с.

8. Павлюченко А.В., Лошицкий П.П., Шеленговский А.И., Бабенко В.В. Дистанционная идентификация жидкостей в закрытых диэлектрических емкостях в миллиметровых диапазонах длин волн. I. Принципиальная



возможность / Известия ВУЗов Радиоэлектроника 2017. –т.60, №10 (664). стр.547 –558.

9. Пацаева С.В. Подлинная жизнь водно – спиртовых растворов / Химия и жизнь – 2010.– №5.–стр.41 – 43.

Abstract The methodology and measuring installation for remote identification of solutions placed in closed dielectric containers (containers), which impede access to the solution for direct measurement of its parameters, are considered. Measurement of the parameters of solutions is carried out indirectly through the determination of fluctuations in the differential temperature of distilled water, into which containers with the studied solutions are immersed. The measurement technique is based on the fluctuation-dissipative theorem, which establishes a relationship between the fluctuation spectrum of physical quantities in an equilibrium dissipative medium and the parameters characterizing the reaction of this medium to external influences. In this case, the Onsager principle (theorem) is taken into account, according to which both a small deviation of the system from thermodynamic equilibrium caused by an external force, and fluctuations relax in equilibrium in the same way. As an external force affecting the medium (distilled water), thermal radiation of the studied solutions is used. To increase the sensitivity (contrast) of the technique, “backlight” is used - broadband noise radiation of non-thermal intensity. It is difficult to identify the obtained experimental values of differential temperature fluctuations for different solutions because of small differences; therefore, the variance, autocorrelation, and Fourier transform coefficients for each of these values were determined. The work shows that the processing of measurement results allows us to visually distinguish between water-alcohol solutions. The results obtained make it possible not only to distinguish them by concentration, but also to have an idea of hydrogen bonds in these solutions. The experimental results were compared with the results given in the literature and showed their correspondence.

Keywords: fast Fourier transform, differential temperature, amplitude spectrum of a signal.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Лошицкий П.П.

Статья отправлена: 20.05.2020 г.

© Устенко К.С.



УДК 004.2

**MODELING A PARAMETERS OF THE MATRIX ATTACHMENT
МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАТРИЧНОГО ПРИСТРОЮ****Kudlai S. V. / Кудлай С. В.***student / студент***Bondarenko N.O. / Бондаренко Н.О.***Sr. Lecturer / ст. викладач***ORCID: 0000-0002-9237-8187***National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",**Kyiv, prosp. Peremogy, 37, 03056**Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського", Київ, , просп. Перемоги, 37, 03056*

Анотація. В даній роботі запропоновано побудову математичних моделей для важливих параметрів матричного обчислювального пристрою, що являє собою цифрову схему, скомпоновану на базі кристалу FPGA. Даний пристрій призначений для прискорення матричних обчислень та має два важливих параметри: кількість ядер та розмір вектора, який отримується в наслідок атомарної операції. Обидва параметри потребують затрати ресурсів FPGA: логічних комірок, DSP блоків та пам'яті. Проводиться експеримент з моделюванням пристрою в середовищі Quartus для отримання експериментальних даних, на основі яких будуються регресійні моделі другого порядку для обраних параметрів пристрою, в залежності від кількості ядер та розміру вектора. Отримані моделі перевіряються на точність, щоб з'ясувати можливість їх подальшого використання для оптимізації конфігурації пристрою.

Ключові слова: комп'ютерна архітектура, FPGA, ПЛІС, логічна комірка, пам'ять, матричні операції, швидкодія, ефективність, моделювання.

Вступ

Для системи, якою керує мікроконтролер, необхідно розробити пристрій для виконання матричних операцій на основі ПЛІС (програмована логічна інтегральна схема). Такий пристрій являє собою схему, скомпоновану на базі кристалу FPGA (field-programmable gatearray) [1], що містить програмовані логічні комірки. Використовуючи цей кристал, можна розробити власний процесор. Саме тому, в даній роботі застосовуємо FPGA.

ПЛІС підключається до мікроконтролера STM32F401RE за допомогою двонаправлених пінів одного з портів, що дає змогу мікроконтролеру надсилати інформацію до ПЛІС та навпаки. Зокрема, можуть надсилатися команди та запити на доступ до пам'яті. За замовчуванням мікроконтролер є головним, а ПЛІС – підрядним.

Мікроконтролер, в свою чергу, з'єднаний з FLASH пам'яттю та може зчитувати та записувати дані.

На рис.1 зображено з'єднання компонентів пристрою та схему обміну даними між ними. Необхідність в такому обчислювальному блоці виникла через незадовільний час виконання матричних операцій засобами мікроконтролера. Створений пристрій включає три складові: сопроцесор адрес (address computation unit, ACU), матричний виконавчий модуль (matrix computation unit, MCU) та внутрішня пам'ять (inner memory).

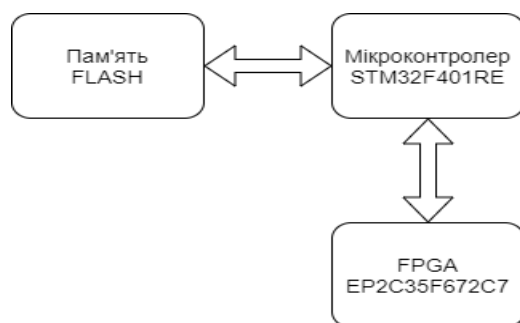


Рис. 1 Структурна схема пристрою

На рис.2 відображено схему з'єднання складових процесора. Задача АСУ полягає в обробці та зберіганні імен матриць, що утворюються з початкової адреси матриці, кількості рядків та стовпців. Саме АСУ звертається до пам'яті, задаючи адреси комірок, вміст яких потрібно надсилати виконавчому модулю МСУ, який в свою чергу, їх обробляє. Таким чином, від АСУ інструкції надходять до МСУ, а в МСУ вони декодуються та виконуються.

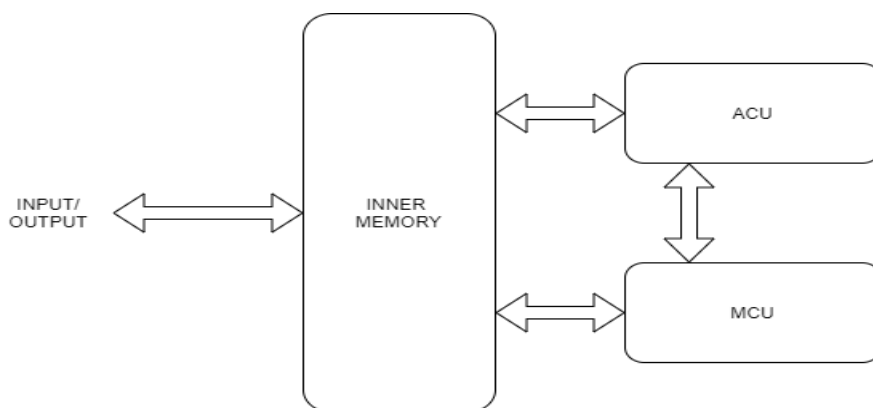


Рис. 2 Схема матричного процесору

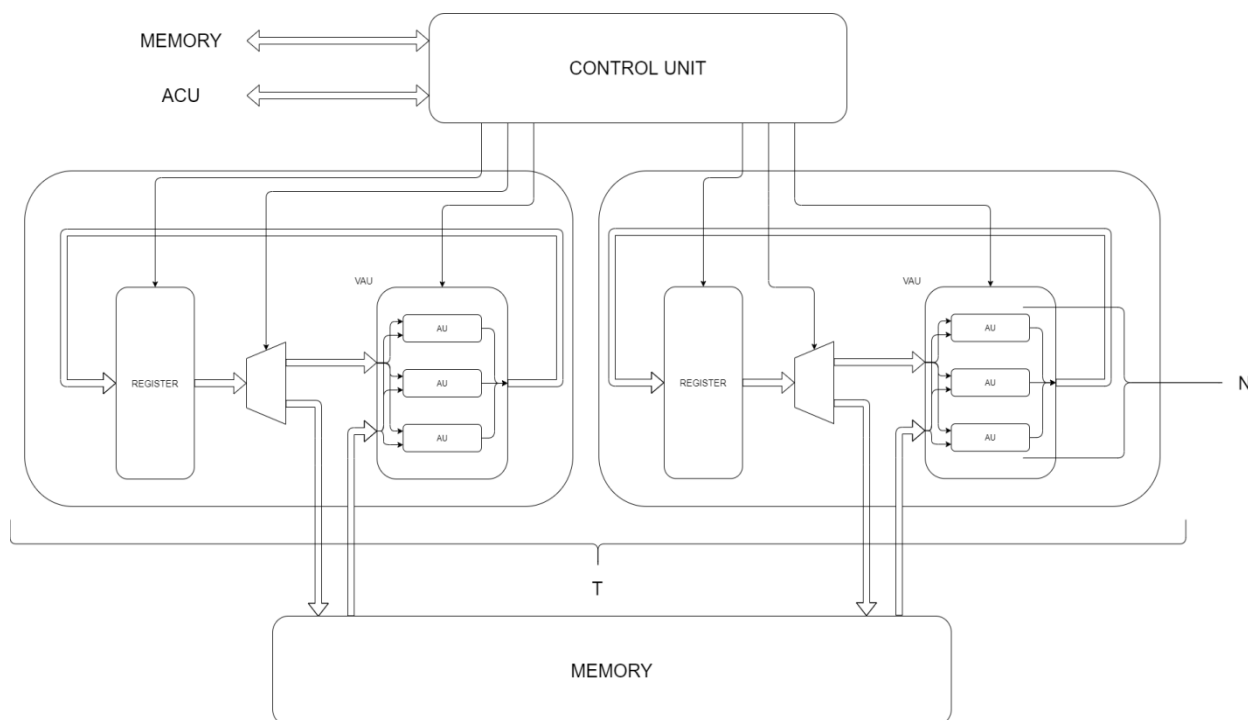


Рис. 3 Схема MCU



Математичні моделі будуються для параметрів блоку MCU, які напряму впливають на швидкодію та затрату ресурсів: кількість ядер (Т) та розмір вектора (N), що формується в наслідок атомарної операції. Обидва параметри потребують затрат ресурсів FPGA, а саме логічних комірок та регістрової пам'яті.

На рис.3 відображено приклад схеми з $T = 2$, $N = 3$ (двохядерний процесор з розміром вектора 3 слова). Тобто, в одному слові міститься 32 біти, отже процесор є 32-х розрядним.

Математична модель

Для встановлення залежності швидкодії та затрат ресурсу від кількості ядер та довжини вектора пристрою, необхідно побудувати математичну модель.

Однією з найефективніших математичних моделей є регресія [2]. Рівняння регресії фактично являє собою поліном, де представлені всі можливі комбінації невід'ємних степенів усіх змінних моделі. Кожен член поліному має свій коефіцієнт, який визначає його вагу. На практиці, кількість членів полінома обмежується порядком моделі. Окрім лінійної та поліноміальної регресії також існують експоненціальна, показникова, степенева, логарифмічна, тощо [3]. Проте для моделі з декількома факторами зазвичай використовують поліноміальну.

Поліноміальна регресія має наступний вигляд:

$$\hat{y} = \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \dots + \sum b_{i\dots i} x_i^k,$$

де x_i – фактори регресії, $x_0 = 1$. Значення x_0 відповідає аргументам в нульовій степені, тобто початковому зміщенню. Коефіцієнти регресії b знаходяться з початкових даних, тобто зі значень аргументів x_i та відповідних їм значень функції y_i , що задані таблицею [2]. Для функціональної регресії коефіцієнти шукаються за спеціальними формулами. Для поліноміальної та відповідно лінійної регресії вектор коефіцієнтів легко задати в матричному вигляді [2]:

$$B = (X^T X)^{-1} (X^T Y), \quad (1)$$

де B – вектор коефіцієнтів, Y – вектор значень, X – розширена матриця аргументів. Оскільки кількість коефіцієнтів залежить від кількості стовпців матриці X , ця матриця повинна містити всі члени поліному.

Наприклад, для лінійної регресії двох змінних x_1, x_2 , матриця X має наступний вигляд:

	x0	x1	x2	x1x2
1	1	x11	x12	x13
2	1	x21	x22	x23
...	...	...	...	...



Для даної задачі вирішено взяти регресійну модель другого порядку. Для знаходження коефіцієнтів регресії, необхідні експериментальні дані $\{x_i, y_i\}$.

В середовищі Quartus генеруємо модель пристрою з різними значеннями розміру вектора $N = 1, 3, 5$ та кількості потоків $T = 1, 3, 5$.

В симуляторі ModelSim пристрій виконує розрахунок рівняння $A \cdot X + B \cdot Y + C \cdot Z$, де A, B, C є матрицями розмірності 7×7 , а X, Y, Z – вектори 1×7 . Такий розмір матриць та векторів обрано, щоб перевірити випадок, коли розмір рядків матриць та векторів перевищує розмір апаратного вектора та не кратний йому. Кратність розглядається лише для розмірів більше одиниці. Отже є три операції множення матриць та дві операції додавання матриць для розрахунку заданого рівняння. При використанні декількох ядер, програма оптимізується таким чином, щоб ефективно використовувати усі ядра, тобто не допустити ситуації, коли одне ядро чекає на завершення операції іншим. В якості параметра швидкодії обрано час виконання програми в мілісекундах в мінус першій степені. Показником ресурсоемності є кількість модулів DSP (digital signal processing), які є вбудованими модулями множення в кристал FPGA. Такий вибір аргументується їх найбільшим обмеженням в FPGA [1] та саме вони є основною частиною пристрою.

Значення параметрів згідно конфігурації внесені до табл.1.

Таблиця 1

Результати експерименту

N	T	Швидкодія F, 1/мкс	Ресурсоемність S, комірки
1	1	0.3106	6
3	1	0.7246	18
5	1	1.087	30
1	3	0.926	18
3	3	2.174	54
5	3	3.125	90
1	5	1.5385	30
3	5	3.3333	90
5	5	5.2632	150

Згідно табл.1, параметр T змінюється тоді, коли для певного його значення перебрані всі варіанти значень параметра N . Їх обмежена кількість обмежує розмір вектора та кількість ядер.

Щоб розрахувати регресію, табл.1 потрібно розширити. Для цього з табл.1 прибираються дані по швидкодії та ресурсоемності, щоб в таблицю помістити значення параметрів регресії. Назвемо таку матрицю, що має розмір 9×6 , матрицею X .

Далі, транспонована розширена матриця множиться на звичайну розширену матрицю X , згідно формули (1).

В результаті виходить квадратна матриця 6×6 . Елемент матриці (1,1) завжди рівний кількості рядків початкової матриці, оскільки це значення є



результатом множення першого рядка транспонованої та першого стовпчика звичайної розширеної матриці [2]. Для інших елементів матриці номер рядка відповідає рядку матриці X^T , а номер стовпця відповідає стовпчику матриці X .

Таблиця 2

Матриця X

	N	T	N*T	N ²	T ²
1	1	1	1	1	1
1	3	1	3	9	1
1	5	1	5	25	1
1	1	3	3	1	9
1	3	3	9	9	9
1	5	3	15	25	9
1	1	5	5	1	25
1	3	5	15	9	25
1	5	5	25	25	25

Таблиця 3

Матриця $X^T X$

9	27	27	81	105	105
27	105	81	315	459	315
27	81	105	315	315	459
81	315	315	1225	1377	1377
105	459	315	1377	2121	1225
105	315	459	1377	1225	2121

Для матриць дія ділення є невизначеною, тому до них застосовують мінус першу степінь. Результатом такої дії є обернена матриця.

Таблиця 4

Обернена матриця $X^T X$

4.633681	-1.734375	-1.73437	0.140625	0.197917	0.197917
-1.73437	1.307291667	0.140625	-0.04687	-0.1875	1.6E-15
-1.73437	0.140625	1.307292	-0.04687	3.34E-15	-0.1875
0.140625	-0.046875	-0.04687	0.015625	-1.7E-16	-8.1E-17
0.197917	-0.1875	1.75E-15	-1.2E-16	0.03125	-2.1E-16
0.197917	3.29597E-15	-0.1875	-1.2E-16	-4.7E-16	0.03125

Операція $X^T Y$ дає на виході вектор розміром 1x6. Елементи цього вектора дозволяють зв'язати параметри моделі з експериментальними даними, оскільки кожний елемент представляє собою доданок добутків значень відповідного



параметру моделі на, відповідні цим значенням, експериментальні дані. В табл.5 представлені значення $X^T Y$ для кожного з параметрів (швидкодії та ресурсоемності).

Таблиця 5

Вектори $X^T Y$ для швидкодії та ресурсоемності

F	S
18.4822	486
68.8468	1890
71.4722	1890
266.4104	7350
295.7422	8262
311.5222	8262

За добутком матриці $(X^T X)^{-1}$ та матриці $(X^T Y)$ отримаємо коефіцієнти регресії, для кожного параметра моделі, b_F та b_S відповідно.

Таблиця 6

Коефіцієнти регресії швидкодії та ресурсоемності

b_F	b_S
-0.1209	0
0.1172	0
0.14013	0
0.0692	6
-0.0126	0
-0.0147	0

Згідно табл.6, рівняння регресії швидкодії від кількості потоків та розміру вектора виглядає наступним чином:

$$F(N, T) = -0.1209 + 0.1172N + 0.14013T + 0.0692NT - 0.0126N^2 - 0.0147T^2$$

У регресійної моделі ресурсоемності є лише один ненульовий коефіцієнт, який відповідає параметру моделі NT. Отже регресія ресурсоемності виглядає так: $S(N, T) = 6NT$

Для зручності сприймання, значення коефіцієнтів для моделі швидкодії можна позначати літерами b_i , а модель ресурсоемності залишити в кінцевому вигляді.

Важливою вимогою до моделі завжди є її відповідність до початкових даних. Існують багато параметрів для оцінки точності моделі. В даній роботі обрано середню похибку апроксимації (СПА) [3], оскільки вона є простою в обчисленні та показує відхилення значень моделі в порівнянні з експериментальними даними. Регресійна модель вважається задовільною, якщо СПА не перевищує 10-12% [4]. Рівняння СПА виглядає наступним чином:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\%. \quad (2)$$



Отже, спочатку необхідно обчислити значення моделі в точках, які задіяні для її побудови, а потім ці значення використаємо при обчисленні СПА.

Таблиця 7

Значення моделі $F(N, T)$

F		T		
		1	2	3
N	1	0.315931	0.631193	0.946456
	2	0.523526	1.023058	1.506522
	3	0.731122	1.397131	2.098722

Таблиця 8

Значення моделі $S(N, T)$

S		T		
		1	2	3
N	1	6	18	30
	2	18	54	90
	3	30	90	150

Потім з цих даних обчислимо відносну похибку в кожній точці за формулою (2):

Таблиця 9

Відносні похибки швидкодії та ресурсоемності

N	T	Відн./пох.F	Відн./пох.S
1	1	0.017162123	0
3	1	0.009001135	0
5	1	0.010904119	0
1	3	0.022090233	0
3	3	0.034626393	0
5	3	0.017543111	0
1	5	0.016760553	0
3	5	0.020626873	0
5	5	0.008164129	0

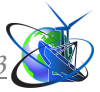
Доданок відносних похибок ділимо на кількість точок та для зручного представлення множимо на 100 %.

Для моделей швидкодії та ресурсоемності, отримані наступні значення СПА:

$$\bar{A}_F = 1.743096328\%, \quad \bar{A}_S = 0\%$$

Значення СПА, для $F(N, T)$, є досить малим та знаходиться в допустимих межах, а для $S(N, T)$ значення СПА є взагалі нульовим.

Оскільки знайти математичну модель цільової функції $G(N, T)$ виявляється складно, вирішено для неї побудувати регресійну модель. Функція $G(N, T)$ є відношенням затрачених ресурсів до швидкодії:



$$G(N, T) = \frac{S(N, T)}{F(N, T)}$$

Тому для функції затрат на швидкодію також будується регресійна функція. Для отримання початкових даних ділимо відповідні значення швидкодії та ресурсоемності.

Таблиця 10

Експериментальні дані функції затрат на швидкодію

G		T		
		1	3	5
N	1	19.31745	19.43844	19.49951
	3	24.84129	24.83901	27.00027
	5	27.5989	28.8	28.49977

Далі, на основі цих даних отримаємо вектор $X^T Y$ для функції затрат на швидкодію.

Таблиця 11

Вектор $X^T Y$ для функції затрат на швидкодію

G
219.8346
712.7905
665.9878
2160.698
2870.847
2604.444

За добутком матриці з табл.4 та вектору з табл.11 отримаємо коефіцієнти регресії для функції затрат на швидкодію.

Таблиця 12

Коефіцієнти регресії функції затрат на швидкодію

	bG
b0	14.82452
b1	4.637259
b2	-0.01519
b3	0.044926
b4	-0.42529
b5	0.025095

Тепер обчислимо модельні значення для порівняння з експериментальними даними.

Таблиця 13

Gmod		T		
		1	3	5
N	1	19.09131	19.35155	19.81255
	3	25.05333	25.49327	26.13397
	5	27.61299	28.23263	29.05304



За допомогою цих даних, обчислюємо відносні похибки для кожної точки.

Таблиця 14

Відносні похибки функції затрат на швидкодію

N	T	Відн./пох. F	Відн./пох. G
1	1	0.017162123	0.011706329
3	1	0.009001135	0.008535738
5	1	0.010904119	0.000510806
1	3	0.022090233	0.004470359
3	3	0.034626393	0.026340099
5	3	0.017543111	0.019700176
1	5	0.016760553	0.016053389
3	5	0.020626873	0.032084888
5	5	0.008164129	0.019413046

Похибка для моделі: $\bar{A}_G = 1.542387\%$

Дана похибка є допустимою. Отже з такою моделлю можна и надалі працювати.

Висновки

В даній роботі запропоновано побудову математичних моделей для важливих параметрів, швидкодії та ресурсоемності, матричного обчислювального пристрою.

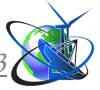
Проведено експеримент з моделюванням пристрою в середовищі Quartus, для отримання експериментальних даних, на основі яких побудовані регресійні моделі другого порядку для обраних параметрів пристрою, в залежності від кількості процесорних ядер та розміру вектора. Дані моделі використані для дослідження конфігурації приладу.

Дослідження показали, що регресія другого порядку добре описує функції швидкодії, ресурсоемності та затрат на швидкодію. Для перевірки точності моделі обраний показник середньої похибки апроксимації, завдяки простоті його обчислення. Похибки моделей, $\bar{A}_F = 1.743096328\%$, $\bar{A}_S = 0\%$, $\bar{A}_G = 1.542387\%$ не перевищили допустимих значень, 10 -12%.

Отже, такі моделі можуть використовуватись в подальшому дослідженні, що дозволить отримати оптимальну конфігурацію пристрою за ресурсоемністю та швидкодією.

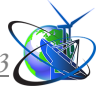
Література

1. Документація на чіп FPGAEP2C35F672C7
https://eu.mouser.com/datasheet/2/612/cyc2_cii51001-1299442.pdf
2. Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика, 1987. — 230 с.
3. Яганов П. О. Регрессионный анализ багатифакторних технічних систем. К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2006 – 37 с.
4. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Книга 2 В 2-х кн. М.: Финансы и статистика, 1986. — 366 с.



Abstract. In this paper, mathematical models for important parameters of a matrix computing device are built. The device represents itself a digital circuit based on an FPGA crystal. This device is designed to accelerate matrix calculations. This device has two important parameters: the number of cores and the size of the vector obtained by atomic operation. Both parameters require FPGA resource consumption: logical cells, DSP units and memory. To find the experimental data, an experiment is performed with the simulation of the device in the Quartus environment. To make full use of experimental data, second-order regression models are built for important device parameters of the number of cores and the size of the vector. For the possibility of further use, the obtained models are checked for the admissibility of the values of their errors.

Key words: Computer architecture, FPGA, logic cell, memory, matrix operations, speed, efficiency, modeling.



УДК 681.515.8

STUDY OF THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE GLASS HEATING PROCESS**ДОСЛІДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ НАГРІВУ СКЛОМАСИ**

Sitnikov A.V. / Ситніков О.В.

ORCID: 0000-0002-6806-1665

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Перемоги, 37

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Peremohy, 37

Анотація. В роботі розглядається питання перевірки наведеної гіпотези, що до адекватності розрахованої в попередніх дослідженнях математичної моделі процесу нагріву скломаси. Дослідження проводяться з використанням критеріїв Стьюдента та Фішера. Модель вважається адекватною якщо розраховані значення менше ніж критичне значення відповідного критерію. Для розрахунку значення критеріїв необхідно визначити математичне сподівання та дисперсію, що у свою чергу знаходилися по даними отриманим з моделі та експериментальним даним отриманим з виробництва. Виходячи з того, що всі розраховані значення критеріїв менші за критичні, модель можна визнати адекватною.

Ключові слова: математична модель, адекватність, дисперсія, критерій Стьюдента, критерій Фішера.

Вступ.

Одним із етапів математичного моделювання технологічних апаратів стоїть перевірка гіпотези адекватності математичної моделі реальним даним. [1]. В роботі [2] була розроблена математична модель процесу нагріву скломаси. Для того, щоб мати можливість використовувати в подальших дослідженнях дану модель необхідно перевірити її на адекватність. Перевірку адекватності виконаємо виходячи з експериментальних даних виробництва. Всі данні показів термодатчиків, що встановлені у відповідних точках виміру, отримувалися за допомогою SCADA-систем та зберігалися на серверних станціях у відповідних базах даних. По розрахованій математичній моделі необхідно виконати підтвердження або відкидання гіпотези адекватності розраховавши значення критерію Стьюдента та Фішера та порівняння їх з критичними значеннями відповідних критеріїв.

Основний текст

Експериментальні (реальні) дані, як було зазначено вище, отримуються з роботи SCADA-системи. До зон (точок) виміру температури відносяться : склепіння, дно, пірометр, насадка [3]. Запис в базу даних відбувається кожні 4 години. Також в базі присутні показники витрату пального на кожен добу.

По табличним даним були побудовані графічні залежності (по 42 точкам: за 7 днів зняття показів по 6 вимірів за добу). За моделлю були отримані результати, що відповідають експериментальним точкам та побудовані графічні залежності розподілу точок температури. В одних координатних осях побудовані графіки температур в залежності від моменту виміру експериментальних даних та даних отриманих за моделлю.

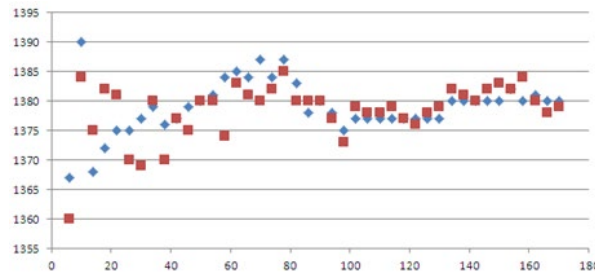
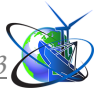


Рис. 1 – Значення температури у точці «Склепіння»

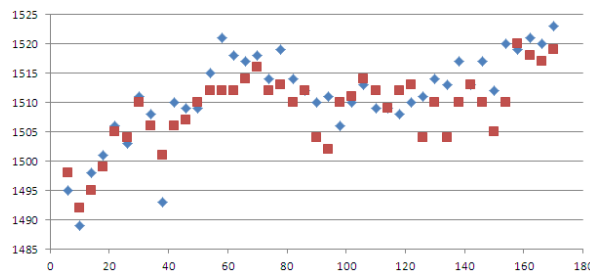


Рис. 2– Значення температури у точці «Покази пірометра»

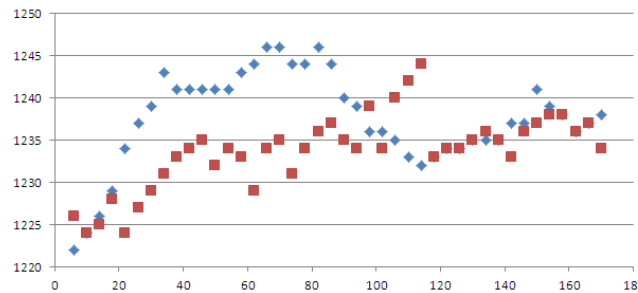


Рис. 3 – Значення температури у точці «Дно»

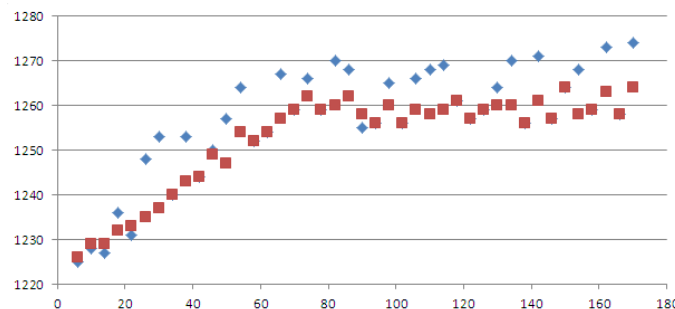


Рис. 4 – Значення температури у точці «Насадка»

На рис. 1-4 прямокутники меншого розміру (♦) – експериментальні дані, а більшого (■) – результати отримані з моделі

Для перевірки адекватності математичної моделі застосуємо два основні методи [1, 4]:

1. Перевірка гіпотез про близькість математичного сподівання кожної k -ої компоненти моделі та реальної системи
2. Перевірка гіпотез про однорідність двох дисперсій

Для розгляду першого методу необхідно розрахувати математичні сподівання моделі (m_k^m) та експериментальних даних (m_k^{ek}).

$$H_0: m_k^m = m_k^{ek}, H_1: m_k^m \neq m_k^{ek}$$



При умові, що H_0 буде прийнятно, то відповідно модель для k -ої компоненти буде прийнята за адекватну. Необхідно провести N_s дослідів та отримати відгуків $(y_{k,n})^m, n=(1, N_m)$ на моделі та експериментальних даних $(y_{k,n})^{ek}, n=(1, N_{ek})$. Ставиться задача по рівної кількості вибірок – $N_m = N_{ek}$. Відповідно N_m можна отримати значно більше ніж N_{ek} , таким чином кількість вибірок моделі підбираємо відповідно до отриманих з реального об'єкта.

За отриманими вибірками розраховують числові характеристики оцінки математичного сподівання:

$$M_k^{ek} = \frac{\sum_{n=1}^{N_{ek}} y_{k,n}^{ek}}{N_{ek}}, \quad M_k^m = \frac{\sum_{n=1}^{N_m} y_{k,n}^m}{N_m}$$

та оцінку дисперсій:

$$S_k^{2,ek} = \frac{\sum_{n=1}^{N_{ek}} (y_{k,n}^{ek} - M_k^{ek})^2}{N_{ek} - 1}, \quad S_k^{2,m} = \frac{\sum_{n=1}^{N_m} (y_{k,n}^m - M_k^m)^2}{N_m - 1}$$

За критерій перевірки вибирають критерій Стюдента:

$$t = \frac{(M_k^{ek} - M_k^m)}{\sqrt{\left(\frac{1}{N_m} + \frac{1}{N_{ek}}\right) \left(\frac{(N_m - 1)S_k^{2,m} + (N_{ek} - 1)S_k^{2,ek}}{N}\right)}}, \text{ де } N = N_m + N_{ek} - 2,$$

якщо $t < t_{кр}$ (критичне значення критерію Стюдента, є табличною величиною), то гіпотезу приймають H_0 , в іншому випадку – H_1 .

В другому методі передбачено перевірку гіпотези про однорідність двох дисперсій генеральних сукупностей відгуків моделі та реальних даних

$$H_0: \sigma_k^{2,m} = \sigma_k^{2,ek},$$

$$H_1: \sigma_k^{2,m} > \sigma_k^{2,ek}$$

Для перевірки гіпотези використовують критерій Фішера F . Якщо $F < F_{крит}$, то дисперсії вважають однорідними, а модель адекватною ($F > 1$). $F = S_k^{2,ek} / S_k^{2,m}$, $S_k^{2,ek}$ – більша та менша з двох випадкових дисперсій.

За результатами експериментальних та розрахованих за моделлю значень, були розраховані математичні сподівання, дисперсії, критерії Стюдента та Фішера (табл. 1)

Таблиця 1.

Результати перевірки адекватності моделі

	Температура склепіння, °C		Покази пірометра	Температура дна, °C	Температура насадок, °C	
	1	2			Ліва	Права
Критерій Стюдента	0,642	1,213	1,4635	1,022	1,572	1,442
Критерій Фішера	1,115	1,231	1,526	0,581	1,348	1,582



Рівень значущості $\alpha=0.05$ [1,4], кількість дослідів $n=42$ (кількість вибірки). Для даних значень критичне значення критерію Стюдента та Фішера дорівнюють відповідно: $t_{kr}=1,99$ та $F_{kr}=2,018$.

Висновки.

Внаслідок того, що всі розраховані значення критеріїв Стюдента та Фішера менші за критичні значення відповідних критеріїв, то немає підстави відкинути гіпотезу про адекватність отриманої математичної моделі.

Література:

1. Мармоза А. Т. Практикум з математичної статистики: навч. посіб. – Київ: Кондор, 2004. – 264с.
2. Лазебна Т.А., Ситніков О.В., Бобонич І.С., Савченко О.П. Математичне моделювання складних теплових об'єктів. – Київ: Комп'ютерна математика (НАН України. Інститут кибернетики ім. Глушкова), №2, 2011.– С.30-35
3. Панкова Н.А., Михайленко Н.Ю. Теория и практика промышленного стекловарения. Учебное пособие. Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. – 102с.
4. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. – Москва: «МИР», 1973 – 957с.

Abstract. The paper considers the question of testing the hypothesis that the adequacy of the mathematical model of the glass mass heating process calculated in previous studies. The research is conducted using Student's and Fisher's criteria. The model is considered adequate if the calculated values are less than the critical value of the relevant criterion. To calculate the value of the criteria, it is necessary to determine the mathematical expectation and variance, which in turn were based on data obtained from the model and experimental data obtained from production. Based on the fact that all the calculated values of the criteria are less than critical, the model can be considered adequate.

Key words: mathematical model, adequacy, variance, Student's criterion, Fisher's criterion



УДК 004.2

IMAGE CAPTURE GENERATOR WITH MACHINE LEARNING ПОБУДОВА СЕМАНТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗОБРАЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Hlybovets A.M. / Глибовець А.М.

d.t.s., associate professor. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-4282-481X

Kladko Y.K. / Кладько Я.Т.

bachelor. / бакалавр.

National University of "Kyiv-Mohyla Academy", Kyiv, Skovorody, 2, 04070

Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ, Сковороди, 2, 04070

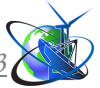
Анотація. В роботі розглянутий один із напрямків задач комп'ютерного зору - побудова моделі автоматичного розпізнання сутності цифрового зображення. Поняття семантичної моделі зображення пояснено на прикладах та продемонстрована робота системи автоматичної генерації анотацій, що описують об'єкти на цифровому зображенні та зв'язки між ними. Розглянута архітектура побудованої моделі, що включає у себе підхід *transfer learning* для згорткової нейронної мережі з проведеною модифікацією. Пояснена різниця між моделями з різними параметрами та показані результати роботи моделей, в залежності від підібраних параметрів.

Ключові слова: машинне навчання, семантична модель зображення, згорткові нейронні мережі, рекурентні нейронні мережі, комп'ютерний зір.

Вступ. Потреба в інформаційному пошуку щодня стимулює науковців придумувати нові способи оптимізації цього процесу. Важливим аспектом інформаційної потреби користувача є саме здатність знаходити мультимедійний контент. На відміну від традиційних способів пошуку зображень за їх попередньо створеною вручну анотацією, автоматична генерація підпису до зображення є альтернативним способом обробки великого об'єму вхідних даних, які постійно зростають.

Розуміння поняття побудови «семантичної моделі зображення» є важливим етапом у автоматичній генерації опису зображення. Під семантичною моделлю зображення мається на увазі текстовий опис об'єктів, які містяться на зображенні. Для прикладу, якщо на зображенні видно тигра, який стоїть у траві, люди розуміють цю інформацію за допомогою побудови речення зі слів, з яких стає зрозуміло, що зображено. Було створено модель, яка на основі вмісту зображення може ймовірнісним підходом зпрогнозувати можливі об'єкти на зображенні та взаємозв'язки між ними. Формально, в цій роботі пропонується статична генеративна модель, здатна автоматично навчатися, а саме створювати текстові послідовності для опису зображення [1]. Можна ствердити, що з кожної області зображення вибираються об'єкти, які з найбільшою ймовірністю знаходяться у цій області зображення. Для навчання моделі було використано навчальну вибірку із зображеннями та їх описами англійською мовою.

Тренувальна вибірка. Для початку роботи необхідно отримати набір навчальних даних. У відкритому доступі є досить багато таких варіантів, зокрема Flickr8k (містить 8 тисяч зображень з анотаціями), Flickr30k (30 тисяч



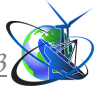
зображень), MC COCO (180 тисяч зображень)[2]. Для експерименту було обрано набір даних Flickr8k, і його розбито наступним чином: 6000 зображень – тренувальна вибірка, 2000 зображень використовувалися в якості тестової вибірки для тренування моделі. Дані можна знайти на сайті Kaggle.com [3] та скачати у розмірі близько 1GB.

Для кожного зображення у наборі даних міститься п'ять текстових анотацій зображеної на ньому інформації англійською мовою. Анотація до зображення зазвичай містить один або декілька об'єктів, що зображені, та опис взаємозв'язків між цими об'єктами. Розмір зображень – 500 пікселів у висоту, та до 500 у ширину.

Розробка моделі. Архітектура самої моделі базується на підході “Show And Tell”[4]. Це комбінація зі згорткової нейронної мережі та рекурентної нейронної мережі, яка лягла в основу моделі. У роботі було використано згорткову нейронну мережу «Xception» та підхід transfer learning. Ця модель натренована на наборі даних ImageNet, який містить близько 350 мільйонів зображень із 17000 класів[5]. Архітектура цієї моделі передбачає 36 згорткових шарів для отримання характеристик або ж класів, які знаходяться на зображенні. Також далі можливе використання повнозв'язних шарів, які підвищують точність моделі під час градієнтного спуску, перед застосуванням логічної регресії[5]. Всі 36 згорткових шарів поділені на 14 модулів.

Згорткові шари. Звичайний підхід просторових згорткок, у якому обчислень значно більше, поступається глибоким просторовим згоркам у швидкості обчислень. Звичайна згортка зазвичай дорога операція. Якщо взяти RGB-зображення розміром 100×100 пікселів і застосувати до нього звичайний фільтр розміром $r \times r$, наприклад 3×3 пікселі для кожного каналу, тобто розмір фільтру $r \times r \times r$, для одного фільтру це займе $H^2 \times 3^2 \times C$, де C – кількість каналів, а H – розмір отриманого зображення після згортки. В такий спосіб лише для виконання звичайної згортки для кожного фільтру потрібно виконати $H^2 \times 3^2 \times C \times N$ операцій, де N – кількість фільтрів мережі. У моделі Xception використано підхід глибокої просторової згортки, який складається з двох пунктів: глибока згортка та поточкова згортка. Під час глибокої згортки застосовується фільтр $r \times r \times 1$, замість звичайного $r \times r \times C$. Це впливає на розмір результату застосування першої згортки, який має розмірність $H \times H \times C$, а не $H \times H \times N$. Далі, під час поточної згортки, N раз застосовується поточковий фільтр розміру $1 \times 1 \times C$, що в результаті дає таку саму розмірність, як і під час застосування звичайної згортки, однак операція виконується приблизно у 9 разів швидше[13,14]. Тому було обрано модель з такою архітектурою.

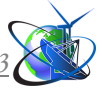
Для коректного результату семантичної моделі зображення потрібно підготувати словник, за допомогою якого буде здійснюватися опис. Текстовий опис для кожного зображення мав такий формат: <назва зображення>{i}<опис>, де параметр i був у діапазоні від 0 до 4, відповідно до п'яти описів для кожного зображення. Після обробки текстового файлу та занесення даних у пам'ять у асоціативний масив, для кожного зображення



зберігалася така структура описи[ім'я зображення] = [опис0, опис1, опис2, опис3, опис4]. Текст із набору даних було оброблено у такий спосіб: чистка від символів “'s” та “-”, переведення всіх слів у нижній регістр, видалення знаків пунктуації та номерів зображень, яких стосується кожна анотація, видалення слів, які містять в собі символи не з англійського алфавіту. В такий спосіб було створено словник розміром у 8763 унікальних слова. Враховуючи те, що більшість слів вживалися досить рідко, для покращення якості обчислень можна було прийняти рішення зберігати лише ті слова, частота вживання яких була не меншою 10 раз. Це б додало моделі стійкості до викидів і суттєво скоротило розмір словника, як було запропоновано у [8]. Як результат, залишилося б тільки 1651 слово замість 7577. Словник зберігався у постійній пам'яті у текстовому файлі.

Для тренування набір даних було розділено у співвідношенні 3:1, тому навчальних об'єм зображень становив 6000 штук. Враховуючи той факт, що на вхід згортковій нейронній мережі подаються зображення у формі вектора, зображення було перетворено у вектори фіксованого розміру. Як зазначалося раніше, модель Xception – класифікаційна згорткова нейронна мережа, а отже як результат її роботи буде отримано клас, що міститься на зображенні. Для побудови архітектури «Show And Tell» на вхід рекурентній нейронній мережі потрібен вектор ймовірностей класів, присутніх на зображенні, тому з моделі Xception було видалено останній softmax-шар, який визначає домінантний клас на зображенні. У такий спосіб модифікована модель видавала 2048-вимірний вектор з ймовірностями характеристик для одного зображення. Всі зображення з тренувальної вибірки було оброблено за допомогою цієї моделі, а отримані дані серіалізовано у файл.

Враховуючи що потрібно передбачити послідовність слів, необхідно було скористатися підходом «word to vector». Він передбачає кодування кожного слова у вектор фіксованого розміру. Keras дає можливість скористатися Tokenizer-класом для кодування слів, який було використано. Однак для початку достатньо пронумерувати слова від 1 до 1652. У процесі навчання для кожної анотації для зображення будувалася послідовність слів з початковими та кінцевим розділовими символами – «<start>» і «<end>» відповідно. Для кожного слова у цій послідовності ставився індекс у відповідність. Такий спосіб навчання розглядався як навчання з вчителем. На першій ітерації на вхід у модель під час навчання подавався спеціальний символ початку послідовності «<start>» і зображення, модель ж генерувала наступний символ послідовності. Від попередньо згенерованих слів залежала генерація наступних. Оскільки на вхід рекурентної нейронної мережі подавалися не слова, а вектори, їхня довжина повинна бути однаковою. Для досягнення цього було визначено найдовшу описову послідовність у наборі даних. Довжина описової послідовності визначалася кількістю слів анотації. Знання числа найдовшої послідовності дало можливість привести всі послідовності у вектори фіксованого розміру, заповнивши коротші послідовності нулями. Це необхідно для створення генератора даних. Генератор необхідний для того, що не тримати всю інформацію в пам'яті. За відсутності генератора довелося б тримати



декілька гігабайт в оперативній пам'яті, що суттєво сповільнило б роботу і було б неефективним використанням ресурсів. Для проведення навчання було використано метод стохастичного градієнтного спуску із оптимізатором «Adam». Враховуючи, що не потрібно тримати весь набір даних у пам'яті, достатньо лише на кожній ітерації обчислювати відхилення на деяких рядках матриці слів, яка генерується генератором. Бібліотека Keras містить функцію `fit_generator()`, для якої був створений генератор.

Архітектура моделі. У Keras для створення моделей можна скористатися двома видами API – для послідовностей та функційний. Оскільки архітектура «Show And Tell» складається з двох частин – вектора характеристик та частково згенерованої анотації, тому що перший символ нам відомий, для об'єднання двох моделей було використано функційний API. На рисунку 1 зображена архітектура третьої моделі, яка була створена експериментальним шляхом. Пункти (1), (2), (3), (4) стосуються рекурентної нейронної мережі, пункти (5), (6), (7) – згорткової. Пояснення моделі:

(1) Вхідний шар, куди подаються індекси слів із анотації певного зображення. Параметр 32 вказує на фіксований розмір вектора анотації для кожної ітерації рекурентної нейронної мережі, який був визначений максимальною довжиною опису.

(2) Крок індексації слів, перетворення їх у числа, створення асоціації між індексом слова 512-вимірним вектором.

(3) та (6) Dropout-шари з метою запобігання перенавчанню моделі. Цей один із параметрів, який дозволяє покращувати якість роботи моделі внаслідок випадкового видалення частини нейронів під час прямого та зворотнього поширень.

(4) та (7) LSTM- та Dense-шари. У Dense-шарі вихідні дані отримані за допомогою активаційної функції «Relu», у яку були подані дані з попереднього шару, їх вагові коефіцієнти та коефіцієнт відхилення. На вхід LSTM-шару подається 32-вимірний вектор анотацій, це рекурентна нейронна мережа.

(8) Об'єднання двох моделей в одну, оскільки на вихід із кодної отримані два 512-розмірних вектори. Однакова розмірність векторів є обов'язковою умовою створення єдиного вектора, внаслідок додавання двох інших.

(9) Dense-шар для об'єднаної моделі із активаційною функцією «Relu».

(10) Фінальний dense-шар із активаційною функцією «Softmax», яка визначає розподіл ймовірностей перебування у згенерованій послідовності для всіх 7577 слів із словника.

Як згадувалося раніше, модель була скомпільована з «Adam»-оптимізатором, який найкраще підходить для задач комп'ютерного зору та обробки людської мови[10]. На кожній ітерації навчання модель отримувала два типи даних на вхід: частковий опис та вектор характеристик зображення, і як результат роботи ітерації генерувала найбільш відповідне слово або ж слово з найбільшою ймовірністю бути у послідовності, виходячи з вхідних даних часткового опису. Цей підхід «Maximum Likelihood Estimation» відповідно до [9], який було використано у описаній вище моделі.

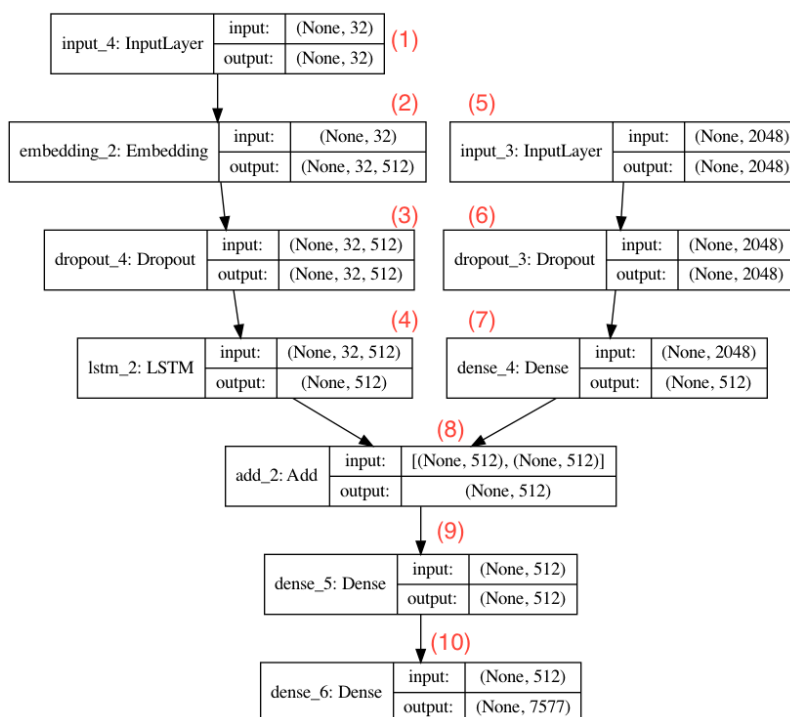


Рис. 1 Архітектура побудованої моделі

Результати Найкращі результати спостерігаються після регулювання параметрів моделі. У перших випробуваннях було створено модель, яка обробляла лише 256-вимірні вектори характеристик та тренувалася протягом 10 епох. Така модель значно гірше генерувала анотацію до зображень, тому було прийнято рішення створити модель, яка навчалася б більше часу, наприклад 20-епох. Також варто зазначити що під час експериментів над всіма моделями оцінювалися 10 спроб моделі згенерувати анотацію до зображення. Функцією втрат було обрано «Categorical crossentropy»[11]. Друга модель під час тестування показала себе дещо краще, розмір її векторів характеристик теж становив 256, а dropout-параметр – 0.5, що дало приріст у детальності опису, як-от «чоловік іде вздовж вулиці» для першої моделі та «чоловік у червоній футболці іде по вулиці» для другої. Також слід відмітити, що моделі краще справлялися із «типовими зображеннями», де домінують два-три кольори, які характеризують великі об'єкти. Наприклад у зображенні, де собака біжить у траві, собака рудого кольору, трава – зеленого, небо – голубого. З такими зображеннями кожна модель справлялася однаково добре, чого не можна сказати про зображення із більшої кількістю деталей та кольорів. Хоча друга модель і визначала один із об'єктів на зображенні як, наприклад, «людину у білій сорочці», інша частина підпису була неправильно або некоректно сформульованою. В середньому із 10 тестових зображень, тільки для 2-3 зображень анотація підбиралася правильно і повністю відтворювала словами зображене, ще для 3-4 зображень опис генерувався частково правильно, і для інших 4 зображень в середньому, анотація не відповідала семантиці зображення. Як висновок, було створену третю модель, архітектура якої наводилася вище. Ця модель відрізнялася більшим вектором характеристик –



512, замість 256. Час її тренування природньо значно збільшився, однак навіть за чотири епохи навчання, вона почала показувати більш точний результат, ніж попередні моделі. Приклади наведено нижче. Також, був проведений підбір параметрів і шар об'єднання згорткової нейронної мережі був встановлений як «max», замість «average». Це дає підстави вважати, що приріст у точності був спричинений також більш чітким визначенням характеристик, оскільки значення на шарі об'єднання значення не усереднювалися. Це продемонстровано у прикладі із дітьми на пляжі, де дві перших моделі не визначили кількості дітей, що зробила третя. Також важливу роль відіграв параметр dropout, значення якого було збільшено з 0.5 до 0.7, це б мало призвести до збільшення точності генерації анотацій[12]. Збільшення вектора характеристик суттєво збільшило кількість тренувальних параметрів у системі з 5,002,649 у другій моделі до 11,177,369 у третій, однак, як згадувалося раніше, точність опису підвищилася.

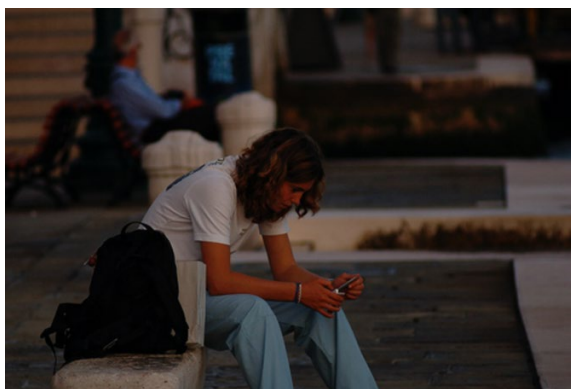
Частково правильне розпізнання:

Перша модель	Друга модель	Третя модель
Boy is walking along the beach	Boy in black swimsuit is walking along the beach	Two children are playing in the water



Повністю неправильне розпізнання:

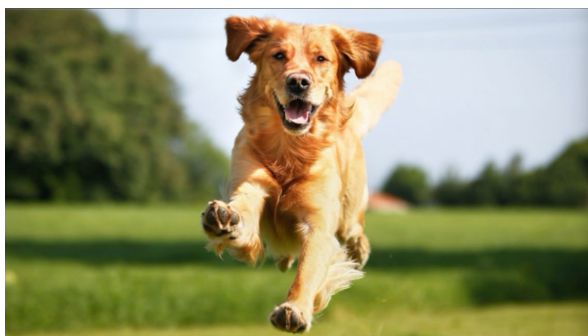
Перша модель	Друга модель	Третя модель
Two children are playing on the carpet	Two children are playing on the carpet	Boy is standing in front of building





Повністю правильне розпізнання:

Перша модель	Друга модель	Третя модель
Dog is running through the grass	Dog is running through the grass	Dog is running through the grass



Висновки

У роботі визначено поняття семантичної моделі зображення та реалізовано модель за архітектурою «Show And Tell». Отримана модель машинного навчання була навчена розпізнавати об'єкти на зображенні та зв'язки між ними, і генерувати відповідну описову анотацію. Був використаний підхід transfer learning та проведена модифікація згорткової нейронної мережі Xception із метою отримання необхідного вектору характеристик. Для генерації текстових послідовностей було використано рекурентну нейронну мережу типу LSTM.

Результати роботи значною мірою залежать від налаштування параметрів моделі. Зокрема при налаштуванні важливими є параметри dropout, функція pooling-шару та величина вектору характеристик, модифікація яких призвела до збільшення точності моделі. Також для покращення точності може бути збільшений розмір навчальної вибірки та зменшення розміру словника внаслідок відкидання рідковживаних слів, що призведе до збільшення стійкості моделі до викидів.

Список використаної літератури

1. Lavrenko V. A Model for Learning the Semantics of Pictures [Електронний ресурс] / V. Lavrenko, R. Manmatha, J. Jeon – Режим доступу до ресурсу: <http://ciir.cs.umass.edu/pubfiles/mm-46.pdf>.
2. Lamba H. Image Captioning with Keras [Електронний ресурс] / Harshall Lamba. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/image-captioning-with-keras-teaching-computers-to-describe-pictures-c88a46a311b8>.
3. Hussain S. Flickr8K [Електронний ресурс] / Shadab Hussain – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kaggle.com/shadabhussain/flickr8k>.
4. Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention [Електронний ресурс] / [K. Xu, J. Lei Ba, R. Kiros та ін.] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1502.03044.pdf>.
5. Chollet F. Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions [Електронний ресурс] / Francois Chollet. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1610.02357v2.pdf>.



<https://arxiv.org/pdf/1610.02357.pdf>.

6. Tsang S. Review: Xception — With Depthwise Separable Convolution, Better Than Inception-v3 (Image Classification) [Электронный ресурс] / Sik-Но Tsang. — 2018. — Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/review-xception-with-depthwise-separable-convolution-better-than-inception-v3-image-dc967dd42568>.

7. Fabien M. Xception Model and Depthwise Separable Convolutions [Электронный ресурс] / Maël Fabien — Режим доступа до ресурсу: <https://maelfabien.github.io/deeplearning/xception/#>.

8. Brownlee J. How to Prepare a Photo Caption Dataset for Training a Deep Learning Model [Электронный ресурс] / Jason Brownlee. — 2017. — Режим доступа до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/prepare-photo-caption-dataset-training-deep-learning-model/>.

9. Brooks-Bartlett J. Probability concepts explained: Maximum likelihood estimation [Электронный ресурс] / Jonny Brooks-Bartlett. — 2018. — Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/probability-concepts-explained-maximum-likelihood-estimation-c7b4342fdbb1>.

10. Brownlee J. Gentle Introduction to the Adam Optimization Algorithm for Deep Learning [Электронный ресурс] / Jason Brownlee. — 2017. — Режим доступа до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/>.

11. Brownlee J. How to Choose Loss Functions When Training Deep Learning Neural Networks [Электронный ресурс] / Jason Brownlee. — 2019. — Режим доступа до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/how-to-choose-loss-functions-when-training-deep-learning-neural-networks/>.

12. Srivastava N. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting [Электронный ресурс] / N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky. — 2014. — Режим доступа до ресурсу: <http://jmlr.org/papers/volume15/srivastava14a/srivastava14a.pdf>.

13. Pandey A. Depth-wise Convolution and Depth-wise Separable Convolution [Электронный ресурс] / Atul Pandey. — 2018. — Режим доступа до ресурсу: <https://medium.com/@zurister/depth-wise-convolution-and-depth-wise-separable-convolution-37346565d4ec>.

14. Bai K. A Comprehensive Introduction to Different Types of Convolutions in Deep Learning [Электронный ресурс] / Kunlun Bai. — 2019. — Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-introduction-to-different-types-of-convolutions-in-deep-learning-669281e58215>.

References:

1. Lavrenko V. A Model for Learning the Semantics of Pictures [Electronic resource] / V. Lavrenko, R. Manmatha, J. Jeon — Mode of access: <http://ciir.cs.umass.edu/pubfiles/mm-46.pdf>.

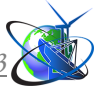
2. Lamba H. Image Captioning with Keras [Electronic resource] / Harshall Lamba. — 2018. — Mode of access: <https://towardsdatascience.com/image-captioning-with-keras-teaching-computers-to-describe-pictures-c88a46a311b8>.

3. Hussain S. Flickr8K [Electronic resource] / Shadab Hussain — Mode of access: <https://www.kaggle.com/shadabhussain/flickr8k>.



4. Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention [Electronic resource] / [K. Xu, J. Lei Ba, R. Kiros and others] – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1502.03044.pdf>.
5. Chollet F. Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions [Electronic resource] / François Chollet. – 2017. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1610.02357.pdf>.
6. Tsang S. Review: Xception — With Depthwise Separable Convolution, Better Than Inception-v3 (Image Classification) [Electronic resource] / Sik-Ho Tsang. – 2018. – Mode of access: <https://towardsdatascience.com/review-xception-with-depthwise-separable-convolution-better-than-inception-v3-image-dc967dd42568>.
7. Fabien M. Xception Model and Depthwise Separable Convolutions [Electronic resource] / Maël Fabien – Mode of access: <https://maelfabien.github.io/deeplearning/xception/#>.
8. Brownlee J. How to Prepare a Photo Caption Dataset for Training a Deep Learning Model [Electronic resource] / Jason Brownlee. – 2017. – Mode of access: <https://machinelearningmastery.com/prepare-photo-caption-dataset-training-deep-learning-model/>.
9. Brooks-Bartlett J. Probability concepts explained: Maximum likelihood estimation [Electronic resource] / Jonny Brooks-Bartlett. – 2018. – Mode of access: <https://towardsdatascience.com/probability-concepts-explained-maximum-likelihood-estimation-c7b4342fdbb1>.
10. Brownlee J. Gentle Introduction to the Adam Optimization Algorithm for Deep Learning [Electronic resource] / Jason Brownlee. – 2017. – Mode of access: <https://machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/>.
11. Brownlee J. How to Choose Loss Functions When Training Deep Learning Neural Networks [Electronic resource] / Jason Brownlee. – 2019. – Mode of access: <https://machinelearningmastery.com/how-to-choose-loss-functions-when-training-deep-learning-neural-networks/>.
12. Srivastava N. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting [Electronic resource] / N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky. – 2014. – Mode of access: <http://jmlr.org/papers/volume15/srivastava14a/srivastava14a.pdf>.
13. Pandey A. Depth-wise Convolution and Depth-wise Separable Convolution [Electronic resource] / Atul Pandey. – 2018. – Mode of access: <https://medium.com/@zurister/depth-wise-convolution-and-depth-wise-separable-convolution-37346565d4ec>.
14. Bai K. A Comprehensive Introduction to Different Types of Convolutions in Deep Learning [Electronic resource] / Kunlun Bai. – 2019. – Mode of access: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-introduction-to-different-types-of-convolutions-in-deep-learning-669281e58215>.

Abstract. This article describes one of computer vision tasks – automatic digital image captioning. Introduced the concept of image semantic model, relevant examples given. Inspired by machine learning opportunities here explained how to build model that automatically learns content of images and can generate appropriate annotation. Shown samples of data and structure of training data are described. Using standard techniques of backpropagation and optimizer based on stochastic gradient descent models were trained. Results of system output are shown, especially generated annotation for objects on image and relationships between them. Considered architecture of build model that includes transfer learning with further modification of convolutional neural network. Experiments with changing parameters of models made and revealed their significant impact on results. Compared models with different parameters and difference in their work are demonstrated. Attention is paid on “Show And Tell” architecture though visualization of data transformations. All steps of model modification are explained with motivation. Usage of “Word to vector” principle introduced and data preparations for recurrent neural network are led. Also difference between standard convolution and depthwise separable convolution are shown in numbers, this greatly reduces number of operations. Three resulting models are compared by annotations generated by them and key points of possible improvements



discussed. Especially they are related to model tuning through selection of appropriate parameters, increasing training dataset and reduce of vocabulary usage. Also rising of features vector dimension made significant impact of model accuracy in object detection. Change of activation function on pooling layers of convolutional neural network leads to increasing probabilities of feature presence and that can be used by recurrent neural network in order to generate next word of sequence with maximum likelihood estimation.

Key words: machine learning, semantic image model, convolutional neural networks, recurrent neural networks, computer vision.

Стаття відправлена: 10.01.2020 р.

© Глибовець А.М.



УДК 330.41:351.81

**UKRAINE - CONVENIENT TRANSPORT HUB FOR INTERNATIONAL
TRANSIT: PUBLIC ADMINISTRATION ASPECT****УКРАЇНА – ЗРУЧНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ХАБ ДЛЯ МІЖНАРОДНОГО
ТРАНЗИТУ: ДЕРЖАВНО-УПРАВЛІНСЬКИЙ АСПЕКТ****Ferdman H.P. / Фердман Г.П.***с of S.in P.A., S.R. / к.н.держ.упр., с.н.с.*

ORCID: 0000-0002-2023-1696

*Research Center of the Armed Forces of Ukraine "State Oceanarium" of the Institute
of Naval Forces of the National University "Odessa Maritime Academy",**Odessa, st. Army, 18, 65058**Науково-дослідний центр Збройних Сил України "Державний океанаріум"**Інституту Військово-Морських Сил Національного Університету**"Одеська морська академія", Одеса, вул. Армійська, 18, 65058*

Анотація. На сучасному етапі збільшення обсягів міжнародного транзиту територією України може стати важливим фактором стабілізації та структурної перебудови її економіки. При цьому слід враховувати, що транзит як вид експорту транспортних послуг є одним з найбільш ефективних, а інвестиції у цю сферу транспортної діяльності дають швидку віддачу.

Велике майбутнє - у співробітництва країн Близького Сходу і Північної Європи. В найближчі десятиліття країни цих регіонів відкриють для себе один одного. І знову ж таки транзитною територією для них стане наша держава.

Україна має величезний потенціал як транспортний хаб, водночас створення хабу потребує багато часу і коштів. Щоб створити хаб, треба вкласти мільярди євро в переоснащення та розвиток чорноморських портів, створити необхідний для транспортування вантажний флот, вкласти кошти в розвиток дорожньої та залізничної інфраструктури.

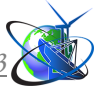
Українські підприємства повною мірою можуть використовувати досягнення Європейських транспортних хабів, збільшуючи свою географію. Але, на жаль, Україна як держава продовжує втрачати темп розвитку і свій потенціал, тим самим втрачаючи нові робочі місця, додаткову статтю доходу в державний бюджет, вплив на євразійській логістичній арені.

Саме тому, визначено основні причини, які стримують розвиток транзиту вантажів та заважають Україні стати повноцінним транспортним хабом та надано основні пропозиції по їх вирішенню.

Отже: Україна має унікальне географічне положення, яке дає перевагу для реалізації ідеї транспортного хабу; транспортні хаби, створені в Україні, значно посилять економічну потужність і роль України в Євразійському регіоні; посилення взаємодії державного та приватного секторів, органів державної влади та органів місцевого самоврядування, запровадження децентралізації, особливо шляхом скоординованих ініціатив державної політики, може забезпечити міцну основу сталого розвитку транспортної галузі України і створення вільного та конкурентного ринку транспортних послуг.

Ключові слова: транспорт, розвиток, євроінтеграція, транзит, проблеми, державне управління, користь, пропозиції.

Вступ. Україна покрита густою мережею транспортних шляхів, має розвинутий сучасний рухомий склад усіх видів транспорту. За даними англійського інституту "Рендел" за коефіцієнтом транзитності (тобто за розвинутістю всіх видів транспортних зв'язків та відповідної їм інфраструктури) Україна посідає перше місце в Європі. Разом з тим



завантаженість цих шляхів не відповідає їх можливостям. Хоча існує аксіоматичне положення: для повноцінного розвитку економіки наявність шляхів транспортування сировини, комплектуючих та готової продукції є вирішальним фактором, так би мовити, "локомотивом прогресу". Тому, перспективи розвитку економіки держави та інтеграції її у світове господарство напряду залежать від наявності та розвинутості шляхів сполучень [1].

Сучасні тенденції розвитку світової економіки характеризуються постійним розширенням господарських зв'язків та міжнародної економічної кооперації. Тому, пріоритетним напрямом у політиці розвинутих країн стали інтеграційні процеси, що передбачає створення умов для вільного переміщення товарів, послуг, капіталів, робочої сили. Це обумовлює постійне зростання транснаціональних потоків і міжнародного транзиту вантажів. Для багатьох держав перевезення транзитних вантажів через свою територію стало важливим джерелом експорту послуг, валютних надходжень до бюджету, створення додаткових робочих місць. Питання розвитку транзиту посідають чільне місце у європейській транспортній політиці. Підтвердженням цього є розбудова міжнародних транспортних коридорів на основних напрямках транснаціональних перевезень.

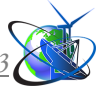
Протягом століть йде мова про вигідне географічне положення та величезний транзитний потенціал нашої держави. Протягом всієї своєї історії Україна перебувала на перетині світових торговельних шляхів та була своєрідним центром і важливим опорним пунктом на шляху з Європи до Азії.

Завдяки своєму географічному положенню Україна впродовж цілого тисячоліття є містком між Європою й Азією, між Північчю і Півднем. Історично Україна (Київська Русь) зупинила підкорення Європи азійськими кочовиками. Через освічену Україну Росія (налівазійська держава) увійшла в коло європейських країн. Саме через Україну поширювалася в Центральну Азію європейська культура. В наш час транзитність держави набуває стратегічного значення, стає важливою складовою національної безпеки.

Велике майбутнє - у співробітництва країн Близького Сходу і Північної Європи. В найближчі десятиліття країни цих регіонів відкриють для себе один одного. І знову ж таки транзитною територією для них стане наша держава. Таким чином, у нових умовах і на новому рівні на рубежі тисячоліть відтворюються історичні "Великий шовковий шлях" та "із варяг у греки", а місцем їх перетину, як і тисячу років тому, стає наша держава, в якій знаходиться географічний центр Європи.

Нині готова продукція, насамперед промисловості, поставляється з країн Європи до Азії, а сировина й енергоносії - з Азії в Європу. Подальший розвиток Європи значною мірою залежатиме від освоєння азійських ринків. І навпаки - розвиток країн Азії, й особливо Центральної, спиратиметься на потенціал Європи. Крім того, інтеграційні процеси в Європі і в Азії приведуть до створення могутніх мегаполісів, обсяг торговельного обороту між якими в новому тисячолітті зросте на 1000 %. На шляху взаємодії цих мегаполісів і знаходиться Україна як транзитна держава [1].

У сьогочасних умовах функціонування ринкової економіки, в силу



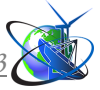
геополітичного розташування України та її регіонів, характерної актуальності набувають питання ефективного використання їх транзитного потенціалу. Транзитний потенціал України визначає її місце в системі міжнародних зв'язків і повинен ефективно реалізовуватися завдяки вигідному геоекономічному та геополітичному розташуванню. Оцінювання транзитних можливостей України в світовому економічному просторі є невід'ємною складовою для покращення функціонування національної економіки. Наша країна протягом всієї історії була центром та найзручнішим транспортним вузлом між Європою та Азією. Україна є сусідом 7 країн: Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії, Молдови, Росії, Білорусі. Тому доцільно буде розглянути оцінку транзитних можливостей України та її сусідів. Транзитний потенціал України відіграє провідну роль в системі міжнародних зв'язків і сприяє розвитку багатьох сфер національної економіки: будівництва, транспортного комплексу, промисловості, сфер послуг. Саме транзитні перевезення можуть надати нашій державі нові надходження зовнішніх коштів і підвищити її економічний стан. Тому розвиток транзитного потенціалу - це важлива складова у формуванні ефективної і потужної економіки України [2].

Успішно виконувати роль транзитної держави Україна може за умови розвинутої та ефективної транспортної системи. В економічному плані транспорт скорочує часовий та просторовий розрив між виробництвом і споживанням. Транспортному факторові відводиться важливе місце в теорії розміщення (location theory), регіональній економіці (regional economics), міжнародній економіці й теорії зовнішньої торгівлі.

У зв'язку з майбутнім приєднанням України до Світової організації торгівлі забезпечення вільного транзиту вантажів та його розвиток сприятимуть підвищенню ефективності зовнішньої торгівлі, рівноправному входженню України до системи міжнародного поділу праці, створенню стабільного джерела валютних надходжень до бюджету. На сучасному етапі збільшення обсягів міжнародного транзиту територією України може стати важливим фактором стабілізації та структурної перебудови її економіки. При цьому слід урахувати, що транзит як вид експорту транспортних послуг є одним з найбільш ефективних, а інвестиції у цю сферу транспортної діяльності дають швидку віддачу.

Економічні вигоди України вбачаються в наданні всього комплексу послуг транзиту через свою територію потоків товарів та послуг. Сухопутні, повітряні та морські шляхи можуть забезпечити такі послуги як у широтному, так і в меридіанному напрямках.

Сьогодні, Міністерство інфраструктури України поставило перед собою амбітну задачу – повною мірою реалізувати цей потенціал та перетворити Україну на головну транзитну державу Євразійського континенту з найкомфортнішими умовами для перевезень у сполученні Європа-Азія та надійного міжнародного партнера-постачальника найкращих логістичних послуг на континенті. Для вирішення вищезазначеної задачі у найближчий час необхідно вирішити ряд проблем, які перешкоджають цьому процесу, тому що щохвилини держава втрачає мільярди грошових надходжень до бюджету.



Глобалізація та міжнародна кооперація сприяють зростанню транснаціональних потоків і міжнародному транзиту вантажів. Для багатьох держав транзитні перевезення є важливим джерелом експорту послуг, валютних надходжень, створення додаткових робочих місць тощо. Разом з тим, системне невикористання вітчизняного транспортного потенціалу, зростаючі конкурентні переваги на ринку транспортних послуг сусідніх країн, призвели до втрати іміджу нашої країни, як транзитної держави.

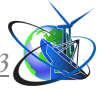
В міру інтеграції України у світове господарство, розвитку торговельно-економічних зв'язків із зарубіжними країнами значно зростуть платежі й надходження за перевезення вантажів різними видами транспорту, за обслуговування і ремонт рухомого складу тощо. Водночас абсолютно зростуть витрати, пов'язані з транспортуванням іноземних вантажів територією України - як унаслідок збільшення фізичного обсягу експорту, імпорту, транзиту, так і в результаті підвищення тарифів і ставок. Значний вплив на рівень транспортних витрат у міждержавній торгівлі справлятиме кон'юнктура ринків транспортних послуг, насамперед ціни на перевезення вантажів [1].

Основний текст. З урахуванням теми статті та розгляду проблем, які в ній висвітлюється, наведемо її основний категорійний апарат.

Слово **хаб** має багато економічних смислових відтінків. Це слово було запозичене з англійської мови в середині XX століття спочатку як авіаційний термін, а потім - загальний транспортний термін. Хаб в авіації - аеропорт, що відрізняється від інших значним обсягом пересадочних і перевантажувальних робіт. Такий обсяг обумовлений зручним просторовим положенням - перетином вантажних і пасажирських потоків. Пізніше це значення перейшло і на інші види транспорту. Як загальний транспортний термін хаб - пересадочний і перевантажувальний вузол. В кінці XX століття хаб став і економіко-управлінським терміном як центр ділової активності і перетину економічних інтересів [3].

Взагалі, під визначенням **транзит** розуміють - перевезення вантажів або пасажирів з однієї держави до іншої або з одного пункту до іншого через проміжні пункти. Загальне поняття транзиту передбачає різні перевезення та наявність пунктів відправлення, проміжного та кінцевого. Закон України "Про транзит вантажів" звужує поняття транзиту до міжнародних перевезень через територію України, оскільки визначає транзит вантажів як "перевезення транспортними засобами транзиту транзитних вантажів під митним контролем через територію України між двома пунктами або в межах одного пункту пропуску через державний кордон України" [4].

Нові можливості відкриваються перед Україною в рамках китайської концепції Нового шовкового шляху. Китай - експортоорієнтована країна, яка колосальну увагу приділяє створенню зручних, швидких і надійних комунікацій із просування своїх товарів на ключові зовнішні ринки, наприклад США і ЄС. Зрозуміло, що альтернативи морському транспорту просто немає. А що стосується європейського ринку, то створення транснаціонального транспортного коридору може скоротити шлях товарів із Піднебесної в Європу з 36 до 16 днів (порівняно з морським маршрутом). Мінус сухопутного



коридору - необхідність перетину кількох державних кордонів і чіткої координації руху вантажів. Додамо сюди і потребу в складських терміналах і доглядових інспекційних комплексах. Проте все це успішно мінімізується в рамках міжнародного співробітництва.

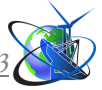
Якщо з'явиться група країн, які синхронізують свою транспортну і митну політику, недолік сухопутного маршруту перетвориться на його конкурентну перевагу. Крім того, будівництво транспортних хабів, митних терміналів, промислових полігонів уздовж усього маршруту перевезення вантажів обіцяє країнам-учасникам багатомільярдні прямі інвестиції. Саме з цією метою Китай створив Фонд Шовкового шляху, який має сприяти просуванню китайських товарів і здійснювати інфраструктурні та портфельні інвестиції. Загальний розмір фонду - близько 40 млрд дол. У майбутньому він збільшиться в десятки разів, передусім за рахунок пайових внесків країн Перської затоки [5].

Для розвитку транзитно-комунікаційних систем Україна має надзвичайно сприятливі умови: освічене населення і висококваліфіковані кадри фахівців, компакту й добре освоєну територію, промисловий та продовольчий потенціали, сприятливу багатовекторну зовнішню політику.

Ефективність транзитних послуг залежить передусім від рівня розвитку вітчизняного транспортного комплексу та функціонування міжнародних транспортних коридорів на території держави.

Транспортний комплекс України за обсягами й тоннажем пасажирських і вантажних перевезень, пропуском та оформленням транзитних вантажів, наявністю великих магістральних газо- та нафтопроводів, міжнародних енергосистем посідає одне з провідних місць у Європі (в перші роки незалежності України за обсягом перевезень йому належало четверте місце у світі після Росії, США та Канади). Нині він охоплює 6 залізниць. 3 морські пароплавства та АК "Укррічфлот". 67 авіакомпаній. 800 підприємств автомобільного транспорту, 50 тис. км трубопроводів (газо-, нафто- та продуктоводів). комплекс науково-виробничих підприємств та організацій космічного транспорту. У сфері транспорту зайнято нині 20 % населення та 30 % основних фондів. Кожну добу кордон перетинає в середньому понад 150 тис. громадян та 40 тис. одиниць транспорту [6].

Особливо слід зазначити, що згідно зі статтею 2 Закону України «Про транзит вантажів» [4] його дія не поширюється на транзит пошти, багажу, зброї, наркотичних засобів, психотропних речовин, небезпечних і шкідливих відходів, продукції подвійного призначення, експорт та імпорт товарів, переміщення товарів з використанням трубопроводного транспорту та ліній електропередачі. Також у цьому Законі визначено терміни та встановлено основні засади регулювання відносин за транзитними перевезеннями. Відповідно до статті 10 Закону України «Про транзит вантажів» регулювання діяльності спеціально уповноважених органів виконавчої влади, що контролюють транзитні вантажі, здійснює Кабінет Міністрів України, який визначає заходи щодо вдосконалення цього контролю відповідно до міжнародних стандартів та сприяння нарощуванню обсягів транзитних вантажів. Координацію діяльності учасників транзиту здійснює Міністерство



Інфраструктури України.

За обсягом транзиту перше місце посідає трубопровідний транспорт. За ним ідуть автомобільний, залізничний, морський, повітряний. Кожний з них переживає труднощі перехідного періоду, з більшою або меншою ефективністю долає їх.

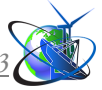
В Україні досить розвинене залізничне і автомобільне сполучення, завдяки чому можлива доставка вантажів в будь-яку точку країни. Однак повноцінно реалізувати цей потенціал не дозволяє низька якість доріг та залізничного полотна, а також застарілий рухомий склад. Як результат цієї неефективності - завищені ціни на транспортування вантажів. Водночас на річковий транспорт припадає від 1 до 3% від загальної кількості перевезень, і це невикористані можливості. Незважаючи на те, що вартість транспортування вантажів річковим транспортом, в розрахунку на тонну перевезеного вантажу, є найнижчою, в двічі дешевше, ніж автомобільна доставка і втричі дешевше, ніж залізнична доставка, розвиток даного виду транспортування досі перебуває в стані зачаття.

Україна має величезний потенціал як транспортний хаб, водночас створення хабу потребує багато часу і коштів. Щоб створити хаб, треба вкласти мільярди євро в переоснащення та розвиток чорноморських портів, створити необхідний для транспортування вантажний флот, вкласти кошти в розвиток дорожньої та залізничної інфраструктури. Йдеться не просто про ремонт. Необхідно буде повністю реконструювати існуючі порти, під'їзні дороги та побудувати нові дорогі інфраструктурні об'єкти. Міністр інфраструктури України нещодавно сказав, що ступінь зношеності морських портів та залізничної інфраструктури країни становить 90-95%. Україні, за його словами, потрібно робити не крок, а стрибок, щоб вийти з того стану, в якому вона застигла вже протягом 20 років [7].

За даними Мінінфраструктури:

- 95% шляхів – розбиті, 90% доріг не ремонтувались останні 30 років;
- смертність на дорогах – найвища у Європі;
- середній вік локомотивів – понад 40 років;
- рівень зношеності вантажних і пасажирських вагонів – понад 85%;
- лише 3-4% населення України користується авіаційним транспортом;
- використовується 3% потенціалу річок;
- логістична вартість транспортування товарів на 40% вища, ніж у країнах ЄС;
- середній вік автобусів малого класу (маршрутки) 8-10 років, великогабаритних автобусів – 15-18 років і більше.
- 20 аеропортів України мають невизначені перспективи функціонування;
- частка річкового транспорту у транспортній системі менше 0,9% через обміління річок і критично застарілу інфраструктуру країни [8].

Також необхідна глобальна трансформація підходу України до свого потенціалу, однак політична нестабільність, корупція, нездатність вищих ешелонів влади до організації і виконання подібних проектів дедалі віддаляють

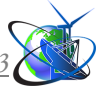


Україну від значущих гравців логістичного ринку в Євразійському просторі.

Українські підприємства повною мірою можуть використовувати досягнення Європейських транспортних хабів, збільшуючи свою географію. Але, на жаль, Україна як держава продовжує втрачати темп розвитку і свій потенціал, тим самим втрачаючи нові робочі місця, додаткову статтю доходу в державний бюджет, вплив на євразійській логістичній арені.

Поряд з вищезазначеним, основними причинами, які стримують розвиток транзиту вантажів та заважають Україні стати повноцінним транспортним хабом є:

- невідповідність системи контролю вантажів на кордоні та справляння зборів;
- висока вартість послуг, що надається митними брокерами, контрольними службами і транспортними терміналами;
- чисельні бюрократичні перепони при оформленні транзитних перевезень;
- низькі швидкості доставки вантажів;
- несприятлива кримінальна обстановка;
- брак комплексного, у тому числі інформаційного обслуговування на шляху транзиту;
- відсутність комплексу правових актів, що регулюють транзитні перевезення та їх експедиційне обслуговування;
- відсутність ефективної системи збору та обробки адміністративних даних в галузі транспорту, а отже об'єктивної оцінки його стану та перспектив розвитку;
- відсутність системного підходу до координації розвитку та довгострокового планування діяльності всіх видів транспорту з урахуванням соціально-економічних потреб населення, бізнесу, оборони та геополітичних інтересів України;
- незавершеність державної адміністративної реформи, зокрема процесу розмежування функцій державного регулювання та контролю, включно з формуванням відповідних державних органів управління, операційної діяльності та функцій господарської діяльності транспортних підприємств, розподіл функцій між органами виконавчої влади та підприємствами в умовах конкурентного транспортного ринку;
- відсутність дієвих систем контролю за ефективністю прийняття управлінських рішень, недостатня прозорість звітності та виконання діяльності органів державної влади та суб'єктів господарювання державного сектору економіки в галузі транспорту;
- відсутність ефективної системи комунікацій та зворотних зв'язків між органами управління транспортом, транспортними підприємствами і користувачами транспортних послуг, що знижує ефективність управління транспортом та якість транспортно-логістичних послуг;
- поетапна реалізація міжнародних вимог щодо застосування до транзитних вантажів більш простого і прискореного режиму їх



контролю у пунктах пропуску через державний кордон України, обмеження ставок зборів за здійснення контролю вартістю фактичних витрат на його проведення;

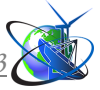
- відсутність системи створення критеріїв та показників оцінювання якості надання транспортних послуг та інше.

Водночас Україна і українські компанії також схильні до ефекту глобалізації. Українські компанії активно шукають можливості виведення своєї продукції на міжнародні ринки. Негативні, з одного боку, девальваційні процеси, крім свого негативного впливу, мають і позитивний для України потенціал: українські товари і робоча сила стають більш привабливими для іноземних ринків, і іноземні капітали, незважаючи на складну політичну ситуацію в країні, повертаються в бік України. На додаток до цього Європейський Союз, відкривши свій ринок, фактично відкрив преференції для українських товарів. В даному контексті українські підприємства повною мірою можуть відчути вплив і можливості міжнародних транспортних хабів. Більш того, правильною буде стратегія використання цих можливостей для посилення своїх конкурентних позицій.

Крім об'єктивних чинників транзитності держави - геополітичного та наявності потужного транспортного комплексу, - великого значення (причому воно дедалі зростатиме в нинішньому тисячолітті) набуває зв'язок між рівнем розвитку країни та її транспортно-комунікаційною структурою. Розвиток економіки та транспорту являє собою цілісний, взаємозалежний процес. Піднесення економіки, розвиток сфери матеріального виробництва неодмінно передбачає модернізацію галузей та засобів транспортного комплексу, засобів транспортно-комунікаційних зв'язків. Модернізація транспортно-комунікаційної системи потребує ресурсів не тільки транспортного відомства, а й інших галузей, тобто має статус макроекономічного проекту, реалізація якого залучить значні людські ресурси, вирішуючи принагідно й соціальні проблеми.

У міру інтеграції української економіки у світові та європейські структури, розвитку її галузевої взаємодії зі світовим господарством модернізація сукупної системи транспортно-комунікаційних зв'язків України набуває інтернаціонального значення. Вона стає вже турботою не лише нашої держави, але й інших зацікавлених у транзиті своїх товарів через Україну країн. Зусилля міжнародної кооперації мають спрямовуватися на формування матеріальної бази, яка забезпечує програму модернізації транспортних шляхів, зокрема міжнародних транспортних коридорів, включаючи інфраструктуру, що їх обслуговує. Щодо експлуатації транспортних коридорів, то вона повинна стати стабільним джерелом доходів за рахунок транспортно-тарифних надходжень за транзит територією країни.

Слід мати на увазі, що на статус транзитної держави в різних напрямках претендують також Румунія. Болгарія. Білорусь, Російська Федерація та інші країни регіону. Об'єктивно Україна в цій конкурентній боротьбі має кращі шанси. Але можуть спрацювати й суб'єктивні чинники - політичні міркування, спорадичні кон'юнктурні імпульси неекономічного характеру. І тут важливого значення набувають політична воля керівництва держави та виважена позиція



дипломатичних служб.

Для вирішення проблем, які стримують забезпечення зростаючого за обсягами та якістю попиту на транзитні послуги України необхідні:

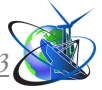
- гармонізація нормативно-правової бази в галузі транспорту з урахуванням європейських норм;
- впровадження ефективної системи державного регулювання й контролю ринку транспортних послуг з метою забезпечення справедливої конкуренції та економічних умов для розширеного відтворення основних фондів у транспортно-дорожньому комплексі;
- введення та запровадження державних стандартів, вимог і соціальних нормативів у сфері транспортного обслуговування;
- забезпечення безпечного функціонування транспортно- дорожнього комплексу та зниження негативного впливу транспорту на навколишнє природне середовище;
- посилення координуючої ролі держави у розвитку транспортної мережі, насамперед міжнародного значення, мультимодальних перевізних і логістичних систем, створенні нової транспортної техніки й технологій, підвищенні ефективності взаємодії між різними видами транспорту;
- створення умов для підвищення конкурентоспроможності національних перевізників та експедиторів на міжнародних і внутрішньому ринках транспортних послуг за рахунок реалізації комплексу заходів державної підтримки українських транспортних підприємств, які здійснюють перевезення зовнішньоторговельних і транзитних вантажів;
- формування й забезпечення ефективного функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів, з'єднання їх в єдину систему транспортної мережі міжнародного значення з подовженням до пунктів зародження та погашення вантажопотоків експортних та імпорتنих вантажів, використання переваг географічного положення України для залучення транзитних вантажопотоків євразійського та інших перспективних напрямків міжнародної торгівлі;
- створення гнучкої системи регулювання транспортних тарифів, яка б враховувала інтереси споживачів транспортних послуг і транспортних організацій;
- створення єдиного інформаційного простору транспортно-дорожнього комплексу на основі впровадження сучасних інформаційних та керуючих систем, розвитку бази інформатики;
- державне стимулювання й підтримку національних виробників транспортної техніки.

Лише за наявності зазначених умов вантажоперевізник обирає серед багатьох можливих варіантів перевезень маршрут конкретного міжнародного транспортного коридору та транзиту.

Таким чином, **можливо зробити наступні основні висновки:**

1. Україна має унікальне географічне положення, яке дає перевагу для реалізації ідеї транспортного хабу.

2. Транспортні хаби, створені в Україні, значно посилять економічну



потужність і роль України в Євразійському регіоні.

3. Існує зацікавленість глобальних інвесторів в реалізації зазначеного проекту в Україні.

4. Посилення взаємодії державного та приватного секторів, органів державної влади та органів місцевого самоврядування, запровадження децентралізації, особливо шляхом скоординованих ініціатив державної політики, може забезпечити міцну основу сталого розвитку транспортної галузі України і створення вільного та конкурентного ринку транспортних послуг.

5. Державна політика у сфері міжнародного транзиту повинна здійснюватись на принципах забезпечення вільного, безпечного і безперешкодного пропуску товарів, пасажирів і транспортних засобів територією України, гарантії прав учасників транзиту, створення належних умов споживачам транзитних послуг.

6. Сучасний розвиток транспортного комплексу країни повинен враховувати не тільки необхідність адаптації до європейських стандартів, технічних умов, принципів управління тощо, але й те, що інновації та високі технології мають вирішальне значення для формування нової, більш ефективної моделі управління розвитком транспортно-дорожнього комплексу України.

Список використаної літератури

1. Перспективи розвитку України як транзитної держави. URL: https://pidruchniki.com/11510513/ekonomika/perspektivi_rozvitku_ukrayini_tranzitn_oyi_derzhavi (дата звернення 28.05.2020).

2. Петренко К. В, Мініч К. С. Оцінювання транзитних можливостей України в світовому економічному просторі. URL: <file:///C:/Users/%D0%A4%D0%B2%D1%8C%D1%88/Downloads/108755-230677-1-SM.pdf> (дата звернення 28.05.2020).

3. Транзитні можливості України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/tmu.html> (дата звернення 29.05.2020).

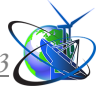
4. Закон України від 20 жовтня 1999 р. №1172- XIV. – №51. с. 446. Про транзит вантажів (із змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення 10.06.2020).

5. Як реанімувати транзитний потенціал України? URL: https://dt.ua/macrolevel/yak-reanimuvati-tranzitniy-potencial-ukrayini-327380_.html (дата звернення 28.05.2020).

6. Перспективи розвитку України як транзитної держави. URL: https://pidruchniki.com/11510513/ekonomika/perspektivi_rozvitku_ukrayini_tranzitn_oyi_derzhavi (дата звернення 28.05.2020).

7. Україна – транспортний хаб, або як наростити потужності зберігання і перевалки зернових до 2030 року? URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/216-ukrayina--transportniy-hab-abo-yak-narostiti-potujnosti-zberigannya-i-perevalki-zernovih-do-2030-roku> (дата звернення 29.05.2020).

8. Транспортна інфраструктура: світло у кінці тунелю. URL: <https://forumkyiv.org/uk/analytics/transportna-infrastruktura:-svitlo-u-kinci-tunelyu> (дата звернення 29.05.2020).



Abstract. *At the present stage of increasing international volumes transit through the territory of Ukraine can become an important factor stabilization and restructuring of its economy. With it should be borne in mind that transit as a type of export of transport services is one of the most effective, and investment in this area of transport activities give a quick return.*

The great future lies in the cooperation of the Middle East and Northern Europe. In the coming decades, the countries of these regions will discover each other. And again, our state will become a transit territory for them.

Ukraine has a huge potential as a transport hub, but the creation of a hub requires a lot of time and money. To create a hub, it is necessary to invest billions of euros in the re-equipment and development of Black Sea ports, to create the cargo fleet needed for transportation, to invest in the development of road and railway infrastructure.

Ukrainian companies can take full advantage of the achievements of European transport hubs, increasing their geography. But, unfortunately, Ukraine as a state continues to lose the pace of development and its potential, thereby losing new jobs, additional income in the state budget, the impact on the Eurasian logistics arena.

That is why the main reasons that hinder the development of cargo transit and prevent Ukraine from becoming a full-fledged transport hub are identified and the main proposals for their solution are provided.

Thus: Ukraine has a unique geographical location, which gives an advantage to implement the idea of a transport hub; transport hubs established in Ukraine will significantly strengthen Ukraine's economic power and role in the Eurasian region, strengthen cooperation between the public and private sectors, public authorities and local governments, and introduce decentralization, especially through coordinated public policy initiatives, can provide a solid basis for sustainable transport development. industry of Ukraine and the creation of a free and competitive market for transport services.

Key words: *transport, development, European integration, transit, problems, public administration, benefits, proposals.*

Стаття надіслана: 10.06.2020 р.

© Фердман Г.П.



УДК 614.2:364.46:331.446.3

INFORMATION TECHNOLOGY OF MONITORING AND EVALUATION OF "PROFESSIONAL HEALTH" OF THE PROFESSIONAL ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ "ПРОФЕСІЙНОГО ЗДОРОВ'Я" ФАХІВЦЯ

Kharkovliuk-Balakina N. V. / Харковлюк-Балакіна Н. В.

с.biol.s. / к.біол.н.

ORCID: 0000-0001-8341-0387

*Dmitry F. Chebotarev Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences
of Ukraine, Kyiv, Vyshgorodska Street, 67, 04114**ДУ "Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України",
Київ, Вишгородська, 67, 04114*

Gorgo Y. P. / Горго Ю. П.

d.biol.s. / д.біол.н.

ORCID: 0000-0002-7353-7162

*National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute",
Kyiv, Peremogy Ave, 37, 03056**Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Пр. Перемоги, 03056*

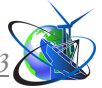
Анотація. Запропонований спосіб інтегральної оцінки працездатності людини з використанням методів інформаційних технологій дозволяє отримати прогностичну оцінку функціонального робочого стану осіб працездатного віку в умовах впливу вікової інволюції та доповнює існуючі наукові дані моніторингу "професійного здоров'я" фахівця, пов'язані з віко-стажевими тенденціями професійного старіння.

Ключові слова: інформаційні технології, моніторинг "професійного здоров'я", спосіб оцінки працездатності фахівця.

Вступ.

Еволюція розвитку науково-технічних досягнень людства максимально наблизила суспільство до впровадження інформативних технологій, однак проблема впливу "людського чинника" не стає менш глобальною та перетинається з багатьма сферами професійної діяльності, у зв'язку з чим особливого значення набуває проблема розробки засобів контролю стану здоров'я персоналу та ефективності реалізації їх професійних навичок.

Вирішення проблеми професійного довголіття базується на вивченні адаптаційних можливостей організму людини. Сучасні дослідження професійної працездатності фахівця перетинаються з науковими проблемами, пов'язаними з оцінкою функціональних робочих станів людини, прогнозуванням ефективності трудової діяльності, інформаційними технологіями адаптивного управління працездатністю та контролю професійного здоров'я осіб працездатного віку. Однак, у контексті пошуку засобів моніторингу та інтегральної оцінки "професійного здоров'я" людини необхідно відзначити проблему обмеженості комплексних методик тестування на тлі відсутності вікових критеріїв оцінки оптимального забезпечення працездатності людини.



Таким чином, актуальність даної роботи обумовлена спектром напрямів фундаментальних здобутків, резюмуючим результатом яких виступає висновок про відсутність єдиного шаблону вікових змін психофізіологічних характеристик та професійних здібностей фахівця.

Основний текст.

В інтегративному варіанті "професійне здоров'я" розглядається як структурний комплекс, що охоплює фізичний, психічний і соціальний статус організму і особистості працівника та відображає здатність людини зберігати високу трудову активність в процесі професійної діяльності. Професійне здоров'я є значущою умовою становлення професіоналізму й професійної компетентності фахівця. Це складний і багатовимірний феномен, який інтегрує численні взаємодії людини з професійним середовищем, займає важливе місце в системі ціннісних орієнтацій професіонала. Отже, можна стверджувати, що "професійне здоров'я" відображає здатність людини до певної професійної діяльності з заданою ефективністю і тривалістю впродовж заданого періоду життя. Наразі, ефективна професійна діяльність висуває до здоров'я фахівців підвищені вимоги, тому здатність працівників старшого віку забезпечувати надійність праці розглядається як показник професіоналізму, а зниження цих параметрів – як одне з потенційних обмежень у діяльності працівника, на тлі збільшення фізіологічної "ціни" забезпечення ефективності праці. Отже, збереження професійної повноцінності у суспільстві працівників старшого віку виступає одним із практичних завдань зовнішнього управління трудовим процесом.

Мет а робот и – реалізація інформаційного підходу до моніторингу та оцінки "професійне здоров'я" фахівця.

Обст еж увані т а мет оди. Інформаційний підхід обґрунтований розвитком сучасних інформаційних технологій, методологія яких дозволяє використовувати усі доступні засоби аналізу та синтезу отриманих даних для усвідомлення та отримання нової інформації про об'єкт дослідження. Запропонована технологія моніторингу та оцінки "професійного здоров'я" фахівця базується на використанні ряду методів, розроблених на базі Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН і МОН України: метод інформаційного-структурного моделювання, метод інфотомування, метод уніфікованого нормування різноякісної інформації, метод побудови узагальнених оцінок [1, 2].

У роботі представлено етапи розробки та реалізації способу інтегральної оцінки працездатності людини при розумових навантаженнях з використанням методів інформаційних технологій, що доводить ефективність їх використання для моніторингу та оцінки "професійного здоров'я" фахівців будь-якої сфери праці. Вибір інформативних показників забезпечення оптимальної працездатності при розумових навантаженнях базувався на результатах досліджень осіб різних видів розумової праці віком 21-74 роки: поперечного (455 осіб) і лонгітудинального – психофізіологічний моніторинг забезпечення професійної працездатності 45 науковців в динаміці досліджень впродовж 10 років [3].



Для вивчення впливу вікової інволюції на загальний фізичний стан обстежуваних використовували фізіологічні показники за методикою визначення функціонального віку та темпу старіння людини, розробленою на базі лабораторії професійно-трудової реабілітації ДУ "Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України" [4].

Результат та їх обговорення. Згідно методології інформаційних технологій, яка ґрунтується на тріаді "дані – інформація – знання" (В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк, С. І. Кіфоренко, В. М. Белов), було побудовано інформаційно-структурну модель оцінки працездатності людини при розумових навантаженнях (рис. 1).

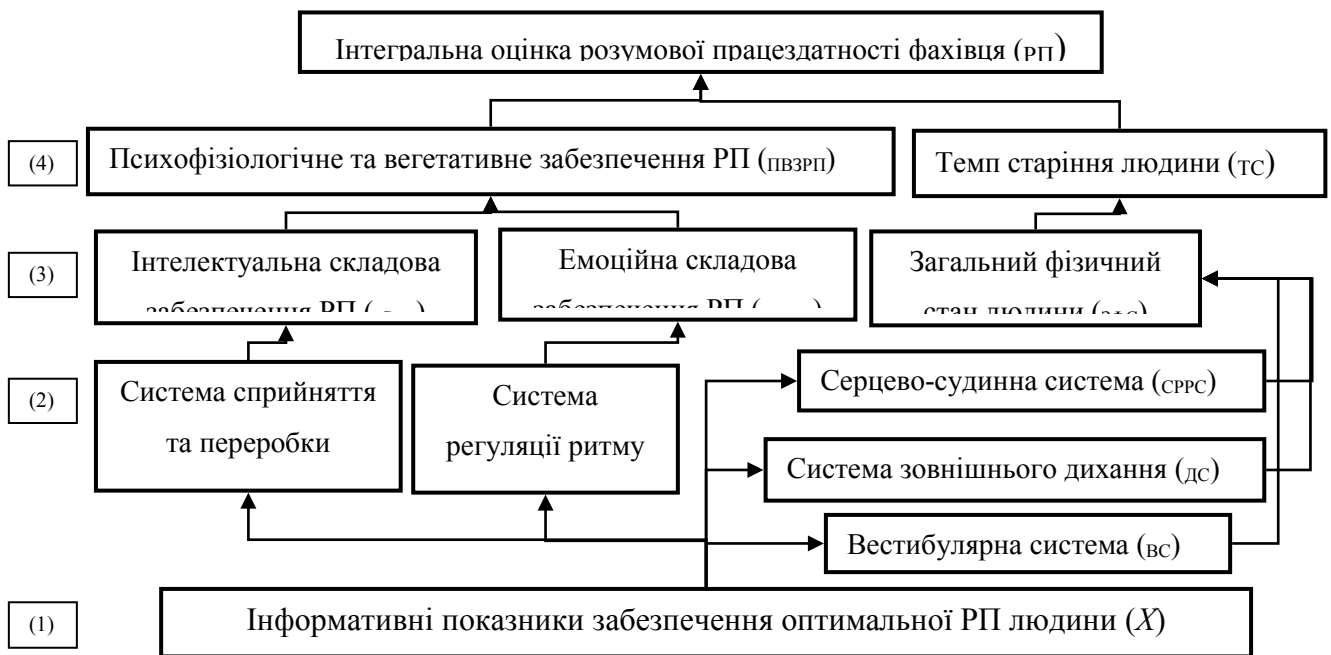
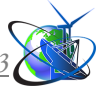


Рис. 1. Інформаційно-структурна модель інтегральної оцінки розумової працездатності фахівця (1, 2, 3, 4 – рівні ієрархії)

Ієрархічний розподіл на чотири рівні, згідно методу інфотомування [1], проводили евристичним шляхом. Інтегральна оцінка РП людини формувалася із оцінок наступних компонентів (рис. 1): психофізіологічне й вегетативне забезпечення РП та темп старіння людини, які відображено на четвертому рівні структури. На третьому рівні відокремлено складові забезпечення оптимальної РП: інтелектуальна й емоційна складова забезпечення РП та загальний фізичний стан людини, які формуються з оцінок поточного стану систем (другий рівень). На першому рівні структури представлено інформативні показники забезпечення оптимальної РП людини (рис. 1).

Вибір корелят психофізіологічного та вегетативного забезпечення РП людини був обґрунтований результатами лонгітудинальних досліджень закордонних авторів (McCraty R., Atkinson M., Tomasino D., Bradley R. T.), що резюмують фундаментальну концепцію узгодженості різних функціональних станів із серцевим ритмом. Таким чином, перший рівень інформаційно-структурної моделі оцінки забезпечення розумової працездатності людини представлено наступними інформативними показниками (рис. 1): ЧСС, хв.-1



(частота серцевих скорочень у спокої); САТ, мм рт. ст. (систолический артеріальний тиск); ДАТ, мм рт. ст. (діастолічний артеріальний тиск); ЖЄЛ, л (життєва ємність легенів); ЗДвд, с (тривалість затримки дихання на вдиху); ЗДвид, с (тривалість затримки дихання на видиху); СБ, с (статичне балансування); ТТ, кількість рухів (загальна кількість рухів кісті за 30 с при проведенні тепінг-тесту, за яким оцінюється витривалість нервової системи); ОКЗП, % (обсяг короткочасної зорової пам'яті – кількість відтворених цифр із таблиці з дванадцятьма випадковими числами від 11 до 99, які протягом 30 с необхідно запам'ятати, переведена у відсотки); СЧ, с (помилка сприйняття часового інтервалу 30 с); ОКСП, % (обсяг короткочасної слухової пам'яті – кількість цифр, відтворених у зворотному порядку, із дев'яти запропонованих символів при вербальному завданні, переведені у відсотки); Ne, % (надійність уваги – розраховується як результат співвідношення кількості правильно виконаних завдань на увагу до загальної кількості завдань, помножений на 100 %); RRNN, мс (середня тривалість кардіоінтервалів); SDNN, мс (середнє квадратичне відхилення кардіоінтервалів).

Реалізація способу інтегральної оцінки працездатності фахівця при розумових навантаженнях ґрунтується на наступних методичних прийомах: уніфікація різноякісної інформації та синтез узагальнених оцінок (рис. 2).

Усі інформативні показники (X), представлені на першому рівні інформаційно-структурної моделі (рис. 1), що мають різні розмірності, необхідно перевести у інформаційні. Відповідно, їх було уніфіковано, тобто переведено у відносні ($X_{\text{відн}}$) та представлено у єдиному діапазоні змін $0 \leq X_{\text{відн}} \leq 1$ за віковою нормою (табл. 1).

Визначення граничних меж діапазону вікової норми ($X_{\text{max}}^n, X_{\text{min}}^n$) й повного діапазону змін ($X_{\text{max}}, X_{\text{min}}$) кожного фізіологічного показника (X) та значень вагових коефіцієнтів для різних вікових груп (табл. 2) було проведено експертним шляхом за аналізом результатів проведеної психофізіологічної діагностики професійної працездатності осіб різного віку та за даними літератури.

У підсумку отримується інтегральна оцінка розумової працездатності фахівця ($\Delta_{\text{рп}}$), розрахована відповідно до вікової групи обстежуваного, яка ґрунтується на фізіолого-вікових змінах функціонування організму при розумових навантаженнях та відображає "професійне здоров'я" фахівця за наступними функціональними станами – нормальний ("вікова норма" та "допустиме відхилення від вікової норми"), граничний ("критичне відхилення від вікової норми") та патологічний ("донозологічний стан") (рис. 2).

На рисунку 3 представлено алгоритм оптимізації трудової діяльності працівників різного віку при розумових навантаженнях, який орієнтований на системне вирішення проблеми зберігання трудової активності працівників, зокрема осіб пенсійного віку.

Діапазон значень інтегральної оцінки "критичне відхилення від вікової норми" ($0,15 < \Delta_{\text{рп}} \leq 0,69$) вказує на збільшення фізіологічної "ціни" виконуваної роботи, що потребує застосування засобів відновлення працездатності.



Діапазон значень інтегральної оцінки "донозологічний стан" ($0,69 < \Delta_{RP} \leq 1$) умовно відображає перенапруження адаптаційних механізмів, вказує на ризик виникнення деструктивних (патологічних) функціональних станів організму людини та обґрунтовує застосування професійно-трудової реабілітації.

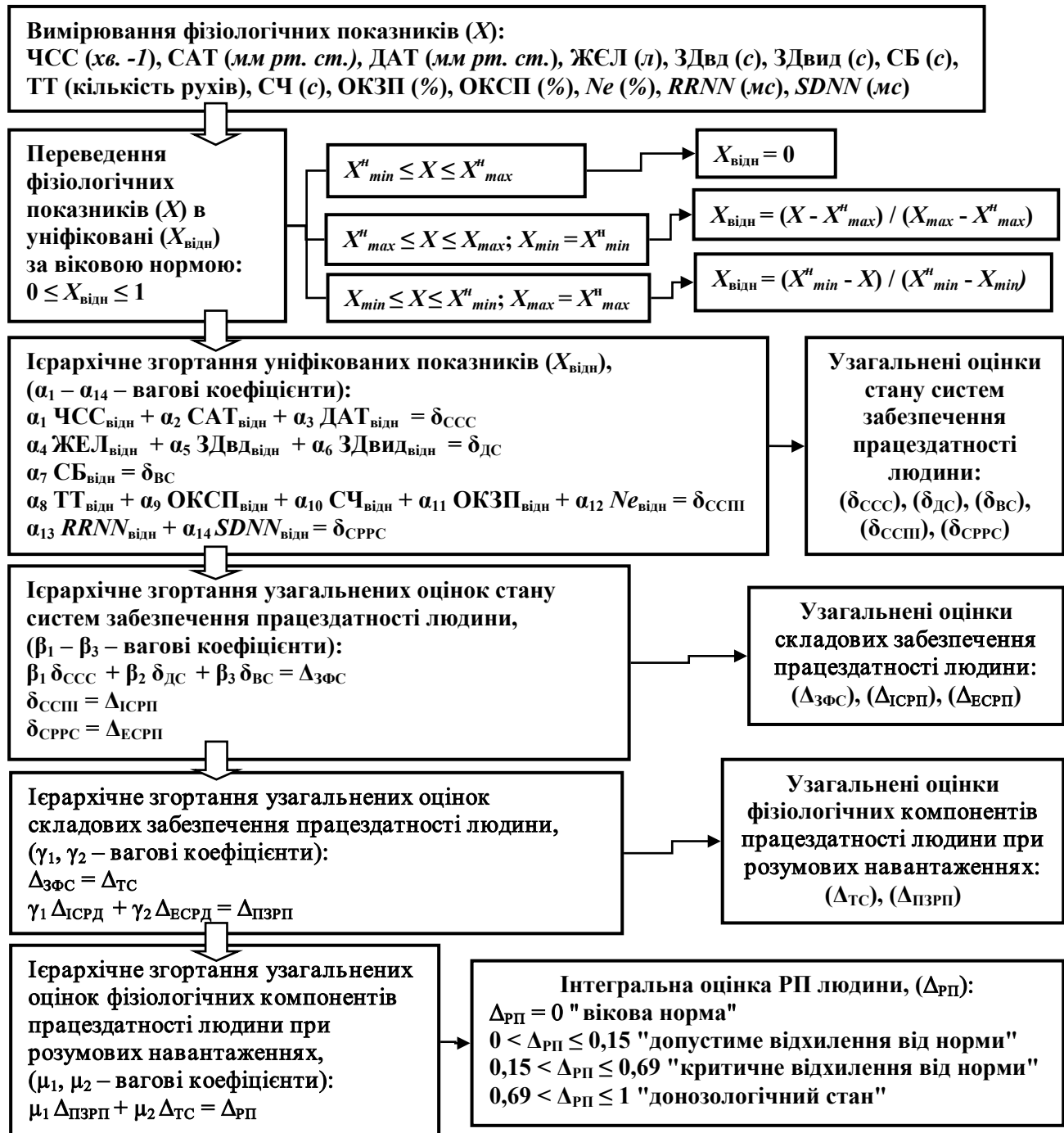


Рис. 2. Схема реалізації способу інтегральної оцінки працездатності фахівця при розумових навантаженнях



Висновки. Принципові відмінності запропонованого у роботі інформаційного підходу полягають у застосуванні інформаційних технологій для моніторингу та оцінки "професійного здоров'я" фахівця. Розроблений спосіб інтегральної оцінки працездатності фахівця при розумових навантаженнях дозволив отримати вікові критерії його професійного здоров'я. Впровадження результатів роботи надає можливості обґрунтування своєчасного застосування засобів корекції працездатності (засобів відновлення або професійно-трудової реабілітації) та попередження виникнення деструктивних функціональних станів, зокрема у працівників пенсійного віку.

Таблиця 1

Граничні межі діапазону вікової норми ($X^{\text{н}}_{\text{max}}$, $X^{\text{н}}_{\text{min}}$) й повного діапазону змін (X_{max} , X_{min}) фізіологічних параметрів (X) інтегральної оцінки розумової працездатності людини для чоловіків (ч) та жінок (ж) різних вікових груп

Фізіологічний показник, X	Повний діапазон змін		Перший період зрілого віку: 22–35 (ч), 21–35 (ж) років		Другий період зрілого віку: 36–60 (ч), 36–55 (ж) років		Літній вік: 61–74 (ч), 56–74 (ж) років	
	X_{min}	X_{max}	$X^{\text{н}}_{\text{min}}$	$X^{\text{н}}_{\text{max}}$	$X^{\text{н}}_{\text{min}}$	$X^{\text{н}}_{\text{max}}$	$X^{\text{н}}_{\text{min}}$	$X^{\text{н}}_{\text{max}}$
ЧСС, хв. $^{-1}$	12	290	50	85	55	90	55	95
САТ, мм рт. ст.	51	292	90	130	95	140	95	135
ДАТ, мм рт. ст.	30	170	60	80	65	90	60	85
ЖЄЛ, л (ч)	0,5	7,0	3,3	7	2,8	7	1,8	7
ЖЄЛ, л (ж)	0,5	7,0	2,7	7	2,2	7	1,6	7
ЗДвд, с (ч)	15	180	85	180	58	180	32	180
ЗДвд, с (ж)	15	180	55	180	38	180	22	180
ЗДвид, с (ч)	5	100	55	100	38	100	18	100
ЗДвид, с (ж)	5	100	45	100	28	100	16	100
СБ, с (ч)	1	180	58	180	30	180	15	180
СБ, с (ж)	1	180	38	180	28	180	10	180
ТТ, кільк. рухів	30	220	180	220	160	220	120	220
ОКСП, %	0	100	83	100	67	100	50	100
СЧ, с	0	60	0	5	0	8	0	10
ОКЗП, %	0	100	83	100	58	100	33	100
Ne , %	0	100	95	100	85	100	80	100
$RRNN$, мс	100	1200	500	700	400	750	350	800
$SDNN$, мс	10	150	55	90	45	85	35	80



Таблиця 2

Значення вагових коефіцієнтів (ВК) для уніфікованих показників ($X_{\text{відн}}$) та узагальнених оцінок (δ , Δ) при розрахунку інтегральної оцінки розумової працездатності у чоловіків (ч) та жінок (ж) різних вікових груп

Уніфіковані показники ($X_{\text{відн}}$) та узагальнені оцінки (δ , Δ)	ВК	Перший період зрілого віку: 22–35 (ч), 21–35 (ж) років	Другий період зрілого віку: 36–60 (ч), 36–55 (ж) років	Літній вік: 61–74 (ч), 56–74 (ж) років
$\text{ЧСС}_{\text{відн}}$	α_1	0,20	0,23	0,30
$\text{САТ}_{\text{відн}}$	α_2	0,43	0,43	0,33
$\text{ДАТ}_{\text{відн}}$	α_3	0,37	0,33	0,37
$\text{ЖЄЛ}_{\text{відн ч}}$	α_4	0,29	0,15	0,17
$\text{ЖЄЛ}_{\text{відн ж}}$	α_4	0,22	0,20	0,25
$\text{ЗДВД}_{\text{відн ч}}$	α_5	0,34	0,38	0,44
$\text{ЗДВД}_{\text{відн ж}}$	α_5	0,41	0,39	0,41
$\text{ЗДВИД}_{\text{відн ч}}$	α_6	0,37	0,46	0,40
$\text{ЗДВИД}_{\text{відн ж}}$	α_6	0,38	0,42	0,35
$\text{СБ}_{\text{відн ч}}$	α_7	0,28	0,34	0,38
$\text{СБ}_{\text{відн ж}}$	α_7	0,32	0,34	0,34
$\text{ТТ}_{\text{відн}}$	α_8	0,36	0,34	0,26
$\text{ОКСП}_{\text{відн}}$	α_9	0,23	0,20	0,24
$\text{СЧ}_{\text{відн}}$	α_{10}	0,08	0,09	0,10
$\text{ОКЗП}_{\text{відн}}$	α_{11}	0,19	0,22	0,24
$\text{Ne}_{\text{відн}}$	α_{12}	0,15	0,15	0,15
$\text{RRNN}_{\text{відн}}$	α_{13}	0,24	0,30	0,31
$\text{SDNN}_{\text{відн}}$	α_{14}	0,47	0,33	0,26
$\delta_{\text{ССС}}$	β_1	0,60	0,60	0,60
$\delta_{\text{ДС}}$	β_2	0,25	0,25	0,25
$\delta_{\text{ВС}}$	β_3	0,15	0,15	0,15
$\Delta_{\text{ІСРД}}$	γ_1	0,65	0,65	0,65
$\Delta_{\text{ЕСРД}}$	γ_2	0,35	0,35	0,35
$\Delta_{\text{ПЗРП}}$	μ_1	0,70	0,70	0,70
$\Delta_{\text{ТС}}$	μ_2	0,30	0,30	0,30

Література:

1. Гриценко В. І., Котова А. Б., Вовк М. І. та ін. Інформаційні технології в біології та медицині: Курс лекцій. – К.: Наук. думка, 2007. – 382 с.
2. Рогозинская Н. С., Козак Л. М. Информационная технология исследования состояния здоровья населения региона // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 6. – С. 59 – 67.
3. Харковлюк-Балакіна Н. В. Інформаційна оцінка та корекція забезпечення розумової працездатності людини в умовах впливу вікової інволюції / Н. В. Харковлюк-Балакіна, Ю. П. Горго // Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 4. – С. 69 – 75.
4. Решетюк А. Л., Поляков А. А., Коробейніков Г. В. та ін. Спосіб визначення функціонального віку організму людини // Патент № 14734, Україна, МПК А61 В5/02/. Інститут геронтології АМН України.

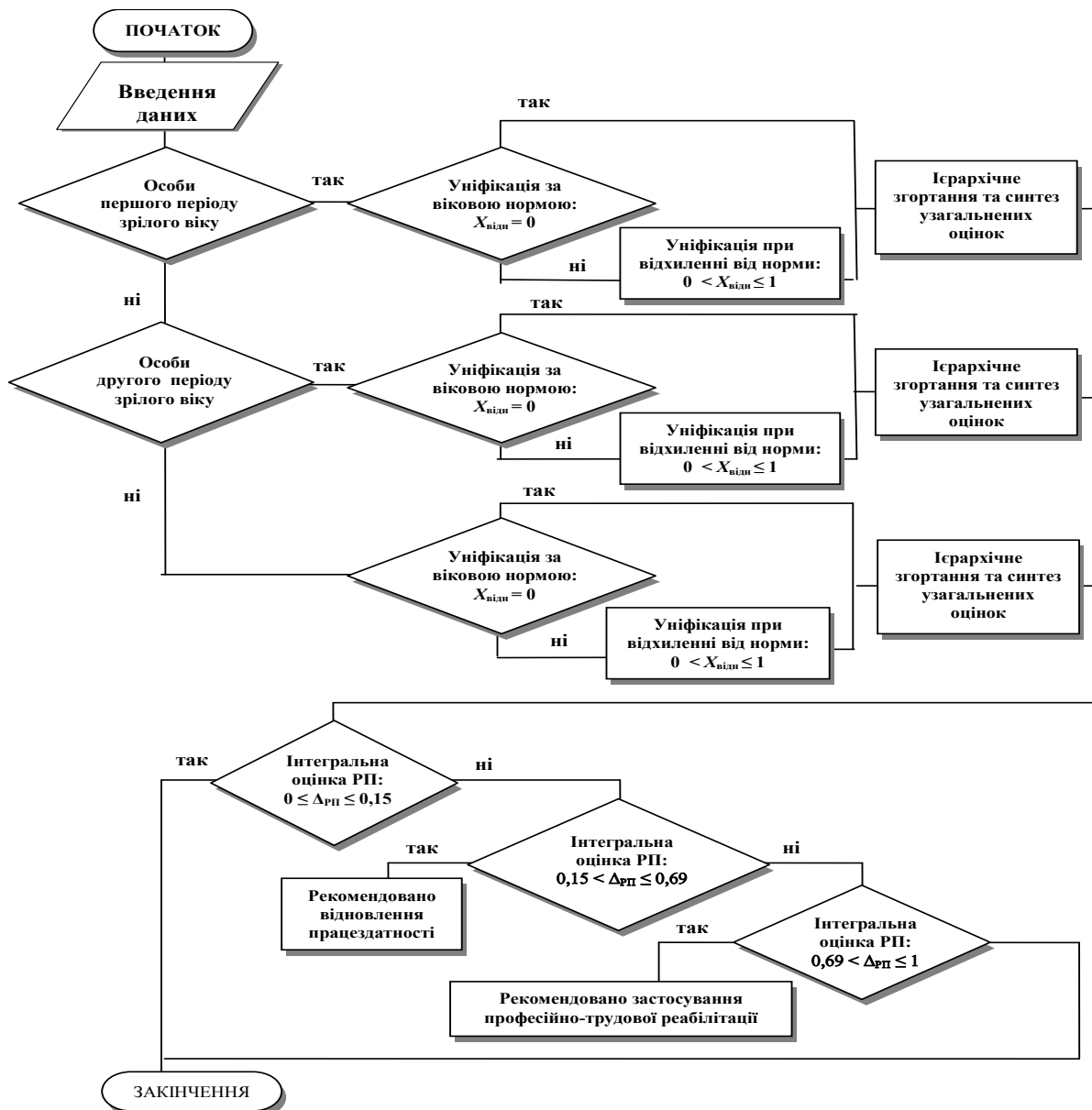


Рис. 3. Алгоритм оптимізації трудової діяльності працівників різного віку при розумових навантаженнях

Abstract. The proposed method of integrated assessment of human performance using information technology methods allows to obtain a prognostic assessment of the functional working condition of persons of working age under the influence of age involution and complements the existing scientific data of monitoring "occupational health" related to age-related trends of professional aging.

Key words: health control, information technologies, "occupational health" monitoring, method of assessing the efficiency of a specialist.

Стаття відправлена: 12.06.2020 р.
© Харковлюк-Балакіна Н. В.



УДК 004

**MANUFACTURING MANAGEMENT METHODS AT THE EXPENSE OF
USING BAT ALGORITHM****ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ КАЖАНІВ****Hrybkov S.V. / Грибков С.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2552-2839

Seidykh O.L. / Сєдих О.Л.*senior lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0003-4590-2019

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Анотація. Робота присвячена вдосконаленню системи управління харчовим виробництвом на прикладі молокозаводу з використання сучасних алгоритмів та інформаційних технологій. У роботі розглянуто багатокритеріальну задачу управління виробництвом та запропоновано розв'язання задачі планування виконання замовлень як багатокритеріальної задачі прийняття рішень на основі мета-евристичних алгоритмів. В роботі розглядаються модифікації алгоритму та їх застосування.

Ключові слова: алгоритм, молокозавод, алгоритм кажанів.

Вступ.

Управління підприємством харчової промисловості в сучасних умовах невизначеності і швидких змінах в бізнес-середовищі повинно бути направлено на раціонально організований процес виготовлення продукції згідно потоку замовлень.

Складність процесу прийняття рішення при управлінні виробництвом пов'язано з оптимальним виконанням замовлень, що полягає у необхідності повністю забезпечити потреби замовників, при цьому раціонально використати наявні виробничі потужності та сировинні ресурси, обов'язково забезпечивши виготовлення продукції у задані терміни та у повному обсязі.

Головною особливістю молокозаводів є динаміка надходження сировини, що спонукає весь час коригувати виробничі плани, змінні завдання. Виходячи з вище зазначеного, актуальною задачею є удосконалення методів управління за рахунок сучасних метаевристичних алгоритмів, які дозволяють за короткий час вирішувати більшість задач управління складними ієрархічними системами та технологічними комплексами.

Основний текст.

Автори роботи [1] запропонували для розв'язання задач управління виробництвом харчового підприємства інформаційну технологію, що основана на комбінуванні алгоритмів мурашиної колонії, сірих вовків та генетичного. Робота [2] направлена на застосування методу мурашиної колонії для розв'язання задачі планування виконання договорів. Робота [3] направлена на дослідження теоретичних підходів планування виробничих процесів, а також виділено чинники, що негативно впливають на процес планування з використанням методів оптимізації.



В роботі взято за основу математичні моделі представлені в роботах [1-2], а також враховуються чинники зазначені в роботі [3].

Для розв'язання багатокритеріальної задачі, як правило, використовується метод Парето. Ефективність за Парето – це такий стан системи, при якому будь-яке покращення одного з критеріїв не може бути виконано без погіршення інших показників. За словами Парето: будь-яка зміна, яка не погіршує жодний з показників та поліпшує хоча б один, є покращенням.

Ефективність за Парето, з математичної точки зору, сформульовано наступним чином: вектор розв'язків $\bar{x} \in S$ називається ефективним за Парето, якщо не існує такого $\bar{x}' \in S$, при якому $f_i(\bar{x}') \leq f_i(\bar{x})$ для кожного $i = 1, 2, \dots, k$ і при цьому $f_i(\bar{x}') < f_i(\bar{x})$ для хоча б одного i , де k – кількість функцій оптимізації. Множина ефективних розв'язків за Парето позначається $P(S)$ – також називається Парето-фронтом.

Множина станів системи, які є оптимальними за Парето, називаються множиною Парето або компромісні стани. Критерій Парето часто застосовується в економічній сфері, адже є центральним поняттям при розв'язанні економічних задач. Ефективність за Парето визначається трьома правилами:

1. Критерій оптимальності не є загальний сумарний прибуток за усіма критеріями, а максимальна корисність для кожного суб'єкту з його наявними ресурсами.
2. Необхідною умовою досягнення оптимальності є забезпечення рівноваги, тобто досягнення такого стану системи за якого відхилення будь-якого з показників викликає погіршення користі хоча б одного з суб'єктів.
3. Покращення одного з критеріїв не повинно викликати погіршення хоча б одного іншого критерію.

Використання методу Парето не завжди можливо застосувати, якщо задача передбачає необхідність здійснення урахування різних критеріїв вибору, або не можливо звести усі критерії до узагальнюючого.

Враховуючи вище зазначене запропоновано застосування алгоритму кажанів та його модифікації.

До особливостей поведінки кажанів під час полювання відносять спроможності активно збирати інформацію і дуже швидко приймати рішення. Для орієнтації в просторі кажани використовують ехолокацію - вони випускають ультразвук, який досягає жертви і відбивається назад. Більшість видів кажанів володіє досконалими засобами ехолокації, які використовуються ними для виявлення здобичі і перешкод, а також для забезпечення можливості розміститися на поверхні в темряві [4].

Завдяки ехолокації кажан визначає розташування жертви та здійснює напад. Кажан приймає рішення про свої дії у просторі дуже швидко на основі отриманої інформації із зовнішнього середовища. Така здатність є результатом процесу еволюції.

Однією з основних переваг алгоритму кажанів є швидкість виконання і



потенційно більша потужність, ніж в алгоритмі рою частинок. Алгоритм може здатися складнішим, ніж більшість інших алгоритмів ройового інтелекту, проте він може бути досить ефективно застосований до задач оптимізації та забезпечити пошук оптимальних результатів, витрачаючи меншу кількість часу.

Алгоритм кажанів дотримується наступних правил:

- усі кажани використовують ехолокацію, щоб аналізувати відстань, а також відрізнити їжу та природні перешкоди;
- кажани переміщуються випадковим чином зі швидкістю v_i в позиції x_i з фіксованою частотою f_{min} , змінною довжиною хвилі λ і гучністю A_0 , щоб знайти здобич;
- кажани можуть автоматично регулювати довжину хвилі (або частоту, оскільки частота = $1/\text{довжина хвилі}$), випускання імпульсу і швидкість імпульсу r_i $[0,1]$, що залежать від відстані до певного об'єкту або здобичі;
- показник гучності змінюється від більшого A_0 до меншого постійного значення A_{min} .

Враховуючи, що швидкість звуку в повітрі приблизно дорівнює 300 м/с, довжина хвилі для звуку з постійною частотою визначається формулою (1).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

Кажани використовують затримку від випромінювання сигналу до виявлення відлуння, різницю в часі виявлення відлуння в двох вухах для того, щоб побудувати тривимірну модель оточуючого простору. Використовуючи побудовану модель, вони виявляють відстань до оточуючих предметів, відстань до цілі, тип здобичі, швидкість її руху. При цьому вони використовують ефект Допплера, який полягає у зміні частот і довжини хвилі випромінювання через рух джерела випромінювання хвилі [австрійського фізика Крістіана Допплера]. Якщо джерело хвиль рухається в середовищі і при цьому випромінює хвилі, то відстань між хвилями залежить від швидкості та напрямку руху джерела і приймача. Якщо джерело рухається в напрямку до приймача, тобто наздоганяє хвилі, то довжина хвилі зменшується, і навпаки – якщо рухається в напрямку протилежному джерелу, то довжина збільшується за формулою (2).

$$\lambda = \frac{2\pi(c-v)}{w_0} \quad (2)$$

де w_0 – кутова частота хвилі;

c – швидкість поширення хвиль в середовищі;

v – швидкість джерела звуку відносно середовища (зі знаком «+», якщо джерело наближується до приймача і зі знаком «-», якщо віддаляється).

Для роботи алгоритму використовуються наступні значення:

- частоти хвилі лежать у діапазоні $[f_{min}; f_{max}]$;
- відповідають діапазону довжин хвиль $[\lambda_{min}; \lambda_{max}]$.



Опишемо рух кажанів деякими формулами, що необхідні алгоритму

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\beta \quad (3)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \quad (4)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (5)$$

де $\beta \in [0,1]$ – випадкова величина;

x_* – найкращий поточний розв'язок.

На кожній ітерації алгоритму відбувається оновлення амплітуди імпульсу і його емісія. Коли кажан наближається до цілі, гучність його імпульсів зменшується (30), а частота імпульсів збільшується (31).

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (6)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \frac{1}{e^{\gamma t}}] \quad (7)$$

де α та γ константи.

Складність такого алгоритму напряму залежить від кількості осіб в зграї, що використовується в алгоритмі, кількості екстремумів та розмірності задачі.

У додатку Е наведено псевдокод класичного алгоритму кажанів.

Алгоритм хаотичного кажана (chaotic bat algorithm CBA) використовує у своїй основі теорію хаоса з використанням кусково-хаотичних карт. Хаотичні системи є дуже поширеними в природних та соціальних системах, що мають складну, випадкову та точну характеристику. Хаотичний рух - це дуже нестабільний рух у детермінованій системі, обмежений простором кінцевих фаз. Хаос - це форма аперіодичного руху, яка є унікальною та загальною у нелінійних системах. На основі результатів роботи [5] для застосування алгоритму хаотичного кажана запропоновано початкового значення 0.7, адже воно забезпечує швидкість знаходження оптимального рішення.

Алгоритм кажана на основі коефіцієнта скорочення shrink factor bat algorithm (SBA) використовується для уникнення попадання у локальний оптимум, що може сприяти уникненню знаходження глобального оптимуму. Для уникнення такої проблеми, пропонується використовувати коефіцієнт скорочення, який забезпечить різноманітність популяції та підвищить ефективність пошуку оптимуму. Для застосування такого підходу формула (6) перетворюється на формулу (8).

$$V_i^t = V_i^{t-1} + (x_i^{t-1} - x_*)f_i * k \quad (8)$$

$$k = \frac{2}{|2 - d - \sqrt{d - 4d}|}$$

де d – константа, що підбирається в залежності від експерименту.

Проведено порівняння наступних наведених алгоритмів. У зв'язку з тим, що автори не можуть розголошувати комерційну інформацію, а саме відомості про асортимент та обсяги продукції в замовленні, терміни виконання замовлень, закупівельні ціни на сировину, собівартість продукції тощо,



ефективність інформаційної технології запропоновано оцінити на основі наступних показників: час пошуку оптимального розкладу; ефективність знайденого плану (визначається як відхилення від оцінки фактичного плану за цільовою функцією); скорочення часу виконання замовлень (розраховується як різниця між фактичним та запропонованим планом).

Необхідно відмітити, що час пошуку оптимального плану залежить від характеристик комп'ютерної техніки. Провівши тестування на різних комп'ютерах є можливість стверджувати, що за необхідності зменшення часу виконання в 3 рази та більше, доцільно застосовувати техніку з наступними або подібними параметрами Intel Core i9-9900X (3.5 - 4.4 ГГц) / RAM 32 ГБ / SSD 1 ТБ. Час пошуку визначався від початку старту алгоритму до отримання результату.

Найефективнішими алгоритмами виявилися алгоритм кажана на основі стратегії пошуку польотів кажана на основі коефіцієнта скорочення.

Висновки.

За результатами порівняння розглянутих алгоритмів пропонується використання алгоритму кажана на основі коефіцієнта скорочення. Алгоритм кажана на основі коефіцієнта скорочення підтверджує свою ефективність в якості методів випадкового пошуку. До недоліків даного методу варто віднести велике число вільних параметрів від значення яких часто залежить результат, з іншого боку, відсутні підстави для вибору цих значень. Розглянуті методи увійдуть як окремий модуль до СППР для управління виробництвом харчовим підприємством.

Література:

1. Грибков С.В. Розробка інформаційної технології планування виконання замовлень для харчового підприємства / С.В. Грибков, О.В. Харкянен, В.О. Овчарук, І.В. Овчарук // Східно-європейській журнал передових технологій, 2020. - V 1, № 3 (103) - С. 62-73. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2020.195455
2. Грибков С.В. Web-орієнтована система підтримки прийняття рішень при плануванні виконання договорів / С.В. Грибков, Г.В. Олійник, В.А. Литвинов // Східно-європейській журнал передових технологій, 2018. - V 3, № 2 (93) - С. 13-24. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2018.132604
3. Suganthi Jeyasingh. Modified Bat Algorithm for Feature Selection with the Wisconsin Diagnosis Breast Cancer (WDBC) Dataset [Електронний ресурс] / Suganthi Jeyasingh, Malathi Veluchamy // Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5555532/>.

Abstract. The work is devoted to the improvement of the food production management system on the example of a dairy plant using modern algorithms and information technologies. The paper considers the multicriteria problem of production management and proposes the solution of the problem of planning the execution of orders as a multicriteria problem of decision making based on meta-heuristic algorithms. Modifications of the algorithm and their application are considered in the work.

The analysis of literary sources is carried out. The mathematical model proposed by the



authors in previous works is highlighted. The Pareto approach is considered, and its anecdotes are highlighted. The algorithm and its modifications are investigated. A study on the application of the bat algorithm and its modifications was conducted. Based on the results of comparison of the considered algorithms, the use of the bat algorithm based on the reduction factor is proposed. The bat's algorithm based on the reduction factor proves its effectiveness as a random search method.

The disadvantages of this method include a large number of free parameters, the value of which often depends on the result, on the other hand, there is no reason to choose these values. The considered methods will be included as a separate module in DSS for food production management of the enterprise

Key words: algorithm, dairy plant, bat algorithm.

Статья отправлена: 10.06.2020 г.

© Грибков С.В., Седих О.Л.



УДК 004.056.53

TARGET ADAPTATION OF INFORMATION PROTECTION SYSTEMS
ЦЕЛЕВАЯ АДАПТАЦИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**Arkhipov A.E. /Архипов А.Е.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-6832-2223

Arkhipova S.A. /Архипова С. А.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-3116-0731

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Victory Avenue, 37, 03192**Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского,**проспект Победы, 37, 03192*

Аннотация. Рассмотрено применение адаптивного подхода к построению системы защиты информации организации, суть которого в использовании для управления информационной безопасностью организации сведений об особенностях и характере поведения сторон-участников конфликтной ситуации «атака / защита», возникающий при реализации атакующей стороной угроз относительно организации-владельца информационного ресурса. Обобщение и «упаковка» указанных сведений реализуется в форме математических моделей – рефлексивных рисков, структура и количество которых определяются выделенными типовыми сценариями развития ситуации «атака / защита». Анализ и исследование моделей дает оценочную информацию, позволяющую сбалансировать финансово-экономические возможности организации с ее требованиями и возможностями в сфере защиты информации, обеспечивая эффективное и рациональное инвестирование в СЗИ организации.

Ключевые слова: целевая адаптация, система защиты информации, инциденты, атака, ущерб, модели риска, рефлексивные риски.

Вступление.

Практически любая идеология построения системы защиты информации (СЗИ) содержит в себе элементы адаптивного подхода, суть которого – организация защитных сервисов (функций) СЗИ в соответствии с перечнем существующих угроз информации. Успешная СЗИ гарантирует полноту и своевременность адаптации своего функционала защиты к возможным внешним и внутренним угрозам.

В своем развитии проблема адаптации СЗИ прошла несколько стадий. Самую первую можно назвать *стадией естественной адаптации*. Суть ее в том, что для задач, связанных с транспортировкой и обработкой информации, характерен достаточно высокий уровень типизации и стандартизации предлагаемых решений, реализуемых на базе унифицированного программного и технического обеспечения, входящего в состав информационно-коммуникационных систем (ИКС). Анализ инцидентов, фиксируемых в ходе эксплуатации этих ИКС, дает возможность выявить характерные уязвимости в их компонентах, позволяющие организовывать и успешно проводить атаки, наносящие ущерб циркулирующей в ИКС информации. Исследование и обобщение способов предотвращения этих атак привело к построению устойчивых шаблонов типовых защитных мероприятий (профилей защиты). В СЗИ, построенной в соответствии с найденным профилем, реализуется принцип



полного перекрытия угроз. Успешность его применения основывается на результатах ретроспективного анализа произошедших ранее инцидентов, предполагая неизменность используемых технологий, задействованных в них программно-технических средств, условий функционирования ИКС. Однако для современного темпа развития информационных технологий построение СЗИ с использованием результатов только ретроспективного учета известных типовых угроз является явно недостаточным. Необходимы обнаружение и анализ появляющихся новых угроз неизвестного происхождения, например, путем мониторинга поведенческих аномалий сред функционирования ИКС, использования песочниц, ловушек, других возможных средств и способов выявления атак. В целом составление максимально полного перечня уязвимостей ИКС требует проведение очень детального, кропотливого, длительного и трудоемкого анализа. При этом совершенно не очевидна практическая возможность своевременного реагирования на весь полученный объем сведений в формате построения реальной системы защиты по схеме с полным перекрытием (назовем попытку реализации подобной ситуации *стадией асимптотической адаптации*). Ясно лишь, что любая попытка создания такой СЗИ влечет непомерно большие инвестиции в ее разработку и построение.

Следующим шагом в применении адаптивного подхода к построению СЗИ является *рискоринтированная адаптация* процедуры формирования структуры и состава СЗИ, состоящая в сокращении множества «перекрываемых» угроз за счет выявления группы так называемых актуальных угроз. Выделение последних осуществляется путем анализа частных рисков, каждый из которых является результатом успешной реализации той или иной угрозы. Но на практике фактически используется способ усечения списка возможных уязвимостей путем исключения из него неэффективных атак. Критерием недостаточной эффективности атаки является пренебрежимо малый уровень порождаемого ею значения частного риска, возникающего при нарушении нормального режима работы организации, функционирование которой обеспечивается рассматриваемой ИКС. В итоге происходит ограничение перечня эффективных атак, а в списке актуальных угроз остаются лишь те, для которых суммарные риски не исключенных атак оказались выше некоторого минимального порогового значения. Однако эта достаточно привлекательная на первый взгляд идея требует для своего практического применения наличия первоначального максимально полного перечня уязвимостей ИКС. При этом субъективный характер селекции эффективных атак, и в первую очередь, доминирующее стремление не пропустить опасную атаку, ведет к формированию их расширенного перечня, в итоге – опять к необоснованному росту объема инвестиций в СЗИ [1, 2].

По-видимому практика подобного экстенсивного роста инвестиций может быть прервана возможным введением некоторого предельного уровня их объема. Особо **актуальной** в сложившейся ситуации представляется необходимость объективного (доказательного?) задания этого предельного объема инвестиций. Попытка решения подобной задачи была предпринята в



[3], однако полученный результат, базирующийся на введении ряда формальных условий, практически исключает свою привязку к какой-либо конкретной ситуации «атака/защита», к особенностям и свойствам реальной организации, к параметрам и функциям создаваемой СЗИ.

Цель исследования: построение СЗИ, с *целевой адаптацией* к потенциалам атакующей и защищаемой стороны.

Основной текст.

Под *атакующей стороной* понимается любая сущность (хакер, вредоносный код, внутренний злоумышленник и т.п.), действия которой ведут к причинению вреда информации, циркулирующей в ИКС, что в конечном итоге сказывается на состоянии и стоимости активов организации- владельца ИКС.

Под *потенциалом атакующей стороны* обычно [4]. понимается комплекс следующих факторов: компетентность и уровень мотивации атакующего (при антропогенном характере атаки), ресурсное обеспечение, способствующее успешному осуществлению атаки. Возможность учета названных факторов рассмотрена в [5], где, в зависимости от наличия и выраженности этих факторов, вербально описаны модели типовых сценариев поведения атакующей стороны для следующего набора ролей:

1. *Скрипт кидди* - неопытный одиночка, не имеющий существенной подготовки и знаний, использующий для атаки скрипты или программы, разработанные другими, не понимающий механизма их действия, неспособный к креативу, самостоятельным эффективным атакующим решениям, с достаточно скромными ресурсными возможностями; обычно его не волнуют финансовые или политические соображения, он действует из спортивного интереса, стремясь породить хаос, отказ либо нарушение сервисов. По оценке А.В.Лукацкого [6], скрипт кидди составляют до 95% от общего числа злоумышленников, атакующих информационные и компьютерные системы, т.е. это наиболее распространенный тип нарушителя, необходимость защиты от которого является первоочередной задачей, решаемой при построении СЗИ.

Следует отметить, что «под крышу» скрипт кидди можно подвести различные вредоносные коды (вирусы, черви, пр.), за исключением вредоносов нулевого дня.

2. *Самозанятый профессионал*, для которого экономически мотивированный хакинг – основной вид самостоятельной деятельности.

3. *Профессионал-исполнитель* - хакер, выполняющий работы в рамках определенных договорных обязательств (например, в интересах силовых структур или спецслужб).

4. *Хактивист* - идейный хакер («кибер-активист»), стремящийся перенести в киберпространство продвижение политических либо социальных идей (нередко достаточно сомнительного характера), организующий акции гражданского «электронного» неповиновения в киберпространстве, старающийся привлечь внимание власти и общественности (иногда в довольно жесткой форме) к тем или иным вопросам и проблемам современного общества путем синтеза социальной активности и хакерства.

В статье [1] этим типовым вербальным моделям-сценариям в соответствии



поставлены математические модели рисков, которым защищающаяся сторона подвергается при возможной реализации выбранного сценария. Эти модели отражают основные особенности и свойства каждого из введенных выше типовых сценариев атаки, в связи с чем они получили название моделей рефлексивных рисков (от лат. *reflexus* – отображение, отражение).

Успех действий атакующей стороны зависит и от *потенциала защиты*, определяемого в первую очередь объемом инвестиций c в СЗИ, уровнем s информационной зрелости защищающейся стороны, а также интегральной характеристикой важности защищаемых информационных ресурсов организации, часто также называемой стоимостью или ценностью информационных ресурсов. В качестве этой интегральной характеристики примем q – полные (максимальные) потери защищающейся стороны в случае успешного завершения направленных против нее атакующих действий.

Анализ рефлексивных рисков, их сопоставление с величинами инвестиций в СЗИ позволяет в ряде случаев для выбранного типового сценария атаки оценить значение наибольшего эффективного объема $c_{eff\max}$ инвестиций – объема инвестированных в СЗИ средств c , при котором достигается наибольшая интенсивность уменьшения риска возможных потерь на единицу инвестированных средств. В частности, в случае атаки скрипт кидди эта величина составит $0,25q$, а если предполагается, что атакующие действия, осуществляются профессионалом-исполнителем – $0,5q$. Полученные результаты представляют собой оценочные значения инвестиций в СЗИ, достаточно близкие к известным из практики эмпирическими оценками объема инвестиций, приведенным в ряде публикаций [7, 8].

Преимущества применения варианта построения СЗИ с целевой адаптацией наиболее ощутимы при использовании дополнительных сведений о потенциале защиты. Здесь один из наиболее важных параметров – оценка уровня s информационной зрелости защищающейся стороны, $0 \leq s \leq 85$ [1, 5]. Например, в случае атаки скрипт кидди знание значения s для конкретной организации позволяет уточнить величину эффективного объема инвестиций $c_{eff} = q(\sqrt{s} - 1)/s$ для создания СЗИ в этой организации, оценить для данного случая величину остаточного интегрального (обобщенного) риска $R_{in}(c_{eff}) = q/\sqrt{s}$ и соответствующую этому риску вероятность $P_{in}(c_{eff}) = 1/\sqrt{s}$ реализации совокупности угроз, обуславливающих появление интегрального риска $R_{in}(c_{eff})$ [1, 5]. Все это в конечном итоге позволяет в каждой конкретной ситуации оценить величину приемлемого для данной организации объема инвестиций в СЗИ (по терминологии [5] – «разумного» объема) путем сопоставления количественных оценок показателей c_{eff} , q , $c_{eff\max}$, $R_{in}(c_{eff})$, $R(s, c)$, для различных значений параметра c , сбалансировав финансово-экономические возможности организации с ее требованиями и возможностями в сфере информационной безопасности. Например, при эффективном



обеспечении выполнения политики информационной безопасности ($s = 60$) объем инвестиций c_{eff} может оказаться на уровне $0,11q - 0,13q$, т.е. вдвое ниже $c_{eff\max}$. Рассматривая полученный для конкретной ситуации оценочный результат c_{eff} как некоторое ресурсное ограничение, решаем задачу оптимального распределения выделенных инвестиций на ограниченном множестве возможных функций и механизмов защиты, формируя из них структуру СЗИ из условия минимизации остаточного риска организации.

Заключение и выводы.

Предложен подход к адаптивному управлению информационной безопасностью организации, базирующийся на:

- ✓ введении набора вербальных ролевых моделей типовых сценариев поведения атакующей стороны;
- ✓ формировании рефлексивных моделей рисков, представляющих собой математические модели введенных выше типовых сценариев поведения атакующей стороны, в которых учитываются параметры участников информационного конфликта;
- ✓ использовании рефлексивных моделей рисков для расчета базовых показателей СЗИ и оптимизации ее структуры;
- ✓ согласовании финансово-экономических возможностей организации с ее требованиями и возможностями в сфере защиты информации, обеспечение эффективного и рационального инвестирования в СЗИ организации.

Литература

1. Архипов А.Е. Применение рефлексивных моделей рисков для защиты информации в киберпространстве / А.Е.Архипов // Захист інформації. – 2017. – Т. 19, №3. – С. 204-213.
2. Архипов А.Е. Экономико-стоимостной аспект обеспечения безопасности информации. Адаптивный подход. // Економіка, фінанси, облік, менеджмент і право в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 1 грудня 2018 р.): у 6 ч. – Полтава: ЦФЕНД, 2018. – Ч. 6. – 63 с., С. 44 - 46.
3. Gordon L.A., Loeb M.P. (2002), "The Economics of Information Security Investment", ACM Transaction on Information and System Security, Vol.5, No4, pp.438-457.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2008. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель.
5. Архипов А.Е. Риск-ориентированный подход к оцениванию «разумного» объема инвестиций в системы защиты информации / А.Е.Архипов // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2018. – № 1(35). – С. 18-29.
6. Лукацкий А.В. Обнаружение атак. –СПб.: БХВ – Петербург, 2003 - 608с.



7. Андрощук Г.А., Крайнев П.П. Экономическая безопасность предприятия: защита коммерческой тайны. – К.: Изд. Дом «Ин Юре», 2000. – 400 с.

8. Петренко С.А., Симонов С.В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. М.: Компания Ай Ти; ДМК Пресс, 2004. - 348с.

References

1. Arhhypov, A. (2017), "The use of reflective risk models to protect information in cyberspace", *Information protection*, Vol. 19, No. 3, pp. 204-213, Ukraine.
2. Arhhypov, A. (2018), "The economic and cost aspect of information security. Adaptive hike", *Economics, finance, accounting, management and law in Ukraine and the world: a collection of abstracts of the international scientific-practical conference (Poltava, December 1, 2018)*, CFEND, Vol. 6, pp. 44-46, Ukraine.
3. Gordon L.A., Loeb M.P. (2002), "The Economics of Information Security Investment", *ACM Transaction on Information and System Security*, Vol.5, No4, pp.438-457.
4. GOST P ISO/MEK 15408-1-2008. Information technology. Security methods and tools. Criteria for assessing the security of information technology. Part 1. Introduction and general model.
5. Arhhypov, A. (2018a), "A risk-based approach to assessing a "reasonable" amount of investment in information protection systems", *Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine*, No. 1(35), pp.18-29.
6. Lukackii, A. (2003), *Attack detection*. BXV, Petersburg, Russia, 608 p.
7. Androshchuk, G. and Krainev, P. (2000), *Economic security of the enterprise: protection of trade secrets*, House "In Yure", Ukraine, 400 p.
8. Petrenko, S. and Simonov, S. (2004), *Information risk management. Cost-effective security*, Company IT; DMK Press, 348 p.

Abstract. *The application of an adaptive approach to the construction of an organization's information security system is examined, the essence of which is to use information on the features and behavior of the parties involved in the "attack / defense" conflict situation to manage the information security of the organization, which occurs when the attacker realizes threats regarding the organization that owns the information resource. Generalization and "packing" of the indicated information is realized in the form of mathematical models - reflective risks, the structure and quantity of which are determined by the selected typical scenarios of the "attack / defense" situation development. Analysis and research of models provides estimated information that allows balancing the financial and economic capabilities of the organization with its requirements and capabilities in the field of information protection, providing an efficient and rational investment in the organization's information protection system.*

Keywords: *targeted adaptation, information protection system, incidents, attack, damage, risk models, reflective risks.*

Статья отправлена: 18.06.2020 г.



DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR FORECASTING ADAPTATION OF THE ABILITIES OF CHILDREN

РОЗРОБКА СПОСОБУ ПРОГНОЗУВАННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ДІТЕЙ

Rublevsky V.D. / Рублевський В.Д.
O.Gochar Dnepr National University
Rublevskaya N.I. / Рублевська Н.І.
d.m.s., prof. / д.м.н., проф.
Dnepr Medical Academy

Abstract. Modern statistics cannot always fully reflect the problems of children's adaptive capabilities in the current environmental crisis. That is why active research is currently underway to improve the reliability of the research data. The reliability and informational content of which directly affects the quality of modern medicine. Obtaining the most accurate statistics can be useful in studying the effects on children.

Key words: ecology, children health, air pollution, method for predicting the adaptive capacity of children, level of adaptation.

Introduction

Air pollution is one of the main environmental health risks. The lower the levels of air pollution, the better the cardiovascular and respiratory health of the population, both in the long and short term. There is clear evidence that air pollution is detrimental to children's health.

This crisis in public health is beginning to attract increased attention, but one important aspect is often overlooked: the child's body suffers from air pollution in a very special way. Recent data released by VOZ show that air pollution has a very, very negative effect on the health and survival of children. 93% of children worldwide live in environments where levels of air pollution exceed VOZ recommendations. More than one out of every four children who do not live to be 5 years old, directly or indirectly, dies as a result of exposure to environmental risks.

Goal

To develop an approach that allows you to predict changes of adaptive capacity of children, based on a mathematical calculation of the analysis of the level of adaptation to the following definition of adaptive capacity, characterized in that calculate the probability of reducing the level of adaptation taking into account the aerogenic average daily.

Main text

The method of predicting the adaptive capacity of children based on mathematical calculation and analysis of the level of adaptation followed by determination of adaptive capacity, characterized in that calculate the probability of reducing the level of adaptation taking into account the aerogenic average daily dose of air pollutants and compare satisfactory adaptation at a value of $P \leq 0.5$, and at a value of $P > 0.5$ - reduced adaptive capacity of children and a high probability of disease, provided that the probability of reducing the level of adaptation is calculated by the formula:

$$P = \exp(z) / (1 + \exp(z)), z = b_0 + b_i * x_i \quad (1)$$



where: P is the probability of reducing the level of adaptation;

x_i is the value of the aerogenic average daily dose load of the air pollutant;

b_0 - constant;

b_i is the regression coefficient.

The utility model relates to medicine, in particular to research or analysis of materials in special ways, mainly hygienic and can be used in hygiene and clinical medicine, for example, in pediatrics.

Theoretical and practical importance of preventing the risk of health disorders under the influence of pollutants, in particular atmospheric air, especially since in environmentally unfavorable regions with a high level of man-made load increases the importance of airway pollutants - substances capable of harm human health or the environment.

According to the theory of "adaptation", human health is determined by the degree of adaptation of the organism to environmental conditions. Accordingly, the disease - is the result of depletion and failure of adaptation mechanisms [1]. It is believed that the adaptive capacity of the organism, which reflects the degree of its dynamic balance with the environment, is an integral criterion of health [2]. Data from the literature indicate a link between the adaptive capabilities of the child's body and the health group [3].

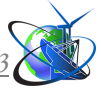
There are various methods of diagnosis and assessment of adaptive capabilities of children [4]. However, these methods have not been associated with the amount of load of pollutants (pollutants), which hinders their use in medicine, especially in hygiene.

There is a method of predicting the adaptive capacity of children [5], closest to the claimed method, selected as the closest analogue. The method is based on mathematical calculation and analysis of the level of adaptation with the subsequent determination of adaptation capabilities, in particular determine the adaptation potential by cardio-hemodynamic and anthropometric data: pulse rate, blood pressure, body length, body weight, age-adjusted. The obtained data are compared with the normative values of AP, which correspond to different levels of adaptation and establish the presence of reduced adaptive capacity.

The disadvantage of this method is the lack of consideration of the impact of pollutants (pollutants), which objectively affect the cardio-hemodynamic and anthropometric.

The utility model is based on the task of increasing the reliability and efficiency of the method of predicting adaptation capabilities among children, especially industrial areas, by analyzing the load of individual pollutants on the child's body and appropriate mathematical calculation of the probability of reducing adaptation.

The problem is solved by the fact that in the method of predicting the adaptive capacity of children based on mathematical calculation and analysis of the level of adaptation followed by forecasting, according to the utility model, calculate the probability of reducing the level of adaptation taking into account the aerogenic with criterion and predict satisfactory adaptation at a value of $P \leq 0.5$, and at a value of $P > 0.5$ reduction of adaptive capacity of children and a high probability of disease, provided that the probability of reducing the level of adaptation is calculated by the



formula (1).

The proposed method of predicting the adaptive capacity of children depending on the magnitude of the aerogenic dose load allows to identify risk groups of children at the place of residence, to conduct ecological and hygienic ranking of settlements. The presence of increased risk should be taken into account when planning the priority of preventive and health measures among children in certain areas.

The results of the studies indicate that under the influence of aerogenic dose load (AN dose.) Pollutants significantly ($p < 0.05$) increases the risk of reduced adaptive capacity of children.

The information confirming the possibility of implementing the proposed method of predicting the adaptive capacity of children is as follows.

To implement the method of predicting the adaptive capacity of children requires such equipment as: a calculator.

The method of predicting the adaptive capacity of children is carried out in the following sequence.

First, the calculation of the aerogenic average daily dose load according to the following formula [6]:

$$\text{AN dose.} = C * \text{COURSE} * 1440 \quad (2)$$

where AN dose. - aerogenic average daily dose, mg / kg body weight per day;

C - average daily concentration of the chemical in the air, mg / m³;

GAIT - minute volume of breath - 247 ml / min / kg of body weight for preschool children;

1440 - duration of exposure to the pollutant, min / day.

Then calculate the probability of reducing the level of adaptation under the conditions of the mathematical model $P = \exp(z) / (1 + \exp(z))$, for $z = b_0 + b_i * x_i$, where: P is the probability of reducing the level of adaptation; x_i is the value of the aerogenic average daily dose load with a specific pollutant; b_0 - constant; b_i is the regression coefficient.

Finally, compare the values of the calculated probability with the criteria and predict satisfactory adaptation at a value of $P \leq 0.5$ or a decrease in the adaptive capacity of children at a value of $P > 0.5$ and a high probability of disease.

After conducting a clinical trial of the proposed method for predicting the adaptive capacity of children, it was found that the proposed method can be widely used in medicine, in particular in hygiene and pediatrics. A useful model that embodies the proposed method in the implementation provides a positive result, namely the ability to predict the adaptive capacity of children based on the aerogenic average daily dose of pollutants to the child's body with minimal economic costs and minimum time.

Conclusions:

A method for predicting the adaptive capacity of children has been developed, which differs in that it calculates the probability of reducing the level of adaptation taking into account the aerogenic average daily dose load of the body by atmospheric air pollutants can be applied in practice. This method will help to obtain more accurate statistics on children's health.

**Literature:**

1. Baevsky RM Assessment of adaptive capacity of the organism and the risk of disease / RM Baevsky, AP Berseneva. - M.: Medicine, 1997. - 180 p.
2. Savilov ED The use of adaptive reactions as a criterion for assessing the state of health / ED Savilov, SN Zhdanova, E.E. Savilova // Hygiene and sanitation, 2002. - №4. - P. 72 - 73.
3. Bogdanovska NN On the informativeness of some methodological approaches to assessing the adaptive capabilities of the cardiovascular system of primary school children / NN Bogdanovska // Bulletin of Lviv University, Biological Series, 2002. - Issue 31. - P. 249 - 255.
4. Bannikova LP Adaptive reserves of the body in pupils of preschool educational institutions, taking into account health groups / LP Bannikova // Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra. - Issue 4 (30), 2005. P. 212 - 215, Artemenkov AA Change of vegetative functions in students during adaptation to mental loads / AA Artemenkov // Hygiene and sanitation. - №2, 2007. - P.62 - 64.
5. Ilyin LG Functional capabilities of the body and their importance in assessing the health of adolescents / LG Ilyin, LA Agapova // Hygiene and Sanitation. - №2, 2000. - P. 43 – 46.
6. Methods for determining and evaluating the chemical load created by air pollution: Methods of recommendation / VE Prisyazhnyuk et al. - K., 1991. - 28 p.

Scientific adviser: Doctor of Technical Sciences, prof. Baybuz O.G.

Article sent: 04/30/2020

© Rublevsky V.D.



УДК 681.5.015.52

CONSTRUCTING OF THE VOLTERRA MODEL OF HUMAN OCULOMOTOR SYSTEM BASED ON THE EYE TRACKING DATA**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВОЛЬТЕРРЫ ГЛАЗО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АЙТРЕКИНГА****Pavlenko V.D. / Павленко В.Д.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-5655-4171

Shamanina T.V. / Шаманина Т.В.*master / магистр*

ORCID: 0000-0002-3857-1867

*Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ave. Shevchenko, 1, 65044**Одесский национальный политехнический университет, Одесса, пр. Шевченко, 1, 65044*

Аннотация. Разработаны инструментальные программные средства построения непараметрической динамической модели глазо-двигательной системы (ГДС) человека с учетом её инерционных и нелинейных свойств на основе данных экспериментальных исследований «вход-выход». При этом используются тестовые визуальные стимулы и инновационная технология айттрекинга. Объект исследования – процесс идентификации ГДС на основе данных айттрекинга. Предмет исследования – инструментальные вычислительные и программные средства построения модели Вольтерры ГДС в виде многомерных переходных функций. Программное обеспечение идентификации ГДС разработано с помощью средств системы Matlab. Используются тестовые визуальные стимулы в виде ярких точек, которые последовательно отображаются на различных расстояниях от стартовой позиции. Это формально соответствует различным амплитудам тестовых ступенчатых сигналов. Для оценки переходных функций ГДС 1-го, 2-го и 3-го порядков используется метод наименьших квадратов. Разработанные программные средства обработки данных айттрекинга апробированы на реальных данных экспериментального исследования ГДС. Верификация построенной модели подтверждает адекватность ее исследуемой ГДС – практическое совпадение (в пределах приемлемой погрешности) откликов ГДС и её модели при одном и том же тестовом сигнале.

Ключевые слова: глазо-двигательная система, идентификация, модель Вольтерры, многомерные переходные функции, тестовые визуальные стимулы, технология айттрекинга

Введение.

Исследование движений глаз человека и траектории их перемещения (айтрекинг) позволяют раскрыть структуру взаимоотношений индивида со средой, человека с миром. Анализ взаимосвязи глазо-моторики с центральной нервной системой, с одной стороны, с содержанием психических процессов – с другой, с различными формами активности (поведением, деятельностью, общением) – с третьего, способствует изучению механизмов работы мозга и их нарушения, выявленные динамики психофизиологических состояний человека, закономерностей восприятия, мышления, представлений, дифференциации интенций, намерений и установок личности.

Знания о движении глаз имеют большое теоретическое и прикладное значение, расширяя возможности изучения специфики многих профессий с целью повышения эффективности функционирования субъекта трудовой деятельности.



Технология айтрекинга в последние годы получила дальнейшее развитие и эффективное применение при построении математической модели процесса непрерывного отслеживания движения глаз на основе полиномов Вольтерры, которые учитывают инерционные и нелинейные свойства глазодвигательной системы человека [1-5]. Процесс идентификации основывается на использовании тестовых визуальных стимулов, отображаемых на экране монитора компьютера на различных расстояниях от стартовой позиции. Схема процесса айтрекинга показана на рис. 1.

Целью работы является разработка инструментальных программных средств построения непараметрической динамической модели Вольтерры глазодвигательной системы человека на основе данных экспериментальных исследований «вход-выход» с помощью тестовых визуальных стимулов и технологии айтрекинга.

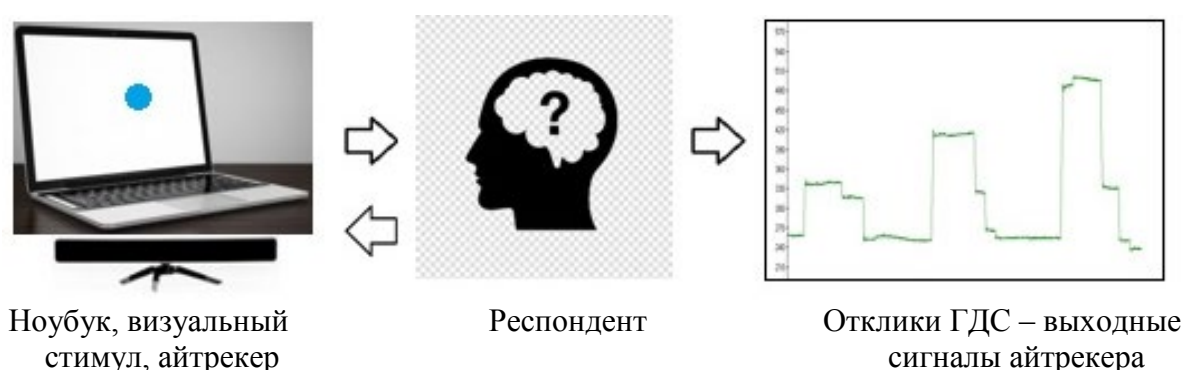


Рис. 1. Схема процесса айтрекинга

Для построения модели Вольтерры ГДС человека используются детерминированные тестовые воздействия – ступенчатые сигналы, наиболее адекватные для исследования динамики ГДС, что позволяет упростить вычислительный алгоритм идентификации и существенно уменьшить время обработки экспериментальных данных [6].

Объект исследования – процесс идентификации ГДС на основе данных экспериментальных исследований «вход-выход» с помощью инновационной технологии айтрекинга.

Предмет исследования – инструментальные вычислительные и программные средства построения модели Вольтерры – определение переходных функций ГДС 1-го, 2-го и 3-го порядков на основе данных айтрекинга.

1. Модель Вольтерры.

Для описания объектов неизвестной структуры целесообразно использовать наиболее универсальные нелинейные непараметрические динамические модели – модели Вольтерры [7]. При этом нелинейные и динамические свойства изучаемого объекта однозначно описываются последовательностью инвариантных относительно вида входного сигнала многомерных весовых функций – ядер Вольтерры.



Соотношение «вход-выход» для нелинейной динамической системы (НДС) с неизвестной структурой (типа «черный ящик») с одним входом и одним выходом может быть представлено дискретным кубическим полиномом Вольтерры в виде:

$$y[m] = \sum_{n=1}^3 y_n[m] = \sum_{k_1=0}^m w_1[k_1]x[m-k_1] + \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m w_2[k_1, k_2]x[m-k_1]x[m-k_2] + \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m \sum_{k_3=0}^m w_3[k_1, k_2, k_3]x[m-k_1]x[m-k_2]x[m-k_3], \quad (1)$$

где $w_1[k_1]$, $w_2[k_1, k_2]$, $w_3[k_1, k_2, k_3]$ – дискретные весовые функции (ядра Вольтерры) 1-го, 2-го та 3-го порядков; $x[m]$, $y[m]$ – входящая (стимул) и исходящая (отклик) функции (сигналы) системы, которая моделируется, соответственно; $y_n[m]$ – парциальные составляющие отклика (свертка последовательностей n -го порядка); m – дискретная переменная времени.

2. Построение модели Вольтерры НДС на основе данных экспериментов «вход-выход».

Задача идентификации состоит в выборе тестовых сигналов $x[m]$ и разработке алгоритма, который позволяет по измеряемым откликам $y[m]$ выделять парциальные составляющие $y_n[m]$, ($n=1, 2, 3$) и определять на их основе ядра Вольтерры $w_1[k_1]$, $w_2[k_1, k_2]$, $w_3[k_1, k_2, k_3]$.

С учетом специфики исследуемой ОРС для идентификации используются тестовые ступенчатые сигналы [5, 6]. Если тестовый сигнал $x[m]=\theta[m]$, где $\theta[m]$ – единичная функция (функция Хевисайда), тогда парциальные составляющие откликов $y_1[m]$, $y_2[m]$, $y_3[m]$ равны переходной функции первого порядка $h_1[m]$ и диагональным сечениям переходных функций 2-го и 3-го порядков $h_2[m, m]$, $h_3[m, m, m]$, соответственно:

$$\begin{aligned} y_1[m] &= h_1[m] = \sum_{k_1=0}^m w_1[m-k_1], \\ y_2[m] &= h_2[m, m] = \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m w_2[m-k_1, m-k_2], \\ y_3[m] &= h_3[m, m, m] = \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m \sum_{k_3=0}^m w_3[m-k_1, m-k_2, m-k_3]. \end{aligned} \quad (2)$$

Определение поддиагональных сечений переходных функций основывается на испытании НДС с помощью L тестовых ступенчатых сигналов с заданными амплитудами a_i , $i=1, 2, \dots, L$ ($L \geq N$, N – степень полинома Вольтерры). Отклики НДС, которые при этом измеряются, обозначим как $y_1[m]$, $y_2[m]$, ..., $y_L[m]$. Отклики модели Вольтерры равны

$$\tilde{y}_i[m] = a_i \hat{y}_1[m] + a_i^2 \hat{y}_2[m] + a_i^3 \hat{y}_3[m], \quad i=1, 2, \dots, L, \quad (3)$$

где $\hat{y}_1[m] = \hat{h}_1[m]$, $\hat{y}_2[m] = \hat{h}_2[m, m]$, $\hat{y}_3[m] = \hat{h}_3[m, m, m]$ – полученные оценки парциальных составляющих отклика модели (многомерных переходных функций).

Для определения переходных функций $h_1[m]$, $h_2[m, m]$, $h_3[m, m, m]$



используется метод наименьших квадратов (МНК), который обеспечивает минимум среднеквадратичной погрешности отклонения откликов модели от откликов ГДС на один и тот же стимул:

$$J_N = \sum_{j=1}^L \left(y_j[m] - \sum_{n=1}^N a_j^n \hat{y}_n[m] \right)^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Минимизация критерия (4) сводится к решению системы нормальных уравнений Гаусса [5], которую в векторно-матричной форме можно записать в виде

$$A'A\hat{y} = A'y, \quad (5)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_1^2 & \dots & a_1^N \\ a_2 & a_2^2 & \dots & a_2^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_L & a_L^2 & \dots & a_L^N \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1[m] \\ y_2[m] \\ \dots \\ y_L[m] \end{bmatrix}, \quad \hat{y} = \begin{bmatrix} \hat{y}_1[m] \\ \hat{y}_2[m] \\ \dots \\ \hat{y}_N[m] \end{bmatrix}.$$

Решив систему уравнений (5) относительно $\hat{y}_1[m]$, $\hat{y}_2[m]$, $\hat{y}_3[m]$, получаем оценки многомерных переходных функций ГДС $\hat{h}_1[m]$, $\hat{h}_2[m,m]$, $\hat{h}_3[m,m,m]$ в каждый момент времени m на интервале наблюдения.

Из уравнения (5), получаем

$$\hat{y} = (A'A)^{-1} A'y. \quad (6)$$

Выполнив в (6) матричные операции, получаем

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1[m] \\ \hat{y}_2[m] \\ \dots \\ \hat{y}_N[m] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^L a_j^2 & \sum_{j=1}^L a_j^3 & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{N+1} \\ \sum_{j=1}^L a_j^3 & \sum_{j=1}^L a_j^4 & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{N+2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{j=1}^L a_j^{N+1} & \sum_{j=1}^L a_j^{N+2} & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{2N} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^L a_j y_j[m] \\ \sum_{j=1}^L a_j^2 y_j[m] \\ \dots \\ \sum_{j=1}^L a_j^N y_j[m] \end{bmatrix}. \quad (7)$$

В работе идентификация ГДС осуществляется в виде переходных функций 1-го, 2-го и 3-го порядка. Процесс моделирования ГДС на основе модели Вольтерры показан на рис. 2.

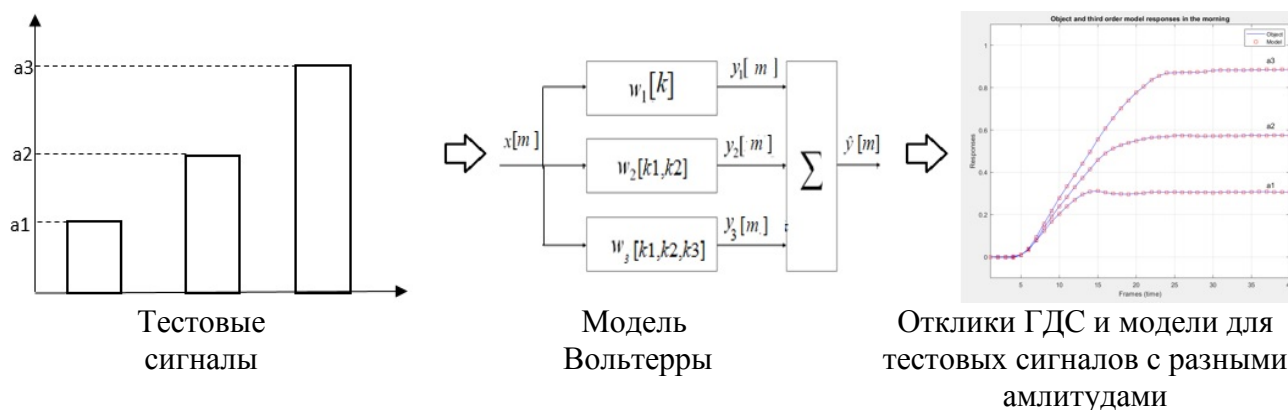


Рис. 2. Процесс моделирования ГДС на основе модели Вольтерры



3. Организация и методика экспериментальных исследований с помощью технологии айтрекинга.

При проведении экспериментальных исследований осуществляются такие действия:

- респондент (человек, который тестируется) размещается перед компьютером таким образом, чтобы его глаза были на уровне центра монитора на расстоянии 40-50 см от него (рис. 3);
- голова респондента фиксируется чтобы не допускать её движений при исследованиях и для обеспечения одинаковых условий эксперимента;
- по готовности респондента, следует запустить программу формирования тестовых визуальных стимулов Signal Manager (рис. 4);
- в центре экрана (или от его края) появляется кружок красного цвета – стартовая позиция (рис.4, а);
- после небольшой паузы (2-3 с) кружок в стартовой позиции исчезает и появляется кружок другого цвета в точке с заданными координатами (рис. 4, б), который является визуальным стимулом (тестовым сигналом), который отображается с заданной продолжительностью 1-2 с. (это действие заставляет глаз двигаться в направлении визуального стимула);
- дальше этот кружок исчезает и появляется кружок красного цвета в стартовой позиции (это заставляет глаз двигаться в обратном направлении стартовой позиции) и после этих действий эксперимент завершается;
- с помощью айтрекера определяются координаты зрачка глаза в процессе его движения (реакция на визуальный стимул) на интервале между стартовой позицией и стимулом сохраняются в файле типа xls (рис.5).

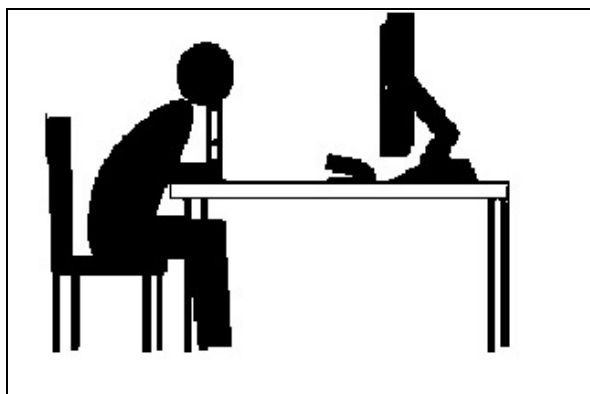
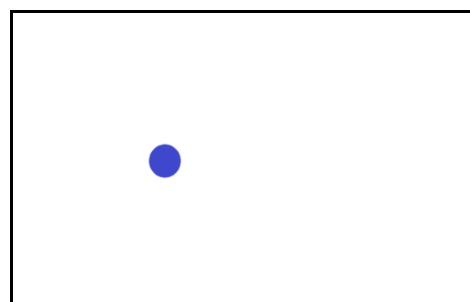


Рис. 3. Схема расположения респондента



а)



б)

Рис. 4. Тестовые визуальные стимулы: а) стартовая позиция; б) позиция стимула

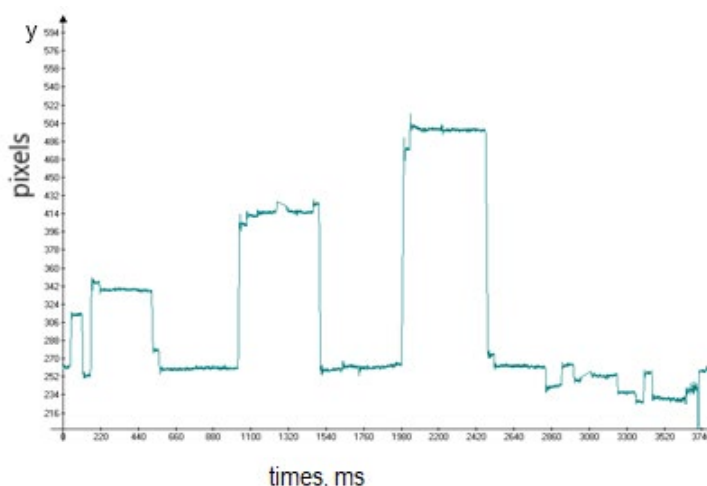


Рис. 5. Отклики ГДС при $L = 3$, полученные с помощью айтрекера TOBII PRO TX300

В исследовании каждого респондента последовательно реализованы три эксперимента для 3-х амплитуд тестовых сигналов в направлении «По горизонтали» (рис. 4, б). Между стартовой позицией и тестовыми стимулами расстояния равны: $0.33l_x$, $0.66l_x$, $1.0l_x$, где l_x – длина экрана монитора. Координаты стартовой позиции ($x=0$; $y=0.5l_y$), l_y – ширина экрана монитора (рис. 4, а).

Экспериментальные исследования ГДС проводились с использованием высокотехнологичного оборудования – айтрекера TOBII PRO TX300 (300 Hz), предоставленного для исследований Центром инноваций и продвинутых технологий Люблинского технологического университета (Любдин, Польша) [8].

4. Результаты исследований.

Эксперименты были организованы с целью классификации респондентов (информантов) по состоянию усталости. Данные для построения модели – отклики ГДС на одинаковые тестовые сигналы, полученные с помощью айтрекера TOBII PRO TX300 в разное время дня: «Утром» (до работы) и «Вечером» (после работы). На рис. 6, а, б представлены графики экспериментальных данных – откликов ГДС при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром» и «Вечером», полученные от айтрекера. Усредненные значения откликов ГДС "Утром" и "Вечером" приведены на рис. 7.

По усредненным данным откликов ГДС на визуальные стимулы с разным расстоянием от стартовой позиции на основе вычислений по формуле (7) определены переходные функции ГДС при использовании аппроксимационных моделей различной степени N ($N = 1, 2, 3$). Графики переходных функций для состояний респондента «Утром» и «Вечером» на основе модели (1) при $N = 1$ представлены на рис. 8, при $N = 2$ – на рис. 9 и при $N = 3$ – на рис. 10. Определены отклики с помощью расчетов на моделях при различных амплитудах тестовых сигналов для аналогичных состояний при $N = 1, 2, 3$, графики которых приводятся в сравнении с подобными откликами ГДС на рис. 11-13, соответственно.

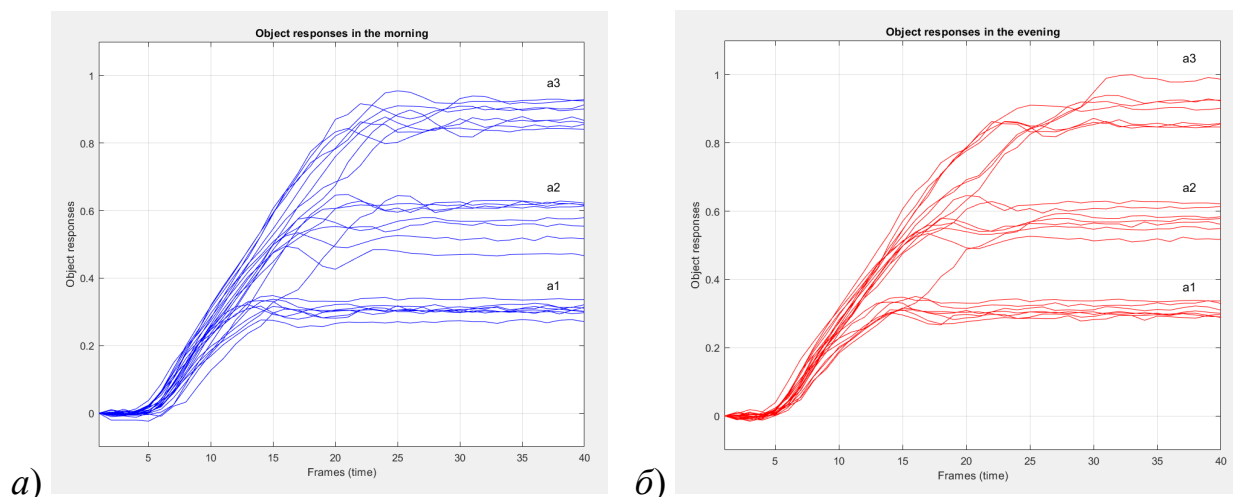


Рис. 6. Отклики ГДС при различных амплитудах тестовых сигналов: а) «Утром»; б) «Вечером»

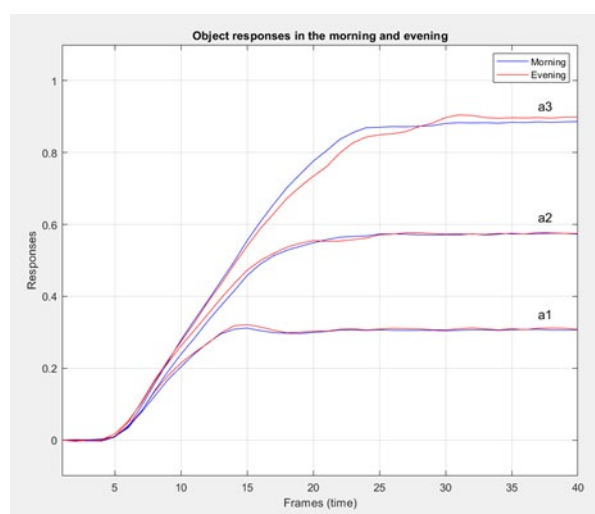


Рис. 7. Усредненные отклики ГДС при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром» и «Вечером»

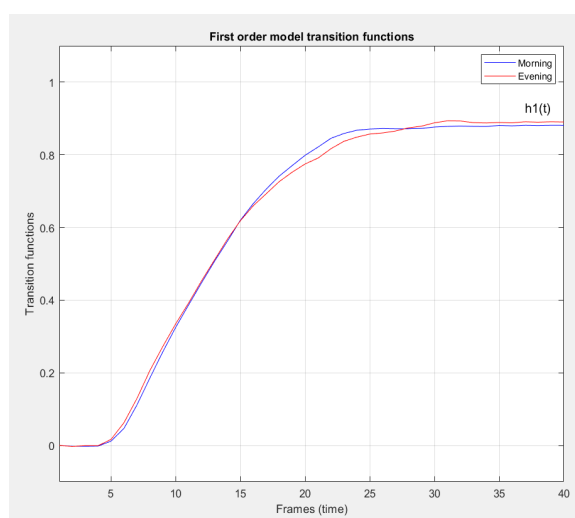


Рис. 8. Оценки переходных функций при $N = 1$ «Утром» и «Вечером»

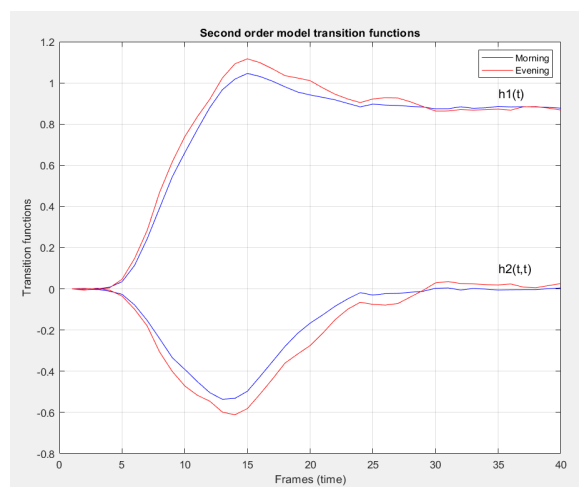


Рис. 9. Оценки переходных функций при $N = 2$ «Утром» и «Вечером»

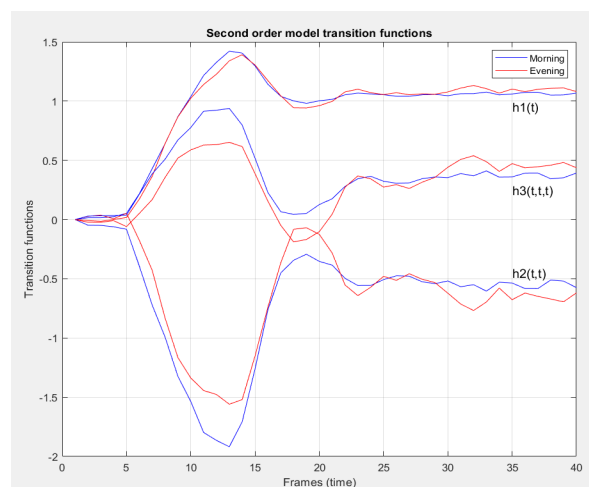


Рис. 10. Оценки переходных функций при $N = 3$ «Утром» и «Вечером»

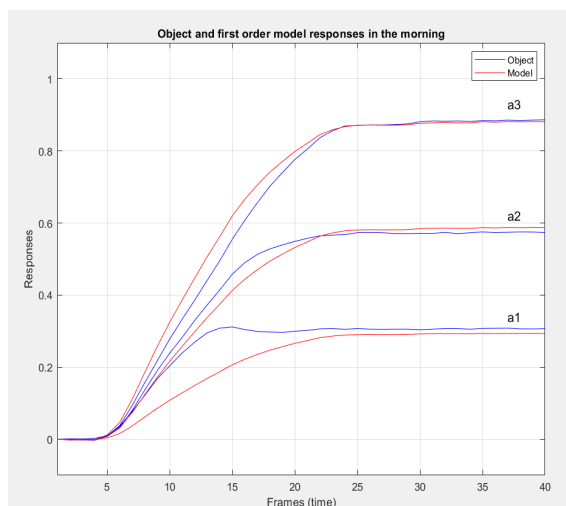


Рис. 11. Отклики ГДС и модели при $N = 1$ при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром»

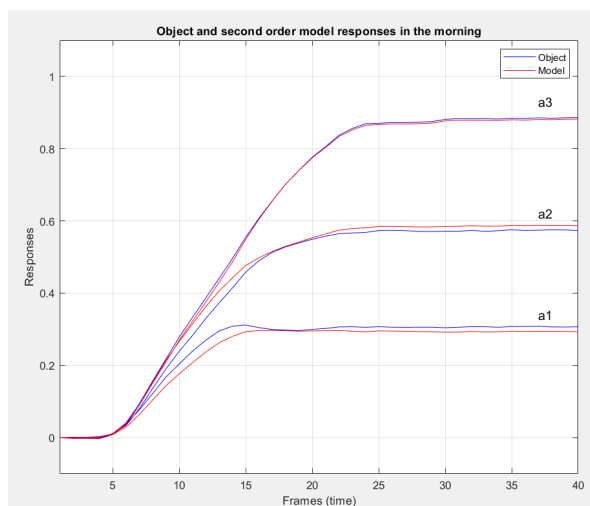


Рис. 12. Отклики ГДС и модели при $N = 2$ при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром»

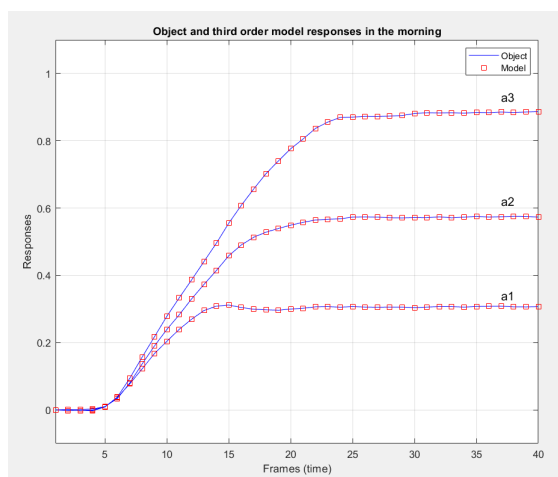


Рис. 13. Отклики ГДС и модели при $N = 3$ при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром»

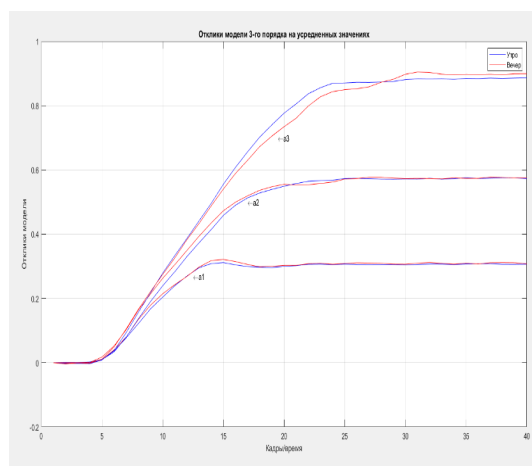


Рис. 14. Отклики модели при $N = 3$ при различных амплитудах тестовых сигналов «Утром» и «Вечером»

На рис. 14 приведены графики откликов респондента в состояниях «Утром» и «Вечером», рассчитанные на модели для $N = 3$ при различных амплитудах тестовых сигналов.

Как можно видеть из рис. 8-10 полученные переходные функции первого порядка для состояний «Утром» и «Вечером» практически не зависят от состояния респондента. Однако, диагональные сечения переходных функций второго (рис. 9) и третьего (рис. 10) порядков существенно изменяются по величине, следовательно, в дальнейшем могут эффективно использоваться как источник первичных данных при построении диагностических моделей классификаторов психофизиологических состояний человека с применением машинного обучения.

Анализ отклонения усредненных откликов ГДС для состояний респондента «Утром» и «Вечером» $\bar{y}_e[m]$, $\bar{y}_m[m]$, соответственно, при различных



значениях амплитуд тестовых сигналов a_1 , a_2 и a_3 основано на вычислениях следующих показателей:

$$\sigma = \max_{m \in [0, M]} |\bar{y}_e[m] - \bar{y}_m[m]|, \quad \varepsilon = \left(\frac{\sum_{m=0}^M (\bar{y}_e[m] - \bar{y}_m[m])^2}{\sum_{m=0}^M \bar{y}_m^2[m]} \right)^{1/2}, \quad (8)$$

– максимального (σ) и нормированного среднеквадратичного отклонения (НСКО, ε) откликов ГДС, соответственно. Результаты вычислений указанных показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель отклонения усредненных откликов ГДС для состояний респондента «Утром» и «Вечером»

Амплитуды тестовых сигналов	максимальное отклонение, σ	НСКО, ε
a_1	0.013	0.019
a_2	0.027	0.025
a_3	0.045	0.027

Изменчивость (отклонение) переходных функций различных порядков n аппроксимационной модели ГДС для состояний респондента «Утром» и «Вечером» количественно оценивается с помощью показателей: σ_{nN} – максимального отклонения и ε_{nN} – нормированного среднеквадратичного отклонения, которые вычисляются по формулам:

$$\sigma_{nN} = \max_{m \in [0, M]} |\hat{y}_{ne}[m] - \hat{y}_{nm}[m]|, \quad \varepsilon_{nN} = \left(\frac{\sum_{m=0}^M (\hat{y}_{ne}[m] - \hat{y}_{nm}[m])^2}{\sum_{m=0}^M (\hat{y}_{nm}[m])^2} \right)^{1/2}, \quad n = 1, 2, \dots, N. \quad (9)$$

Результаты расчетов указанных показателей сведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель отклонения переходных функций различных порядков аппроксимационной модели ГДС для состояний респондента «Утром» и «Вечером»

N	ε_{1N}	σ_{1N}	ε_{2N}	σ_{2N}	ε_{3N}	σ_{3N}
1	0,019	0,03	—	—	—	—
2	0,051	0,078	0,232	0,109	—	—
3	0,04	0,1	0,199	0,387	0,322	0,291

Показатели отклонения многомерных переходных функций разных порядков аппроксимационной модели ГДС для состояний респондентов «Утром» и «Вечером», приведенные в табл. 2, представлены в виде диаграмм на рис. 15 и 16.

Максимальное отклонение отклика аппроксимационной модели разного порядка $\tilde{y}_N[m]$ от отклика ГДС $y[m]$ при различных значениях амплитуд тестовых сигналов a_1 , a_2 и a_3 для состояний респондента «Утром» и «Вечером»



приведены в табл. 3. Соответствующие оценки НСКО приведены в табл. 4.

Таблица 3

Максимальное отклонение отклика аппроксимационной модели порядка N от отклика ГДС при разных амплитудах тестовых сигналов для состояний респондента «Утром» и «Вечером»

N	a_1		a_2		a_3	
	Утром	Вечером	Утром	Вечером	Утром	Вечером
1	0.127	0.128	0.046	0.06	0.067	0.08
2	0.033	0.023	0.033	0.023	0.011	0.008
3	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$

Таблица 4

НСКО аппроксимационной модели разного порядка N от отклика ГДС при различных значениях амплитуд тестовых сигналов a_1 , a_2 и a_3 для состояний респондента «Утром» и «Вечером»

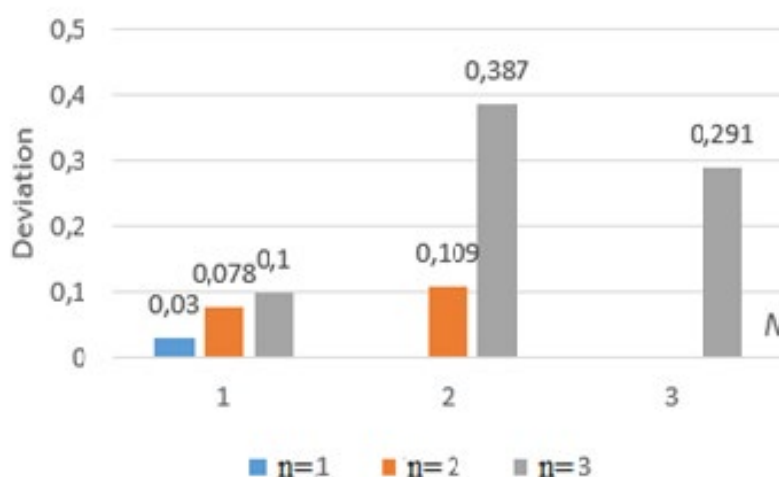
N	a_1		a_2		a_3	
	Утром	Вечером	Утром	Вечером	Утром	Вечером
1	0.198	0.209	0.043	0.063	0.042	0.054
2	0.057	0.05	0.033	0.028	0.007	0.007
3	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$	$\sim 1.0e-13$

Максимальное отклонение откликов аппроксимационных моделей ГДС соответствующих порядков N «Утром» $\tilde{y}_{Nm}[m]$ и «Вечером» $\tilde{y}_{Ne}[m]$ при разных значениях амплитуд тестовых сигналов приведено в табл. 5.

Таблица 5

Максимальное отклонение откликов аппроксимационных моделей ГДС различных порядков N для состояний респондента «Утром» и «Вечером» при различных значениях амплитуд тестовых сигналов a_1 , a_2 и a_3

N	a_1	a_2	a_3
1	0.01	0.02	0.03
2	0.018	0.022	0.043
3	0.013	0.027	0.045

Рис. 15. Диаграмма показателей отклонений σ_{nN}

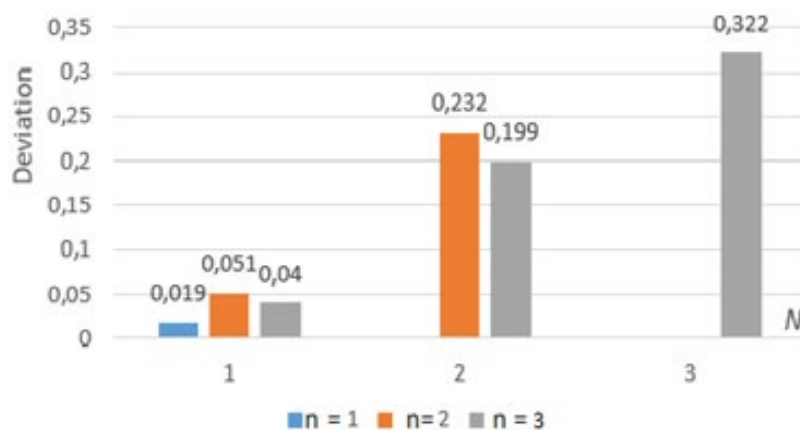


Рис. 16. Диаграмма показателей отклонений ε_{nN}

Закключение и выводы.

Разработана методика и инструментальные программные средства построения непараметрической динамической модели ГДС человека на основе данных экспериментальных исследований «вход-выход» с применением тестовых визуальных стимулов и инновационной технологии айтрекингу. Осуществлены экспериментальные исследования ГДС одного респондента вначале и вконец рабочего дня. На основе данных, полученных с помощью айтрекера, определены переходные функции 1-го, 2-го и 3-го порядков ГДС. Выявлено изменчивость переходных функций 2-го и 3-го порядков для различных психофизиологических состояний респондента (по уровню усталости). Таким образом, их можно использовать в диагностических исследованиях в области нейронаук и психологии.

Литература:

1. Jansson D., Medvedev A., Axelson H. and Nyholm D. Stochastic anomaly detection in eye-tracking data for quantification of motor symptoms in Parkinson's disease // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. – 2015. – 823 – P. 63-82.
2. Jansson D., Rosén O. and Medvedev A. Parametric and Nonparametric Analysis of Eye-Tracking Data by Anomaly Detection // *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* – 2015. – 23. – P. 1578–1586.
3. Bro V., Medvedev A.V. Nonlinear Dynamics of the Human Smooth Pursuit System in Health and Disease: Model Structure and Parameter Estimation // *2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC)*, December 12-15, Melbourne, Australia. P. 4692-4697.
4. Rigas I., Komogortsev O. V. and Shadmehr R. Biometric Recognition via the Complex Eye Movement Behavior and the Incorporation of Saccadic Vigor and Acceleration Cues // *ACM Transactions on Applied Perception*. – 2016. – 13 (2). – P. 1-21.
5. Pavlenko V., Salata D., Dombrovskiy M. and Maksymenko Yu. Estimation of the Multidimensional Transient Functions Oculo-Motor System of Human // *Mathematical Methods and Computational Techniques in Science and Engineering: AIP Conf. Proc. MMCTSE'2017*, Cambridge, UK. – 2017. – 1872. – Melville, New York. Published by AIP Publishing. – P. 110-117.



6. Pavlenko V., Ivanov I., Kravchenko E. Estimation of the Multidimensional Dynamical Characteristic Eye-Motor // Proc. 9th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS'2017, Bucharest, Romania. – 2017. – Vol. 2. – P. 645-650.

7. Doyle F.J., Pearson R.K., Ogunnaike B.A. Identification and control using Volterra models. – Germany: Springer Publ. – 2002. – 314 p.

8. Салата Д.В., Чори В.В., Mishchenko I., Павленко В.Д., Milosz M., Dzienkowski M. Экспериментальные исследования глазодвигательной системы с помощью айтрекера TOBII PRO TX300 // Матеріали VIII Міжнар. конф. студентів і молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2018», МІТ-2018, Одеса. – 2018. – Одеса: ОНПУ ІКС, 2018. – С. 105-106.

Abstract. *The study of human eye movements and the trajectory of their movement allows us to reveal the structure of the relationship of an individual with the environment, a person with the world. Analysis of the relationship of oculomotoric of the Central nervous system, on the one hand, with the content of mental processes on the other, with various forms of activity (behavior, activity, communication) - with a third, promotes the study of brain mechanisms and their violations of the dynamics of psychophysiological state of man, the laws of perception, thinking, perceptions, differentiation of intentions, intentions and attitudes of the individual. Knowledge about eye movement is of great theoretical and applied importance, expanding the possibilities of studying the specifics of many professions in order to improve the efficiency of the subject of labor activity. The purpose of this work is to develop instrumental software tools for constructing a nonparametric dynamical model of the human eye-motor system (EMS), taking into account its inertial and nonlinear properties, based on data from experimental «input-output» studies using test visual stimulus and innovative eye-tracking technology. The object of the study is the process of identification EMS based on eye-tracking data-responses to external influences in the form of visual stimulus displayed on the monitor screen (the eye-tracking process). The subject of the research is instrumental computing and software tools for building the Volterra model of the EMS in the form of multidimensional transition functions based on data from eye-tracking. Software for identification of the EMS using Matlab tools has been developed. Test visual stimulus in the form of bright points that are consistently displayed at different distances from the starting position are used. This formally corresponds to the different amplitudes of the step test signals. The transition functions of the 1st, 2nd, and 3rd orders are determined using the least squares method. The developed software tools for data processing of the eye-tracking are tested on real data from an experimental study of the EMS. Verification of the constructed model confirms the adequacy model of the investigated EMS – a practical coincidence (within an acceptable error) of the responses of the EMS and its model at the same test signal.*

Keywords: *eye-motor system, identification, Volterra model, multidimensional transition functions, test visual stimulus, Eye-tracking technology*

Статья отправлена: 19.06.2020 г.

© Павленко В.Д.



UDC 004.93'11:004.942

**MODEL-BASED INFORMATION TECHNOLOGY OF CONTINUOUS
OBJECTS DIAGNOSTICS IN THE CONDITIONS OF THEIR
DESCRIPTION DIMENSION GROWTH****Ruban O.D.***Leading Engineer*

ORCID: 0000-0001-5199-8913

Fedorova H.M.*Ph.D. student*

ORCID: 0000-0002-7363-7817

Odessa National Polytechnic University, Shevchenko Avenue, 1, Odessa, 65044, Ukraine

Abstract. *In this work, the problem of diagnostic models constructing under conditions of description dimension increase in the modern diagnostic objects solves. As a diagnostic objects considers the nonlinear dynamics objects with continuous characteristics and an unknown structure, which considers as a “black box”. The purpose of the work is to increase the reliability of the diagnosis of nonlinear dynamic objects by forming diagnostic models under conditions of the objects description dimensionality increasing. A review of methods for reducing the dimensionality of the diagnostic features space is given. A method for the construction of diagnostic models of nonlinear dynamic objects with weak nonlinearity based on the univariate and multivariate analysis of variance as a filtering stage of features is proposed. A step-by-step algorithm for the construction of diagnostic models using the proposed method is presented. The model-oriented information technology for diagnosing nonlinear continuous objects under conditions of description dimension increase is constructed.*

Keywords: *information technologies, diagnostics of continuous systems, diagnostic model, model reduction, correlation analysis.*

Introduction.

In conditions of rapid growth of the task dimension, the initial diagnostic data (primary diagnostic information) is accompanied by the presence of many redundant variables and a small number of training examples. These factors negatively affect the reliability of diagnosis and the speed of training automated systems of technical diagnostic (ASTD) [1]. Therefore, there is a need to review the effectiveness of traditional methods for the construction of models of diagnostic objects (DO).

Due to the large dimension and the volume of accumulated primary diagnostic information, high reliability of diagnosis provides, but this leads to increasing computational complexity and decreasing the efficiency of training ASTD [1].

The solution of this contradiction is an urgent scientific and technical task that can be solved by construction of the diagnostic models of significantly lower dimensions (reduction of primary diagnostic models) [2, 3], which provide high reliability of diagnosis, reducing the requirements for measurements and their storage, reducing ASTD training time and the diagnostic process, improving the overall performance of the machine learning algorithm.

The purpose of the work is solving the problem of providing the universality and increasing the reliability of the diagnostic procedure based on the construction of correlation diagnostic models of continuous objects to create effective information technology (IT) of different nature diagnosing objects in the conditions of their



description dimension growth.

The effectiveness of IT understands as increasing the accuracy of solutions and reducing the time to find them.

Research materials.

An effective method for describing the DO nonlinear and dynamic properties in the form of a features vector $\mathbf{x}$ is to parameterize continuous nonlinear and dynamic OD models $f(t)$. Moreover, the function $f(t)$ is represented by the vector of diagnostic features $\mathbf{x}=(x_1, \dots, x_n)$. In practice, it is customary to use the discretization operator: $x_j=f(t_j)$, where $t_j=j\Delta t$, Δt – discretization step [1, 4].

When considering continuous DO models, the obvious fact is the value of different sections of the object responses for the diagnostic procedure (diagnostic value) is different. In [4] shown that, as a rule, the most valuable sections of DO responses are those that carry the highest signal energy. Given the above, the use of a signal discretization operator for construction a diagnostic features space is a poorly efficient technique.

When working with continuous DO features, correlation methods for evaluating the diagnostic value of signal samples [4, 5], which relate to filtering methods and have all their advantages, can be especially effective.

On the base of the correlation method of diagnostic features filtering it is offered model-based IT for continuous objects diagnostics in ASTD systems, which makes the diagnostic process effective in the conditions of their description dimension growth (рис. 1).

In step 1, the method of nonparametric identification of the DO is used to build the information model of the DO $f(t)$.

In step 2, correlation-filtering methods are used to construct the space of DO diagnostic features for preliminary reduction of the diagnostic features number.

In step 3, known statistical methods or neural networks are used to build a DO diagnostic model.

In step 4 and 5, the quality of the diagnostic model and diagnostic feature space respectively is evaluated based on the medium risk criterion.

In step 6, the accuracy of the information model is evaluated by known methods, for example, using the criterion of minimum standard error:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (f_i(t) - \hat{f}_i(t))^2} \quad (1)$$

or the criterion of the percentage normalized standard error:

$$\varepsilon_n = 100\% \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^k (f_i(t) - \hat{f}_i(t))^2 / \sum_{i=1}^k f_i(t)^2}, \quad (2)$$

Conclusion.

In this work an attempt to further development the theory of diagnosing continuous objects is made. It is suggested model-based IT for continuous objects diagnostics, which makes the diagnostic process effective in the conditions of their description dimension growth. A step-by-step algorithm for the construction of diagnostic models using the proposed IT is presented. It is suggested the criteria for evaluating the accuracy of the diagnostic models.

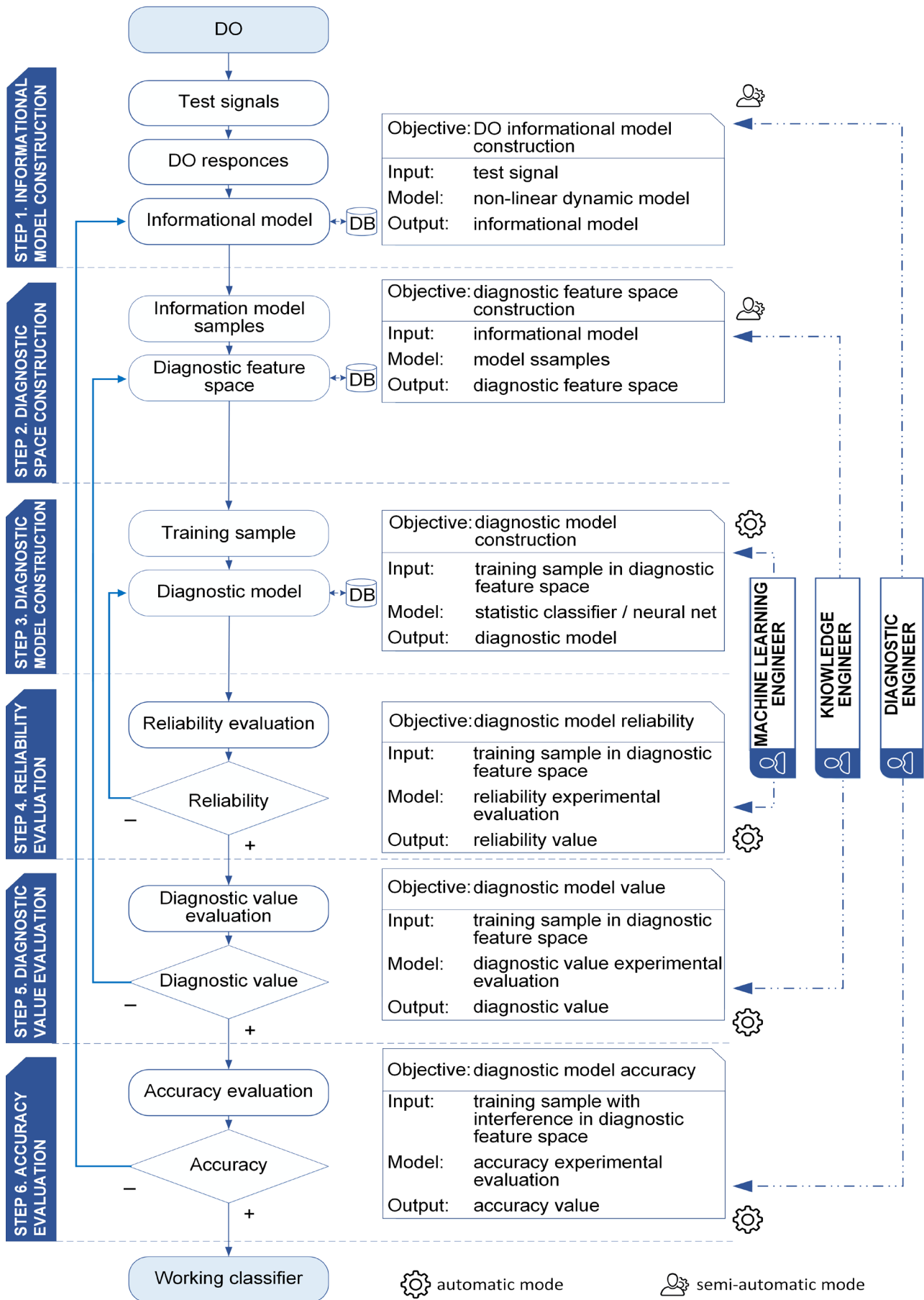
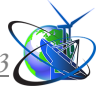


Рис. 1. Model-based it for continuous objects diagnostics in the conditions of their description dimension growth



References:

1. Fomin, O., Masri, M. & Pavlenko, V. (2016). "Intelligent Technology of Nonlinear Dynamics Diagnostics using Volterra Kernels Moments". International journal of mathematical models and methods in applied sciences, Volume 10, pp. 158-165.
2. Guyon, I., Elisseeff, A. An introduction to variable and feature selection // Journal of Machine Learning Research. – 2003. – #3, pp. 1157-82. DOI: 10.1162/153244303322753616.
3. Shahana, A. H. & Preeja, V. Survey on feature subset selection for high dimensional data // In: Circuit, power and computing technologies (ICCPCT) 2016 international conference on. IEEE, pp. 1-4. DOI:10.1109/ICCPCT.2016.7530147.
4. Fomin, O., Pavlenko, V., Ruban, O. (2020) "Construction of the diagnostic model based on combining spectral characteristics of nonlinear dynamic objects". Applied Aspects of Information Technology, Vol.3, No.1, pp. 431–442. DOI: 10.15276/aaait.01.2020.5
5. Tran, K. T. & Tran, T. V. (2019). "The application of correlation function in forecasting stochastic processes". Herald of Advanced Information Technology. Odesa, Ukraine, Science and Technical, Vol. 2, No. 4, pp. 268-277. DOI: 10.15276/hait 04.2019.3.

Анотація. В роботі вирішується задача побудови діагностичних моделей для об'єктів нелінійної динаміки в умовах збільшення розмірності їх опису. Метою роботи є підвищення достовірності діагностування нелінійних динамічних об'єктів шляхом формування діагностичних моделей в умовах збільшення розмірності опису об'єктів діагностування. Наведено огляд методів зниження розмірності простору діагностичних ознак, в тому числі, для нелінійних динамічних об'єктів з безперервними характеристиками і невідомою структурою, які можна розглядати як «чорний ящик». Запропоновано метод формування діагностичних моделей нелінійних динамічних об'єктів зі слабкою нелінійністю на основі однофакторного і багатофакторного дисперсійного аналізу в якості етапу фільтрації ознак з подальшим перебором сполучень ознак, що забезпечують максимальну достовірність діагностування. Наведено покроковий алгоритм формування діагностичних моделей за допомогою запропонованого методу. Побудовано модельно-орієнтовану інформаційну технологію діагностики нелінійних неперервних об'єктів в умовах збільшення розмірності опису.

Ключові слова: інформаційні технології, діагностика неперервних об'єктів, діагностична модель, редукція моделей, кореляційний аналіз.

Scientific advisor: Dr. Sc., Associate Professor Fomin O.O.

*Статтю підготовлена в рамках НДР «Засоби моніторингу динамічних об'єктів, засновані на застосуванні моделей у вигляді нечітких множин»,
ДР №0118U006825*

Статтю відправлено: 12.06.2020 г.

© Ruban O.D., Fedorova H.M.



Expert-Peer Review Board of the journal Экспертно-рецензионный Совет журнала

Abdulveleeva Rauza Rashitovna, Orenburg State University, Russia
Antoshkina Elizaveta Grigorevna, South Ural State University, Russia
Artyuhina Marina Vladimirovna, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Afinskaya Zoya Nikolaevna, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Russia
Bashlaj Sergej Viktorovich, Ukrainian Academy of Banking, Ukraine
Belous Tatyana Mihajlovna, Bukovinian State Medical Academy, Ukraine
Bondarenko Yuliya Sergeevna, PSU named after T.G. Shevcheckko Department of Psychology, Ukraine
Butyrskij Aleksandr Gennadevich, Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Russia
Vasilishin Vitalij Yaroslavovich, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Vojcehovskij Vladimir Ivanovich, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
Gavrilova Irina Viktorovna, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Ginis Larisa Aleksandrovna, South Federal University, Russia
Gutova Svetlana Georgievna, Nizhnevartovsk State University, Russia
Ivanova Svetlana Yurevna, Kemerovo State University, Russia
Ivlev Anton Vasilevich, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Russia
Idrisova Zemfira Nazipovna, Ufa State Aviation Technical University, Russia
Iliev Veselin, Bulgaria
Kirillova Tatyana Klimentevna, Irkutsk State Transport University, Russia
Kovalenko Tatyana Antolevna, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia
Kotova Svetlana Sergeevna, Russian State Vocational Pedagogical University, Russia
Krestyanpol Lyubov Yurevna, Lutsk State Technical University, Ukraine
Kuhtenko Galina Pavlovna, National University of Pharmacy of Ukraine, Ukraine
Lobacheva Olga Leonidovna, Mining University, Russia
Lyashenko Dmitrij Alekseevich, National Transport University, Ukraine
Makarenko Andrej Viktorovich, Donbass State Pedagogical University, Ukraine
Melnikov Aleksandr Yurevich, Donbass State Engineering Academy, Ukraine
Moroz Lyudmila Ivanovna, "National University" "Lviv Polytechnic" "", Ukraine
Muzylyov Dmitrij Aleksandrovich, Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Ukraine
Nadopta Tatyana Anatolievna, Khmelnytsky National University, Ukraine
Napalkov Sergej Vasilevich, Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Russia
Nikulina Evgeniya Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Orlova Anna Viktorovna, Belgorod State National Research University, Russia
Osipov Viktor Avenirovich, Tyumen State University, Russia
Privalov Evgenij Evgrafovich, Stavropol State Agrarian University, Russia
Pyzhyanova Nataliya Vladimirovna, Ukraine
Segin Lyubomir Vasilovich, Slavic State Pedagogical University, Ukraine
Sergienko Aleksandr Alekseevich, Lviv National Medical University named after Daniil of Galitsky, Ukraine
Sochinskaya-Sibirceva Irina Nikolaevna, Kirovograd State Technical University, Ukraine
Sysoeva Vera Aleksandrovna, Belarusian National Technical University, Belarus
Tleuov Ashat Halilovich, Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Tolbatov Volodimir Aronovich, Sumy State University, Ukraine
Tolbatov Sergij Volodimirovich, Sumy National Agrarian University, Ukraine
Hodzhaeva Gyulnaz Kazym kyzy, Russia
Chigirinskij Yulij Lvovich, Volgograd State Technical University, Russia
Shehmirzova Andzhela Muharbievna, Adygea State University, Russia
Shpinkovskij Aleksandr Anatolevich, Odessa National Polytechnic University, Ukraine



CONTENTS / СОДЕРЖАНИЕ

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-01-068>

5

THE AEROSOL MONITORING DEVICE

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЯ

Shimko E.A./Шимко Е.А., Bushueva Y.G./Бушувеева Ю.Г.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-01-081>

9

STREETLIGHT AUTOMATIC MONITORING AND CONTROL SYSTEM
DESIGNE

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО МОНИТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ
ВУЛИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

Nazarenko A.O./Назаренко А.О., Nazarenko O.O./Назаренко О.О., Burova Z.A./Бурова З.А.

Electronics

Електроніка

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-012>

15

REMOTE IDENTIFICATION OF LIQUIDS IN CLOSED DIELECTRIC
CONTAINERS

ДИСТАНЦІОННА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЖІДКОСТЕЙ В ЗАКРИТИХ
ДИЕЛЕКТРИЧЕСКИХ ЕМКОСТЯХ

Loshitskyi P.P./Лошицкий П.П., Ustenko K.S./Устенко К.С.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-047>

25

MODELING A PARAMETERS OF THE MATRIX ATTACHMENT

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАТРИЧНОГО ПРИСТРОЮ

Kudlai S.V./Кудлай С.В., Bondarenko N.O./Бондаренко Н.О.

Industrial engineering. Management engineering

Информатика, вычислительная техника и управление

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-018>

35

STUDY OF THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE
GLASS HEATING PROCESS

ДОСЛІДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ НАГРІВУ
СКЛОМАСИ

Sitnikov A.V./Ситніков О.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-026>

39

IMAGE CAPTURE GENERATOR WITH MACHINE LEARNING

ПОБУДОВА СЕМАНТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗОБРАЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ
МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Hlybovets A.M./Глибовець А.М., Kladko Y.K./Кладько Я.Т.



- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-027> 49
UKRAINE - CONVENIENT TRANSPORT HUB FOR INTERNATIONAL
TRANSIT: PUBLIC ADMINISTRATION ASPECT
*УКРАЇНА – ЗРУЧНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ХАБ ДЛЯ МІЖНАРОДНОГО
ТРАНЗИТУ: ДЕРЖАВНО-УПРАВЛІНСЬКИЙ АСПЕКТ*
Ferdman H.P./Фердман Г.П.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-039> 60
INFORMATION TECHNOLOGY OF MONITORING AND EVALUATION OF
"PROFESSIONAL HEALTH" OF THE PROFESSIONAL
*ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ "ПРОФЕСІЙНОГО
ЗДОРОВ'Я" ФАХІВЦЯ*
Kharkovliuk-Balakina N. V./Харковлюк-Балакіна Н. В., Gorgo Y. P./Горго Ю. П.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-061> 68
MANUFACTURING MANAGEMENT METHODS AT THE EXPENSE OF
USING BAT ALGORITHM
*ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ КАЖАНІВ*
Hrybkov S.V./Грибков С.В., Seidykh O.L./Сєдих О.Л.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-067> 74
TARGET ADAPTATION OF INFORMATION PROTECTION SYSTEMS
ЦЕЛЕВАЯ АДАПТАЦИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ
Arkhyrov A.E./Архипов А.Е., Arkhipova S.A./Архипова С. А.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-073> 80
DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR FORECASTING ADAPTATION OF
THE ABILITIES OF CHILDREN
РОЗРОБКА СПОСОБУ ПРОГНОЗУВАННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ДІТЕЙ
Rublevsky V.D./Рублевський В.Д., Rublevskaya N.I./Рублевська Н.І.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-080> 84
CONSTRUCTING OF THE VOLTERRA MODEL OF HUMAN OCULOMOTOR
SYSTEM BASED ON THE EYE TRACKING DATA
*ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВОЛЬТЕРРЫ ГЛАЗО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АЙТРЕКИНГА*
Pavlenko V.D./Павленко В.Д., Shamanina T.V./Шаманина Т.В.
- <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit12-03-086> 96
MODEL-BASED INFORMATION TECHNOLOGY OF CONTINUOUS OBJECTS
DIAGNOSTICS IN THE CONDITIONS OF THEIR DESCRIPTION DIMENSION GROWTH
Ruban O.D., Fedorova H.M.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEX COPERNICUS
high impact factor (ICV: 84.35)

Issue №12

Part 3

June 2020

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: 14.07.2020

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de



*The publisher is not responsible for the reliability of the
information and scientific results presented in the articles*

With the support of International research
project SWorld
www.sworld.education

