

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.И. Вернадского»

**Автоматизация,
телекоммуникации,
информационные технологии
и программное обеспечение
2024 (ATITS 2024)**

Материалы международной
научно-практической конференции

ЯЛТА
24 – 27 сентября 2024 г.

Симферополь 2024

Автоматизация, телекоммуникации, информационные технологии и программное обеспечение 2024 (АТТТС 2024): материалы международной научно-практической конференции (24-27 сентября 2024 г.) / отв. редактор В.В. Дядичев. – Симферополь: ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», 2024. – 95 с.

Редакционная коллегия

Менюк Сергей Григорьевич, кандидат экономических наук, доцент, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»;

Мельник Анастасия Юрьевна, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»;

Поздеева Ирина Владимировна, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно-практической конференции «Автоматизация, телекоммуникации, информационные технологии и программное обеспечение 2024» (АТТТС 2024), состоявшейся в г. Ялта 24-27 сентября 2024 г. Материалы предназначены для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью применения в научно-исследовательской и педагогической деятельности.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

При перепечатке материалов статей международной научно-практической конференции ссылка на материалы статей обязательна

© ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении, нефтегазовой отрасли, металлургии, энергетике и др.)	5
<i>Макаров Г.В., Свинцов М.М., Загидулин И.Р., Казанцев М.Е., Попов А.С.</i> Прогнозирующая система автоматического регулирования нагрузки рудобогапительной фабрики Рубцовская.....	5
<i>Gumerov R., Isaev R.</i> Design and Development of a Forest Seed Sowing Device for UAVs.....	11
<i>Нечепоренко Д.И.</i> Системы управления технологическими процессами: принципы работы и практическое применение.....	20
Секция 2 Промышленная робототехника и мехатроника	26
<i>Палоник А.А.</i> Вызовы и возможности для развития систем управления беспилотными объектами	26
Секция 4 Оборудование и приборы неразрушающего контроля и технической диагностики	35
<i>Мирошников В.В., Гречишкина Н.В., Неделько А.А.</i> Синтез магнитного поля для многоэлементных преобразователей.....	35
Секция 7 Математическое моделирование технологических процессов и технических систем	43
<i>Биккинина Н.Б., Солнышкина О.А., Курбанова С.С., Булатова А.З.</i> Численное исследование однофазного потока в микроканале с распределенными столбиками	43
Секция 10 Телекоммуникации и связь	49
<i>Маличенко С.В., Зыков С.В.</i> Модели транспортного равновесия в задачах оптимизации потоков программно-конфигурируемых сетей. 49	
Секция 11 Интеллектуальные и цифровые технологии и системы	56
<i>Янченков Н.С., Стоякова К.Л., Новоселова О.В.</i> Исследование процесса разработки и особенностей внедрения системы управления результатами интеллектуальной деятельности на российском предприятии	56

<i>Южанина А.К.</i> Умный дом: перспективы развития, проблемы и вызовы	62
Секция 15 Информационная безопасность	65
<i>Аманов Р. К., Исаев Р.Р., Ермаков А.В., Эсеналиева Г.А., Давлетшин А.Д.</i> Организация и анализ олимпиады по кибербезопасности в формате CTF для школьников Кыргызстана	65
Секция 18 Аддитивные технологии	72
<i>Кожичкин В.М.</i> Инновационное применение аддитивных технологий в медицине	72
Секция 19 Компьютерное моделирование.....	78
<i>Пасюта А.В.</i> 3D-моделирование: оптимизация процессов и повышение автоматизации в промышленности	78
Секция 21 Нейросетевое программное обеспечение	83
<i>Доценко А.И., Тарасова А.В.</i> Программное обеспечение для обработки и анализа зафиксированных дефектов покрытия полотна автомобильных дорог.....	83
Секция 22 Обработка данных и информационные системы	90
<i>Зиневич С.А.</i> Методы визуализации информационных структур	90

Секция 1

*Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении, нефтегазовой отрасли, металлургии,
энергетике и др.)*

ПРОГНОЗИРУЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ РУДООБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ РУБЦОВСКАЯ

*Макаров Г.В.^{1,2}, Свинцов М.М.^{1,2}, Загидулин И.Р.^{1,2},
Казанцев М.Е.^{1,2}, Попов А.С.^{1,2}*

¹ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»

²Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. В статье описана одна из важных проблем управления производством – подачи сырья на переработку на примере обогатительной фабрики полиметаллических руд «Рубцовская». Приведены натурные данные подачи сырья без регулирования, а также с системой автоматического регулирования. Представлена и описана структура двухконтурной системы автоматического регулирования с прогнозирующей моделью с выделением ресурса на регулирование.

Введение

Управление подачей материала на переработку является одной из важных задач управления производством. Значения объемов переработки определяются годовыми, квартальными, месячными и суточными и др. планами производства [1]. А точность выполнения этих планов влияет на эффективность логистических цепочек поставки сырья и готовой продукции [2], соотношение плановых и внеплановых ремонтов, а также технологические режимы агрегатов, уставки которых определяются из балансовых качественно-количественных схем. Точность же соблюдения технологических режимов важна для безопасности и работоспособности агрегатов, эффективности их работы, правильного расхода реагентов и качества получаемой продукции.

Постановка задачи

На рисунке 1 представлена диаграмма подачи руды на обогатительную фабрику Рубцовская [3] при ручном управлении питателем. После питателя руда по конвейеру попадает на шаровые мельницы. Пунктирной линией обозначен график «идеальной»

переработки, т.е. при равномерной подаче, чтобы к концу часа был выполнен план.

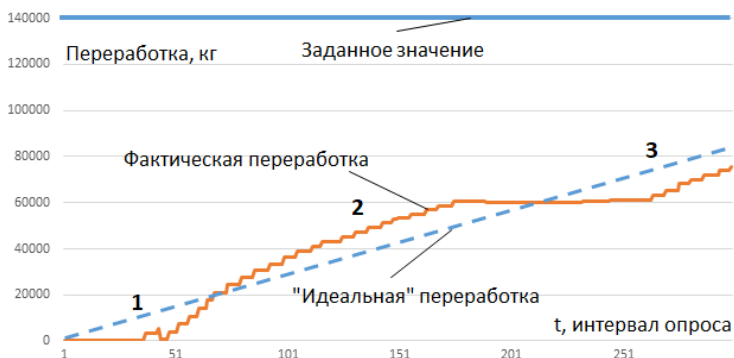


Рисунок 1. Подача руды в ручном режиме.

На рисунке 1 можно выделить 3 участка.

Участок 1 – недостаточная загрузка оборудования, невыполнение нормы переработки.

Участок 2 – попытка компенсировать «провал» по производительности, как результат – переполнение технологических емкостей и перегруз оборудования.

Участок 3 – Снижение производительности для разгрузки оборудования, при этом остается большое количество реагентов, а качество процесса нарушается.

Задачей регулирования было не только обеспечить равномерную нагрузку, но и выполнение часового плана производства. Традиционно на производстве принято использование типовых законов регулирования, настроенных по «инженерным» методам [4-5]. Недостаток типового контура регулирования по обратной связи на основе ПИД-закона [4], поддерживающего заданную производительность в том, что накопленная ошибка регулирования производительности не компенсируется в часовой переработке. Применение же систем автоматического регулирования с прогнозированием, например, САР Смита или Рейсвика [6] с прогнозатором часовой переработки не позволяет в то же время обеспечить равномерную производительность в течение этого часа.

Структура предложенной системы автоматического регулирования

В качестве решения была реализована двухконтурная система управления с прогнозирующей моделью в соответствии с рисунком 2.

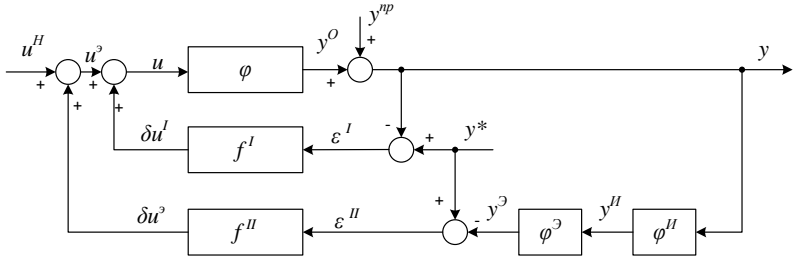


Рисунок 2. Структура САР.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: y^* – заданное значение (производительность); y – выходная переменная (производительность); y^{np} – приведенные к выходу объекта возмущения; y^H – текущее накопленное значение переработки; y^3 – прогнозируемое значение часовой переработки; ε^I , ε^{II} – отклонения по контуру I и II; u – управляющее воздействие (частота питателя); δu^I , δu^{II} – приращения управляющего воздействия контура I и II; u^2 – промежуточная переменная; u^H – расчетное номинальное задание частоты; f^I , f^{II} – регуляторы контура I и II; φ – объект управления; φ^{II} – интегратор; φ^3 – прогнозатор.

Контур I компенсирует резкие скачки производительности, обрабатывая по отклонению выходной переменной. Точность работы данного контура составляла 5-7%, что обусловлено несколькими причинами: некорректная техническая реализация весов на конвейере, неравномерная нагрузка после питателя и неоднородный материал. Такая точность не устраивает технологов, т.к. при управлении шаровыми мельницами это значительное отклонение, что приводило к «заваливанию», или «опустошению» мельниц, хоть и в меньшем объеме, чем вручную.

Контур II в качестве входной переменной использует прогнозируемое значение часовой переработки. Значение часовой переработки совпадает со средним значением производительности за час, поэтому условно заданная величина одинаковая. Данный контур позволяет достичь заданного значения переработки, учитывая просадки и перегрузки, т.е. ошибки регулирования. Эти ошибки

переводятся в отдельную управляющую составляющую, создавая резерв по регулированию для контура I, в соответствии с концепцией возмущенно-невозмущенного движения.

Прогнозирующая модель

Отдельно необходимо остановиться на модели прогнозирования. В первом приближении была выбрана простейшая модель экстраполяции, но с учетом эффектов системы управления [7], по накопленному значению часовой переработки, которая ежечасно обнуляется. На рисунке 3 представлен график ошибки прогнозирования. Определено, что начальные значения прогноза сильно отличаются от фактического значения, а ошибка прогнозирования снижается и попадает в допустимые значения менее 5% спустя 20-25 минут от часа.

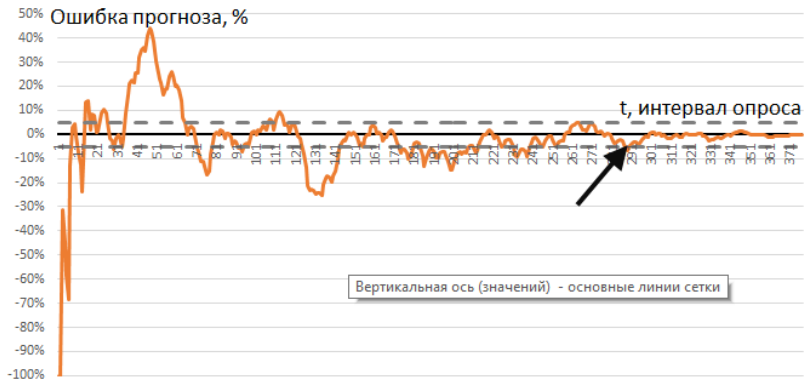


Рисунок 3. Ошибка экстраполяции.

Итоговая прогнозирующая модель построена на базе линейной экстраполяции с 2 контурами – с отсчетом на 0 секунде часа и «виртуального часа» с отсчетом на 30-ой минуте и скользящим переходом с одного контура на другой, рисунок 4.

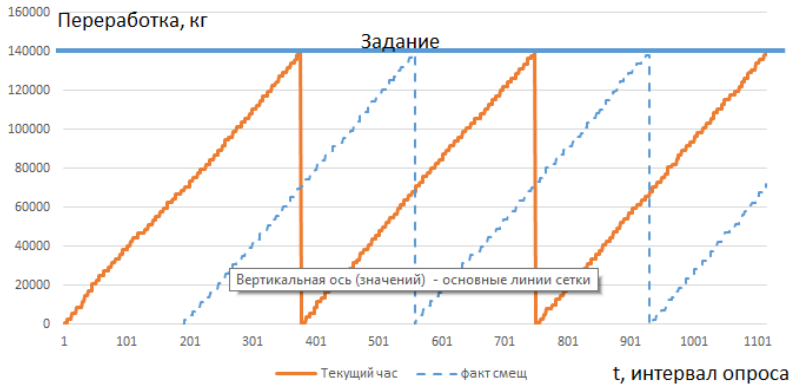


Рисунок 4. Графики переработки с отсчетом на 0 и на 30 минутах.

Результаты натуральных испытаний

На рисунке 5 представлены результаты натурального эксперимента на 3 часах работы обогатительной фабрики. Пунктирные линии (график «идеальной» переработки) практически совпадают с фактическими значениями. Отклонения на первом часу обусловлены началом работы системы автоматического регулирования и не повлияли на точность выполнения плановых показателей к концу часа.

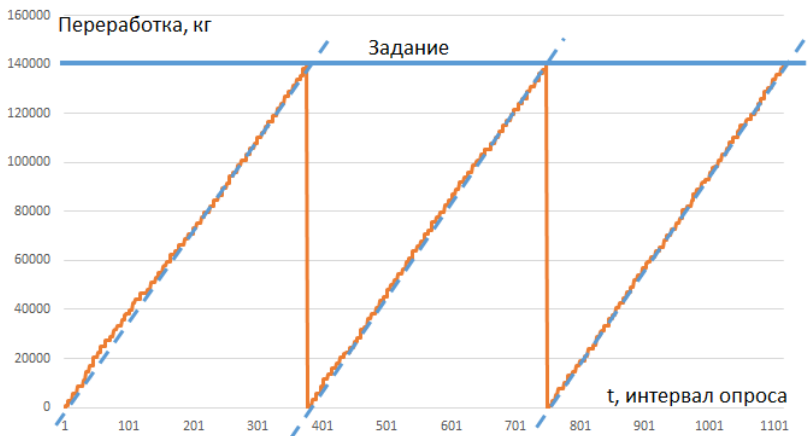


Рисунок 5. График переработки угля.

Заключение

По результатам натурных испытаний предложенной САР ошибка часовой переработки составляет менее 1% при ошибке производительности менее 3%. Это позволило стабилизировать технологических режимы агрегатов и оптимизировать потребление дорогостоящих реагентов обогащения полиметаллической руды, чем сократить потери производства и повысить качество товарной продукции. Предложенную систему также планируется внедрить на предприятии по обогащению угля [8], что позволит повысить эффективность процессов тяжелосреднего обогащения, особенно для нестабильного крупного класса угольного концентрата.

Список литературы

1. Стратегическое планирование / Под. ред. Уткина Э.А. — М.: Ассоциация «Тандем». Издательство «ЭКМОС», 1998. 440 с.
2. Малышева Т.В. Реинжиниринг логистической системы предприятия в целях сквозного управления материальными потоками / Т.В. Малышева, Н.М. Архипов // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок: сборник статей IV международной научно-практической конференции, Казань, 20–22 сентября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 136-139. – EDN RMICJ.
3. Система автоматизации управления Рубцовской обогатительной фабрикой / А.А. Ивушкин, Г.В. Макаров, В.В. Грачев [и др.] // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2024. – № 10. – С. 174-179.
4. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования / В.Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 439 с.
5. Копелович А.П. Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов / А.П. Копелович. – М.: Гос издат литературы по черной и цветной металлургии, 1960. –192 с.
6. O.J. Smith, Closer control of loops with dead time, Chemical Engineering Progress, 53 (1957), pp. 217–219
7. Емельянов С.В. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. Кемерово, М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
8. Система автоматизации управления обогатительной фабрикой ООО "Шахта № 12" / М.В. Шипунов, В.В. Грачев, К.А. Ивушкин [и др.] // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Новокузнецк, 28–30 ноября 2019 года / под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 186-192. – EDN AROFLL.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A FOREST SEED SOWING DEVICE FOR UAVs

Gumerov R.¹, Isaev R.²

Ala-Too International University
Bishkek, Kyrgyzstan

E-mail: radmir.gumerov@alatoou.edu.kg, ruslan.isaev@alatoou.edu.kg

Abstract. This paper is devoted on the design and development of a forest seed sowing device. Key innovations include integrating UAV technology with flight controllers for precise seed dispersal and using GPS for accurate navigation. Additionally, the use of seed balls, developed through traditional techniques, enhances seed protection and germination. The paper also discusses the electronic systems employed in seed sowing mechanisms, including servo motors controlled by PWM signals from a Raspberry Pi, and the role of GPS systems in ensuring precise sowing.

Keywords: Forest seed sowing device, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Seed balls, GPS, Servo Motor Control.

Introduction

In recent decades, the world has been facing serious environmental problems, among which climate change, deforestation, and the loss of biological diversity occupy central places. These challenges require innovative solutions aimed at restoring ecosystems and preserving natural resources. One of the most promising approaches in this area is the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for planting seeds. This technology opens up new horizons in reforestation and agriculture, allowing for a significant acceleration of the planting process and optimization of costs associated with these efforts.

Recent research has explored the development of unmanned vehicles for seed planting and aerial sowing. Studies have focused on designing sowing devices for unmanned aerial vehicles (UAVs) capable of dispersing various forest seeds [1]. Integration of UAVs with flight controllers like Pixhawk enables precise seed dispersal at predetermined waypoints [2]. In Indonesia, researchers have developed a quadcopter drone system for dropping germinated *Tamarindus indica* seeds in revegetation areas, utilizing aerial imagery to optimize planting patterns [3]. While most studies concentrate on aerial vehicles, ground-based solutions have also been explored. An unmanned ground vehicle for seed planting has been developed, featuring high accuracy (94%) in seed placement, remote monitoring capabilities, and both automated and manual operational modes [4]. These advancements in unmanned seed planting technologies offer promising solutions for efficient and sustainable reforestation and agricultural practices.

The main advantages of using UAVs are the possibility of reforestation of hard-to-reach and difficult-to-pass areas (including burnt areas and swampy areas), as well as high technology productivity with relatively low labor and material costs. In addition, the use of environmentally friendly and low-energy-consuming aerial sowing can significantly reduce CO₂ emissions in comparison with classical reforestation technologies. The use of aerial sowing allows to reduce the use of energy-intensive operations performed by tractor equipment, such as: clearing areas and uprooting stumps; plow soil preparation; mechanized planting of artificially grown seedlings; performing agrotechnical care in the first years of life. Therefore, wherever the soil and climatic conditions allow, the use of aerial sowing will be effective, especially in difficult and remote areas [5,6].

Aerial sowing technology is also used in the field of agriculture and gives the greatest efficiency in areas where the use of ground equipment is difficult. These are, first of all, areas with difficult terrain and low bearing capacity of soils. An example is sowing on steep slopes and early sowing of small-seeded cold-resistant crops, as well as early spring feeding of winter crops with mineral granular fertilizers [7].

The main actual problem of introducing aero sowing with the use of UAVs is the limited number of specialized sowing devices adapted for use with UAVs. At the same time, the existing designs of sowing devices used for ground seeders cannot be installed on UAVs, since they have a number of inappropriate parameters.

Design and development of a forest seed sowing device

The design of a seed sowing device for UAVs involves addressing various engineering and ecological factors. The integration of UAV technology into forestry applications requires careful consideration of the design and effectiveness of seed sowing devices. Key factors include the selection of appropriate materials and the construction of the device to ensure reliable seed distribution and effective interaction with the soil [8].

The steps of the design and development of a forest seed sowing device are showed in the Figure 1.

In the UAV, a gravity-drop mechanism is used, where seeds fall from the containers directly onto the soil under the influence of gravity. This system is suitable for aerial sowing devices that do not have a dedicated distribution mechanism.

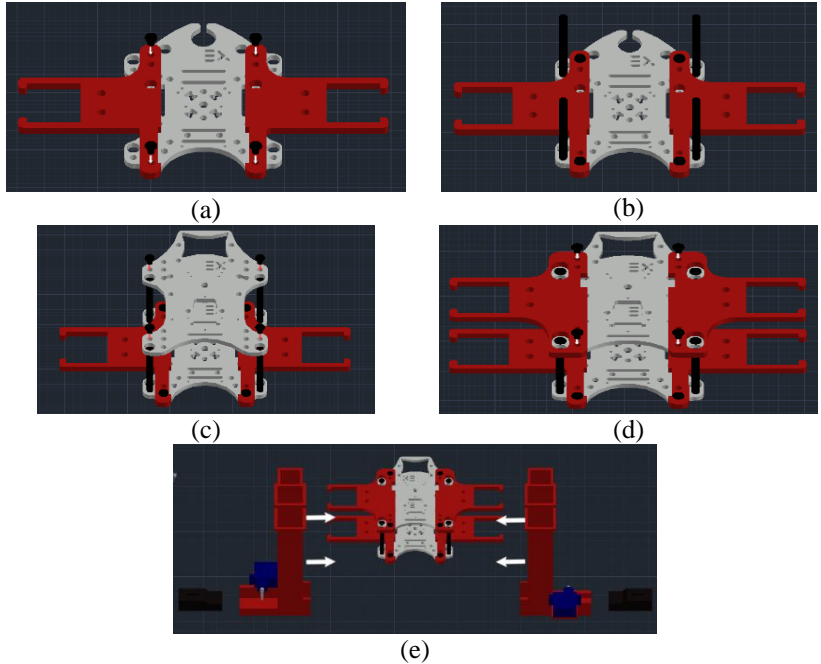


Figure 1. Forest seed sowing device.

The Main Seeding Material Used for Aerial Sowing

To protect tree seeds from rodents, we opted to encase the seeds in balls made from an earth-clay mixture. This protective coating serves not only to deter rodents but also to provide a more stable environment for germination.

The law acts as a physical barrier, while the organic material within the ball retains moisture, promoting early root development. Additionally, the biodegradable nature of the balls ensures that it gradually breaks down, allowing the seed to establish itself in the soil.

The technique for creating seed balls was rediscovered by Japanese natural farming pioneer Masanobu Fukuoka [9]. The technique was also used, as an example, in ancient Egypt to repair farms after the annual spring flooding of the Nile. In times, during the amount of the Second war, this Japanese government botanist working during a government lab, Fukuoka, who lived on the mountainous island of Shikoku, wanted to seek out a way that might increase food production without removing from the land already allocated for traditional rice production which thrived within the volcanic

rich soils of Japan [10, 11].

The size and weight of the seed balls are critical for this project. After conducting several experiments, we determined that the optimal size is a diameter of 16-18 mm, with a maximum weight of 10 grams.

The required materials for making seed balls (Figure 2) are as follows:

- 1 bucket of clay;
- 1 bucket of organic dark soil or compost;
- 1 bucket of water (the amount may vary depending on the soil type);
- $\frac{1}{4}$ bucket of seeds.



Figure 2. Seed balls.

Electronic Systems for Seed Sowing Mechanism

The electronic components of the seed sowing mechanism (Figure 3) include the following:

- Raspberry Pi 4 B from the COEX Clover 4 platform;
- Two SG90 micro-servo motors;
- Power distribution board (PDB) from the COEX Clover 4 platform.

The signal pins of the servomotors are connected to GPIO pins 32 and 33 on the Raspberry Pi, utilizing hardware Pulse Width Modulation (PWM). The power distribution board, delivering 5V to the system, provides the power supply for the servos.

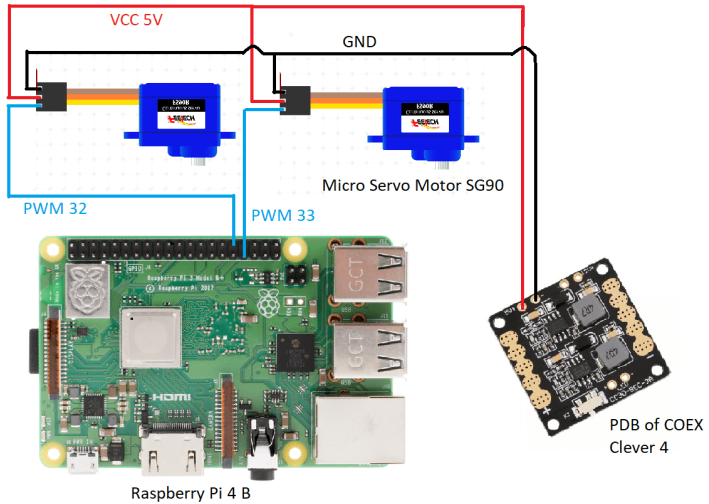


Figure 3. Electronic components of the seed sowing mechanism.

GPS Integration for Precision Sowing

Recent studies highlight the benefits of GPS-guided seed sowing systems in enhancing efficiency. These systems not only reduce the time and labor required for planting but also improve seed placement accuracy. Advances in GPS-based agricultural machinery have been shown to significantly enhance precision farming techniques, underscoring the role of such technology in optimizing planting practices. Furthermore, the integration of GPS and remote sensing technologies has been reported to positively impact crop yields by refining planting practices [11].

In large-scale reforestation projects and agricultural applications, GPS-based sowing technology has demonstrated effectiveness. The ability to ensure precise seed placement is crucial for optimizing germination rates and crop yields. The integration of GPS and unmanned aerial vehicles (UAVs) for efficient and accurate seed sowing has proven effective in modern agricultural practices, illustrating its value in achieving precision in planting. Additionally, the role of GPS technology in contemporary agricultural practices further emphasizes its importance in precision farming [12]. To ensure precise seed sowing, our UAV uses GPS systems to determine their real-time location based on predefined terrain data. The GPS module receives signals from satellites to provide accurate positioning. Using GPS coordinates and control algorithms, the UAV autonomously

navigates to predetermined sowing points. The flight controller stabilizes the UAV during flight, ensuring smooth maneuvers and accurate execution of planting tasks. Figure 4 shows the forest seed sowing locations using the GPS system.



Figure 4. Forest seed sowing locations.

Controlling Servo motors for Seed Sowing

The servo motors in the seed sowing mechanism are controlled by a PWM signal from the Raspberry Pi. The PWM modulates the duration for which the signal remains HIGH or LOW during each cycle, controlling the rotation of the servo motor. The duty cycle is the percentage of time the signal is HIGH.

Figure 5 illustrates the electronic components that integrate with the servo motors. The table below details the duty cycle corresponding to different rotation angles of the SG90 servo motor:

- A rotation angle of -90° corresponds to a pulse duration of 1 ms, resulting in a 5% duty cycle;
- A rotation angle of 90° corresponds to a pulse duration of 2 ms, resulting in a 10% duty cycle;

- A rotation angle of 0° corresponds to a pulse duration of 1.5 ms, resulting in a 7.5% duty cycle.

The servo motors adjust the seed release mechanism based on the required angle, ensuring precise timing of seed dispersal.

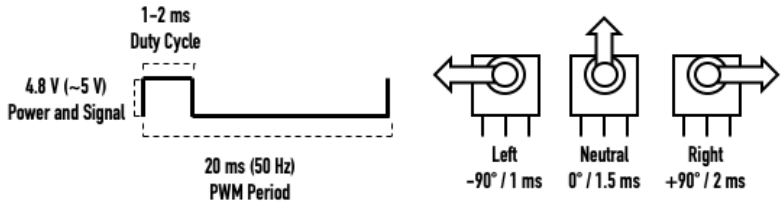


Figure 5. Electronic components of the seed sowing mechanism.

Servo Motor Control Using Raspberry Pi: A Python-Based Approach

In this section, we present a Python-based method for controlling a servo motor using the Raspberry Pi. The approach focuses on generating and modulating Pulse Width Modulation (PWM) signals to control the servo motor's angular position. The implementation uses the RPi.GPIO library to interface with the Raspberry Pi's General-Purpose Input/Output (GPIO) pins, while the time.sleep function is used to synchronize the servo motor's movement.

The required libraries must first be imported. The RPi.GPIO library is responsible for configuring and interacting with the GPIO pins on the Raspberry Pi, while the sleep function from the time module introduces delays between servo movements. Next, the GPIO mode is set to BOARD, which assigns pin numbers based on the physical layout of the Raspberry Pi's GPIO header. The specific GPIO pin connected to the servo motor (in this case, pin 33) is configured as an output pin to send control signals to the motor.

To control the servo motor, a PWM signal is generated on the specified GPIO pin using the GPIO.PWM() function. The PWM frequency is set to 50 Hz, a common value for controlling servo motors. Initially, the PWM signal is started with a 0% duty cycle, corresponding to a neutral motor position. The ChangeDutyCycle() function allows for modification of the PWM signal's duty cycle, which determines the servo motor's angular position. The following code positions the servo motor at three different angles: -90° , 0° , and $+90^\circ$. The sleep function ensures sufficient time for the servo to adjust between positions. This approach demonstrates how precise

control over a servo motor can be achieved through PWM signal modulation on a Raspberry Pi. By mapping specific duty cycles to angular positions, the motor can be positioned accurately, which is critical for applications in robotics and embedded systems. Figure 6 shows the seed sowing drone and its testing phase.



Figure 6. (left) Seed Sowing Drone, (right) Testing the drone.

Conclusion

A forest seed sowing device was designed and developed as part of this work, demonstrating its functionality through successful testing. The device proved effective in seed dispersal, showing potential for further integration with UAV systems. In addition, the integration of GPS technology to UAVs allows sowing more precisely seeds at predefined locations. This enhances the overall efficiency of the seed sowing process, particularly in challenging terrains, and increases the likelihood of successful germination. This technology can be used in the future reforestation projects, enhancing the efficiency of aerial seeding operations.

Patent application

A patent application has been applied to Kyrgyzpatent bureau on 29 March 2024, application number 20240007.2. The name of the invention is Forest Seed Sowing Device for UAVs.

References

1. Lysych M., Bukhtoyarov L., Druchinin D. Design and Research Sowing Devices for Aerial Sowing of Forest Seeds with UAVs // Inventions. 2021. T. 6, № 4. C. 83. DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions6040083>
2. Yamunathangam D., Shanmathi J., Caviya R., Saranya G. Payload Manipulation for Seed Sowing Unmanned Aerial Vehicle through interface with Pixhawk Flight Controller // 2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC). 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/icisc47916.2020.9171148>

3. Andrio A. Development of UAV technology in seed dropping for aerial revegetation practices in Indonesia // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019. T. 308, № 1. C. 012051. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/308/1/012051>
4. Owoeye S.O., Durodola F., Bode-Okunade A.B., Alkali A.B., Okonkwo C.T. Development of an unmanned ground vehicle for seed planting // IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA). 2024. T. 13, № 2. C. 168. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijra.v13i2.pp168-179>
5. Mohan M., Richardson G., Gopan G., Aghai M.M., Bajaj S., Galgamuwa G.A.P., Vastaranta M., Arachchige P.S.P., Amorós L., Corte A.P.D., et al. UAV-supported forest regeneration: Current trends, challenges and implications // Remote Sens.. 2021. T. 13. № 2596. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13132596>
6. Novikov A.I., Ersson B.T. Aerial seeding of forests in Russia: A selected literature analysis // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.. 2019. T. 226. № 012051. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012051>
7. Rudoy E.V., Petukhova M.S., Ryumkin S.V., Truflyak E.V., Kurchenko N.Y. Scientifically grounded forecast of the development of precision farming in Russia. Novosibirsk: ITS NGAU «Zolotoy kolos», 2021.
8. Thompson J., Garcia M. The integration of UAVs for precision forestry: A case study on seed sowing devices // Forestry Science Review. 2022. Vol. 15, no. 4. Pp. 321-335. DOI: 10.1234/forestry2022.321
9. Adler M. Environmentalists adopt new weapon: seed balls. NPR, April 15, 2009. URL: <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=103129515> (accessed November 9, 2011).
10. Fukuoka M. The one-straw revolution: an introduction to natural farming / translated by Chris Pearce, Tsune Kurosawa, Larry Korn. Emmaus: Rodale Press, 1978. ISBN 087857220. (Originally published in Japanese in 1975 as 『自然農法・わら一本の革命』).
11. Fukuoka M. The natural way of farming: the theory and practice of green philosophy / translated by Frederic P. Metreaud. Tokyo: Japan Publications, 1987. ISBN 978-0-87040-613-3. (Originally published in Japanese in 1975 as 『自然農法 緑の哲学の理論と実践』).
12. Li J., Wang X., Zhang L. Advances in GPS-Based Agricultural Machinery and Precision Agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 156. P. 410-421. DOI: 10.1016/j.compag.2018.11.014.
13. Yang Y., Li X., Wang T. Integration of GPS and UAV for Efficient and Accurate Seed Sowing // International Journal of Remote Sensing. 2021. Vol. 42, No. 6. P. 2121-2138. DOI: 10.1080/01431161.2021.1903178.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Нечепоренко Д.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
Студент физико-технического института, группа АТП-6-о-231

Научный руководитель: Дядичев В.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
д.т.н., профессор, профессор кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. В статье рассмотрены принципы работы и практическое применение систем управления технологическими процессами, представлена обобщенная функциональная структура и уровни иерархии системы. Особое значение придается вопросам автоматизации процессов химических технологий. Определено, что развитие вычислительной техники, а также применение современных технологий, открывают новые возможности для дальнейшего совершенствования АСУТП.

Ключевые слова: автоматизированная система, алгоритм, технологический процесс, управляющее воздействие, производственный участок.

Введение

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) - это человек-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием. За критерий управления АСУТП принимают соотношение, характеризующее качество функционирования технологического объекта управления (ТОУ) в целом и принимающее конкретные числовые значения в зависимости от используемых управляющих воздействий.

Главной задачей большинства АСУТП является получение определенных технико-экономических результатов: повышение производительности труда; снижение затрат живого труда и трудоемкости производства; экономия энергетических ресурсов, вспомогательных материалов, тары и т.п.; обеспечение безопасности функционирования объекта; повышение или стабилизация качества выпускаемой продукции или обеспечение заданных значений параметров готовых изделий; достижение оптимальной загрузки оборудования; оптимизация режимов работы технологического оборудования. При постановке задач оптимизации наряду с критериями должны быть заданы ограничения на все параметры и переменные технологического процесса, т.е. допустимые изменения,

которые определяют функционирование технологического процесса. Достижение поставленных задач осуществляется реализацией определенных функций.

Материалы и методы

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления. Технологический объект управления (ТОУ) – это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства.

К технологическим объектам управления относятся:

- технологические агрегаты и установки (группы станков, оборудования), реализующие самостоятельный технологический процесс;
- отдельные производства (цехи, участки) или производственный процесс всего промышленного предприятия, если управление этим производством носит в основном технологический характер, т.е. заключается в реализации рациональных режимов работы взаимосвязанных агрегатов (участков, производств).

Совместно функционирующие ТОУ и управляющая им АСУТП образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК).

Функциональная структура - это структура, элементами которой являются функции АСУТП, а связи между элементами определяют информационно-логическую последовательность и подчиненность реализации этих функций.

Обобщенная функциональная структура АСУТП показана на рисунке 1, она иллюстрирует организацию работы АСУТП.



Рисунок 1. Обобщенная функциональная структура АСУТП.

Функции АСУТП следует отличать от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами. Они могут быть управляющими, информационными и вспомогательными.

Управляющие функции АСУТП - это выработка и реализация управляющих воздействий на ТОУ. Управляющие функции реализуются процедурами блока формирования управляющих воздействий, в котором в соответствии с заложенными алгоритмами и инструкциями формируются управляющие решения и соответствующие воздействия на ТОУ и блок задания в целях максимизации или минимизации критерия оптимальности. Сформированные управляющие воздействия реализуются на ТОУ исполнительными органами [1-3].

Информационные функции АСУТП - это функции системы по сбору, обработке и предоставлению информации о состоянии ТОУ оператору или на последующую обработку в блок формирования управляющих воздействий. В процессе обработки информации выполняются операции суммирования, сглаживания, вычисления косвенных показателей, которые не могут быть определены непосредственно при контроле сопоставления текущих значений параметров технологического процесса с заданными. Одновременно могут осуществляться подготовка и передача информации в смежные системы управления, обобщение результатов и прогноз состояния ТОУ и технологического оборудования. Отличительной особенностью управляющих и информационных функций АСУТП является их направленность на конкретного потребителя.

Вспомогательные функции обеспечивают решение внутрисистемных задач. В отличие от управляющих и информационных функций АСУТП, вспомогательные функции не имеют потребителя вне системы и предназначены для обеспечения собственного функционирования. Из предыдущего следует, что ТОУ и АСУТП функционируют совместно. Совокупность ТОУ и АСУТП образует автоматизированный технологический комплекс (АТК). Общее в функциональной структуре АСУТП и функциональной схеме системы регулирования то, что в обеих сохраняются основные функции - измерение, сопоставление, вычисление и организация регулирующего (управляющего) воздействия [4-5]. Однако вследствие необходимости обработки чрезвычайно больших потоков информации, поступающих в ТОУ, сложности этой обработки, применения алгоритмов принятия оптимальных решений, необходимости

корректировки совокупности параметров ТОУ АСУТП приобрела качественно новое свойство - обеспечение в соответствии с заданным критерием управления наилучших результатов функционирования всего технологического процесса.

Обсуждение и результаты

Особое значение придается вопросам автоматизации процессов химической технологии в связи с взрыво- и пожароопасностью перерабатываемых веществ, их агрессивностью и токсичностью, с необходимостью предотвращения вредных выбросов в окружающую среду. Указанные особенности, высокая чувствительность к нарушениям заданного режима, наличие большого числа точек контроля и управления процессом, а также необходимость своевременного и соответствующего сложившейся в данный момент обстановке воздействия на процесс, в случае отклонения от заданных по регламенту условий протекания, не позволяют даже опытному оператору обеспечить качественное ведение процесса вручную.

Создание АСУТП, необходимость в которых была вызвана объективными потребностями развития промышленности, стало возможно благодаря внедрению вычислительных устройств, позволяющих управлять технологическими процессами в «реальном» времени, т. е. в едином темпе с развитием управляемого процесса. Любую автоматическую систему управления технологическим процессом (АСУ ТП) можно в конечном итоге разделить на 3 основных уровня иерархии в соответствии с рисунком 2:

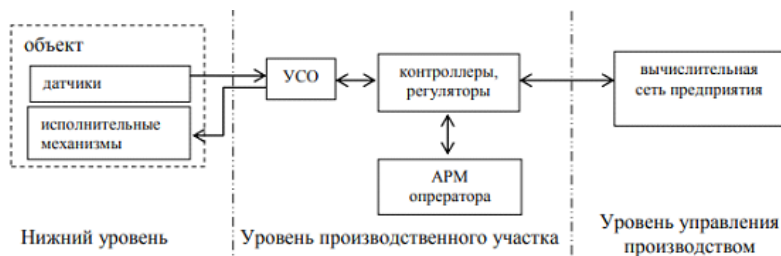


Рисунок 2. Уровни иерархии АСУ ТП.

Самым нижним уровнем является уровень датчиков и исполнительных механизмов, которые устанавливаются непосредственно на технологических объектах. Их деятельность заключается в получении параметров процесса, преобразовании их в

соответствующий вид для дальнейшей передачи на более высокую ступень (функции датчиков), а также в приеме управляющих сигналов и в выполнении соответствующих действий (функции исполнительных механизмов).

Средний уровень - уровень производственного участка. Его функции:

- сбор информации, поступающей с нижнего уровня, ее обработка и хранение;

- выработка управляющих сигналов на основе анализа информации;

- передача информации о производственном участке на более высокий уровень.

Верхний уровень в системе автоматизации занимает уровень управления. На этом уровне осуществляется контроль за производством продукции. Этот процесс включает в себя сбор поступающих с производственных участков данных, их накопление, обработку и выдачу руководящих директив нижним ступеням. Атрибутом этого уровня является центр управления производством, который может состоять из трех взаимопроникающих частей:

- 1) операторской части,
- 2) системы подготовки отчетов,
- 3) системы анализа тенденций.

Операторская часть отвечает за связь между оператором и процессом на уровне управления. Она выдает информацию о процессе и позволяет в случае необходимости вмешательство в ход автоматического управления. Обеспечивает диалог между системой и операторами.

Система подготовки отчетов выводит на экраны, принтеры, в архивы и т.д. информацию о технологических параметрах с указанием точного времени измерения, выдает данные о материальном и энергетическом балансе и др.

Система анализа тенденций дает оператору возможность наблюдения за технологическим параметрами и делать соответствующие выводы.

На верхнем уровне АСУ ТП размещены мощные компьютеры, выполняющие функции серверов баз данных и рабочих станций и обеспечивающие анализ и хранение всей поступившей информации за любой заданный интервал времени, а также визуализацию информации и взаимодействие с оператором. Основой программного обеспечения верхнего уровня являются пакеты SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - системы управления и доступа к

данным). Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) играют ключевую роль в современной промышленности, обеспечивая оптимизацию и повышение эффективности производства [6-8]. АСУТП, состоящие из взаимосвязанных уровней иерархии, обеспечивают сбор, обработку и анализ данных, а также формирование управляющих воздействий на технологическое оборудование.

Основными преимуществами АСУТП являются:

- Повышение производительности труда;
- Снижение затрат на производство;
- Экономия ресурсов;
- Обеспечение безопасности функционирования объекта;
- Повышение качества продукции;
- Оптимизация режимов работы оборудования.

Применение АСУТП особенно важно в отраслях с повышенной опасностью, таких как химическая промышленность, где ручное управление невозможно или неэффективно.

Выводы

Развитие вычислительной техники, а также применение современных технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, открывают новые возможности для дальнейшего совершенствования АСУТП и повышения эффективности производственных процессов.

Список литературы

1. Выжигин А. Гибкие производственные системы.- М.:Машиностроение, 2009.- 288 с.
2. Гибкие производственные комплексы / Под редакцией П.Н. Беянина и В.А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1984, -384 с.,
3. Blazewicz, J. et all Handbook on Scheduling. From Theory to Practice Springer Verlag, 2019.- 741 p.
4. Brucker, Peter. Scheduling Algorithms.- Springer Verlag, 2007.- 423 p.
5. Куняев М.С., Сидоренко А.М., Фирсов А.С., Хоботов Е.Н. Methods of schedule building in manufacturing systems. MSTU named after N.E. Bauman, 2009.- 31 p.
6. Pinedo M.L. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009, 536 pp.
7. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковская Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудницкого. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 – 452 с.
8. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. – М. : Физматлит, 2006. – 320 с.

Секция 2

Промышленная робототехника и мехатроника

ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.

Палоник А.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
Студентка физико-технического института, группа АТП-б-о-231

Научный руководитель: Дядичев В.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
д.т.н., профессор, профессор кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. Данная статья рассматривает ключевые вызовы и возможности для развития систем управления беспилотными объектами. В ней раскрыты следующие ключевые темы: внедрение беспилотных технологий в использование в городской среде, включая мониторинг инфраструктуры, управление дорожным движением и коммунальными службами. Также рассмотрены применение беспилотных плавательных объектов для очистки рек и других водоемов от мусора и загрязнений. Особое внимание уделено использованию беспилотного оборудования для исследования морского дна, добычи ресурсов и установки подводной инфраструктуры. Рассмотрены принципы работы беспилотных подводных аппаратов, их технологии, системы управления и навигации. Основные выводы статьи затрагивают ключевые тенденции и перспективы развития систем управления беспилотными объектами, а также рекомендации для различных отраслей и сфер их применения. Обозначены основные вызовы и возможности, стоящие перед технологиями беспилотного управления в ближайшем будущем.

Введение

Беспилотные объекты, или БПЛА (беспилотные летательные аппараты), БПА (беспилотные подводные аппараты) и БПС (беспилотные плавательные средства), играют все более важную роль в современном мире. Эти технологии, лишённые необходимости непосредственного человеческого присутствия, открывают широкие возможности для решения различных задач в разных сферах.

Развитие систем управления беспилотными объектами является ключевым фактором, определяющим эффективность и безопасность их применения. Эти системы обеспечивают удаленное управление, мониторинг, навигацию и контроль над беспилотными платформами, позволяя использовать их потенциал в полной мере.

Растущие потребности в применении беспилотных технологий обусловлены рядом факторов. Во-первых, они позволяют

осуществлять доступ и проведение работ в труднодоступных или опасных для человека местах, будь то высокогорье, глубоководье или зоны боевых действий. Во-вторых, беспилотные объекты способны выполнять функции, требующие высокой точности и продолжительности, без риска для жизни оператора. В-третьих, они открывают новые возможности для мониторинга, картографирования, инспекции и других задач, которые ранее были затруднены или невозможны.

Тема развития систем управления беспилотными объектами актуальна для широкого спектра отраслей и сфер деятельности. В гражданской сфере они находят применение в городском хозяйстве, строительстве, сельском хозяйстве, экологии и охране окружающей среды. В военной области беспилотные платформы используются для разведки, наблюдения и даже боевых операций. В промышленности они задействованы для инспекции оборудования, мониторинга производственных процессов, логистики и ремонтных работ. Развитие этих технологий также влияет на сферы науки, образования, медицины и многие другие [1-4].

Таким образом, совершенствование систем управления беспилотными объектами является ключевым направлением научно-технического прогресса, способным оказать значительное влияние на различные аспекты жизни современного общества. Изучение существующих вызовов и возможностей в этой области позволит определить пути наиболее эффективного развития данных технологий.

Материалы и методы

Беспилотные объекты открывают широкие возможности для их применения в городской среде, становясь все более важным инструментом для решения различных задач. Одно из ключевых направлений - это использование беспилотных технологий для мониторинга и управления городской инфраструктурой.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащенные высокотехнологичными сенсорами, камерами и системами компьютерного зрения, могут эффективно осуществлять регулярный мониторинг состояния зданий, дорог, мостов, линий электропередач и других объектов городского хозяйства. Такие данные позволяют своевременно выявлять проблемные участки, определять необходимость ремонтных работ, и, как следствие, предотвращать аварийные ситуации и минимизировать ущерб. Кроме того, беспилотники могут применяться для инспекции труднодоступных элементов инфраструктуры, позволяя обследовать мосты, башни,

трубопроводы без необходимости прерывать эксплуатацию или рисковать жизнью сотрудников.

Применение беспилотных объектов в управлении дорожным движением и парковками также демонстрирует значительный потенциал. БПЛА, оснащенные камерами высокого разрешения, могут осуществлять постоянный мониторинг дорожной обстановки, отслеживать соблюдение правил дорожного движения, выявлять заторы и аварийные ситуации. Полученные данные могут использоваться для динамического управления светофорами, регулирования скоростного режима, перенаправления транспортных потоков. Что касается парковок, беспилотные платформы способны проводить инвентаризацию свободных мест, следить за соблюдением правил парковки и выявлять незаконно припаркованные автомобили.

Использование беспилотных объектов также находит широкое применение в различных коммунальных службах города. Так, беспилотные плавательные средства (БПС) могут быть задействованы для регулярной инспекции и обслуживания городских водоемов, очистки от мусора и загрязнений. Беспилотные роботизированные платформы, оснащенные специализированным оборудованием, способны проводить осмотр и техническое обслуживание трубопроводов, линий электропередач, канализационных систем, не требуя прерывания их эксплуатации.

Внедрение беспилотных технологий в городскую среду сопряжено с рядом вызовов, таких как необходимость обеспечения безопасности полетов в условиях высокой плотности застройки, интеграция с другими элементами инфраструктуры, защита конфиденциальности данных, подготовка нормативно-правовой базы. Тем не менее, применение беспилотных объектов в городах имеет и значительные преимущества: повышение эффективности управления, сокращение эксплуатационных затрат, снижение рисков для жизни сотрудников, улучшение качества городской среды. Решение этих задач требует комплексного подхода, включающего разработку новых технологических решений, совершенствование систем управления, а также тесное сотрудничество между муниципальными властями, научным сообществом и производителями беспилотных платформ.

Обсуждение и результаты

Одним из перспективных направлений применения беспилотных технологий является использование беспилотных плавательных средств (БПС) для очистки рек, озер и других водных объектов от мусора и загрязнений.

Традиционные методы очистки водоемов, такие как ручной сбор мусора с берегов или привлечение спецтехники, имеют ряд существенных недостатков. Они трудоемки, дорогостоящи, зачастую неэффективны в труднодоступных местах, а также сопряжены с высокими рисками для здоровья персонала, работающего в водной среде. Применение беспилотных плавательных устройств позволяет преодолеть эти ограничения, открывая новые возможности для очистки водных объектов.

Беспилотные платформы, оснащенные специализированным оборудованием для сбора, сортировки и утилизации мусора, могут осуществлять непрерывный мониторинг и очистку акваторий водоемов. Они способны работать в труднодоступных местах, таких как заросшие прибрежные зоны, русла рек с сильным течением или зоны, загрязненные промышленными отходами. Управление такими БПС может осуществляться как дистанционно, так и в автоматическом режиме, что повышает эффективность и безопасность проводимых работ.

Примером успешного внедрения беспилотных технологий для очистки водоемов является проект по очистке реки Янцзы в Китае. Здесь были задействованы мобильные робототехнические платформы, способные автономно передвигаться по воде, собирать плавающий мусор, сортировать его и отправлять на утилизацию. За первые два года работы этой системы было собрано около 2000 тонн отходов, значительно улучшив экологическое состояние реки.

Другой пример - использование беспилотных катамаранов для очистки озер в Сингапуре. Эти автономные суда не только собирают плавающий мусор, но и проводят мониторинг качества воды, позволяя своевременно выявлять и реагировать на загрязнения. Применение беспилотных технологий в данном проекте позволило сократить время и трудозатраты на очистку озер, а также минимизировать риски для персонала.

Перспективы развития систем для очистки водных объектов с использованием беспилотных технологий весьма многообещающи. Совершенствование алгоритмов навигации и автономного управления, повышение грузоподъемности и энерговооруженности БПС, интеграция с системами мониторинга и принятия решений - все это позволит значительно расширить возможности применения данных решений. Кроме того, мультифункциональность беспилотных платформ открывает перспективы для их использования не только для очистки, но и для других задач, связанных с обследованием, восстановлением и охраной водных экосистем.

Внедрение беспилотных технологий в сферу очистки водоемов демонстрирует значительные преимущества по сравнению с традиционными методами: повышение эффективности, снижение рисков для персонала, возможность работы в труднодоступных местах. Дальнейшее развитие этих систем, несомненно, внесет существенный вклад в решение проблемы загрязнения водных объектов и обеспечение их экологической устойчивости.

Одним из ключевых направлений применения беспилотных технологий является использование беспилотных подводных аппаратов (БПА) для исследования морского дна, добычи морских ресурсов и установки подводной инфраструктуры.

Изучение океанического дна и прибрежных морских экосистем традиционно было сопряжено со значительными техническими сложностями и рисками для человека. Необходимость обеспечения длительного пребывания под водой, работа в экстремальных условиях повышенного давления, ограниченная видимость - все эти факторы существенно затрудняли и ограничивали возможности подводных исследований. Внедрение беспилотных подводных аппаратов позволило значительно повысить эффективность и безопасность этих работ.

Современные БПА, оснащенные высокотехнологичными сенсорами, камерами, системами навигации и манипуляторами, способны выполнять широкий спектр задач по мониторингу, картографированию, инспекции и документированию морского дна. Они могут проводить детальные обследования донной структуры, выявлять затопленные объекты, обнаруживать разломы и просадки грунта, осуществлять поиск полезных ископаемых. Благодаря своей автономности и способности работать на больших глубинах, БПА позволяют получать уникальные данные, недоступные для человека.

Использование беспилотных технологий также находит применение в сфере добычи морских ресурсов и установке подводной инфраструктуры. БПА могут использоваться для проведения геологоразведки морского дна, мониторинга состояния и обслуживания подводных трубопроводов, кабелей и других инженерных сооружений. Это позволяет значительно снизить риски для человека, сократить время и расходы на проведение таких работ.

Преимущества применения беспилотных подводных аппаратов в морских операциях очевидны. Во-первых, они обеспечивают доступ к областям, недоступным или опасным для человека, расширяя возможности изучения и освоения морского пространства. Во-вторых, БПА могут работать длительное время без перерывов, что важно для

мониторинга и технического обслуживания. В-третьих, дистанционное управление позволяет минимизировать риски, связанные с человеческим фактором. Кроме того, использование беспилотных технологий способствует сокращению эксплуатационных затрат, повышению точности и воспроизводимости результатов.

Вместе с тем, применение БПА в морских средах сопряжено с рядом серьезных технических и технологических вызовов. Обеспечение энергоснабжения, автономности и надежной связи в условиях повышенного давления и ограниченной видимости является одной из ключевых проблем. Также существуют задачи, связанные с навигацией, манипуляцией объектами, обработкой данных, которые требуют дальнейшего совершенствования алгоритмов и аппаратных решений.

Несмотря на эти сложности, развитие беспилотных подводных технологий открывает широкие перспективы для изучения, освоения и более рационального использования океанических ресурсов. Совершенствование систем управления БПА, интеграция с другими морскими технологиями, повышение их функциональности и эффективности - все это будет способствовать расширению сфер применения беспилотных решений в морской отрасли.

Использование беспилотных подводных аппаратов (БПА) для исследования морского дна, добычи ресурсов и установки инфраструктуры требует глубокого понимания лежащих в их основе технологий. Эти сложные роботизированные системы включают в себя ряд взаимосвязанных компонентов, обеспечивающих их эффективную и надежную работу в экстремальных подводных условиях.

Одним из ключевых элементов БПА является система управления и навигации. Она отвечает за позиционирование, ориентацию и маневрирование аппарата в водной среде. Использование комбинации датчиков, таких как гидроакустические, инерциальные и магнитные, позволяет определять местоположение БПА, контролировать его ориентацию и скорость перемещения. Для повышения точности навигации применяются технологии GPS, ГЛОНАСС, а также методы подводной навигации, основанные на работе гидроакустических маяков. Сложные алгоритмы управления обеспечивают как дистанционное управление БПА оператором, так и автономное выполнение запрограммированных задач.

Важным аспектом является энергообеспечение беспилотных подводных аппаратов. Традиционно для этих целей используются аккумуляторные батареи, однако их ограниченная емкость и время работы служат серьезным ограничением для длительных миссий.

Альтернативные решения, такие как топливные элементы, гибридные системы, использование энергии волн или морских течений, позволяют значительно увеличить продолжительность автономной работы БПА. Совершенствование накопителей энергии, а также интеграция с возобновляемыми источниками энергии - ключевые направления развития энергообеспечения в подводной робототехнике.

Не менее важную роль играют средства связи и передачи данных между БПА и наземными/надводными станциями управления. В подводной среде традиционные радиоволновые каналы связи сильно ослабляются, что существенно затрудняет дистанционное управление и мониторинг. Решением этой проблемы служат гидроакустические модемы, использующие звуковые волны для передачи информации на расстояния до нескольких километров. Кроме того, применение оптических и лазерных систем связи позволяет обеспечить высокоскоростную передачу данных на ограниченные расстояния. Интеграция различных технологий связи, включая спутниковые каналы, обеспечивает устойчивую и надежную коммуникацию с беспилотными подводными аппаратами.

Для выполнения широкого спектра задач современные БПА оснащаются разнообразным специализированным оборудованием: манипуляторами для работы с объектами, гидролокаторами и сонарами для картографирования дна, камерами высокого разрешения для визуального обследования, различными сенсорами для измерения физико-химических параметров воды и грунта. Интеграция этих модулей в единую систему управления является важной задачей, требующей высокого уровня технологической зрелости [1-7].

Непрерывное совершенствование технологической базы беспилотных подводных аппаратов, включая системы навигации, энергообеспечения, связи и специализированного оборудования, является ключом к расширению их применения в морской отрасли. Повышение автономности, надежности, функциональности и эффективности БПА будет способствовать более широкому внедрению этих технологий в исследование, освоение и охрану морских ресурсов.

Выводы

Анализ различных сфер применения беспилотных технологий позволяет выделить ключевые тенденции и перспективы развития систем управления беспилотными объектами.

Во-первых, очевидна растущая востребованность беспилотных решений для выполнения широкого спектра задач, от мониторинга и патрулирования до проведения опасных работ и доставки грузов. Это

обусловлено значительными преимуществами беспилотных платформ по сравнению с традиционными методами, такими как повышение эффективности, снижение рисков, расширение доступа к труднодоступным зонам. Ярким примером является использование беспилотных аппаратов для очистки водных объектов, исследования морского дна и установки подводной инфраструктуры.

Во-вторых, стремительное развитие ключевых технологий, лежащих в основе беспилотного управления, открывает новые горизонты для практического применения этих решений. Совершенствование систем навигации, связи, энергообеспечения, а также алгоритмов автономного управления и обработки данных позволяют повысить надежность, функциональность и эффективность беспилотных объектов. Интеграция с дополнительными сенсорами, манипуляторами и другим специализированным оборудованием расширяет спектр выполняемых задач.

В-третьих, наблюдается тенденция к повышению уровня автономности беспилотных систем, что способствует снижению нагрузки на оператора и повышению оперативности выполнения миссий. Развитие алгоритмов искусственного интеллекта, машинного обучения и компьютерного зрения является ключом к реализации концепции "интеллектуальных" беспилотных объектов, способных принимать решения, адаптироваться к изменяющимся условиям и взаимодействовать с окружающей средой без постоянного вмешательства человека.

Вместе с тем, реализация потенциала беспилотных технологий сопряжена с целым рядом вызовов. Обеспечение надежности, безопасности и кибербезопасности систем управления беспилотными объектами является важной задачей, требующей комплексного подхода. Необходимы также решения, связанные с интеграцией беспилотных систем в существующую инфраструктуру, нормативно-правовое регулирование их применения, а также формирование общественного доверия к этим технологиям.

Для различных отраслей и сфер применения беспилотных объектов можно сформулировать следующие рекомендации:

1. Для промышленности и сектора безопасности - стимулировать внедрение беспилотных решений для повышения производительности, улучшения условий труда и снижения рисков, уделяя особое внимание вопросам безопасности и кибербезопасности.
2. Для транспортной отрасли - развивать системы беспилотного управления для оптимизации логистики, доставки грузов и

пассажирских перевозок, обеспечивая при этом высокие стандарты безопасности.

3. Для экологии и природопользования - активно использовать беспилотные платформы для мониторинга, охраны окружающей среды и восстановления природных экосистем, таких как очистка водоемов и восстановление лесов.

4. Для науки и исследований - внедрять беспилотные технологии для расширения возможностей изучения труднодоступных территорий и сред, а также для повышения эффективности и безопасности полевых работ.

В целом, перспективы развития технологий беспилотного управления в ближайшем будущем выглядят весьма многообещающими. Ожидается дальнейший рост практического применения беспилотных систем, повышение их автономности, интеллектуальности и интеграции с другими технологиями, такими как искусственный интеллект, Интернет вещей, 5G и робототехника. Реализация этого потенциала будет способствовать решению широкого спектра задач, стоящих перед человечеством, и открывать новые возможности для развития различных отраслей и сфер деятельности.

Список литературы

1. Государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 60.0.0.1-2019 "Беспилотные авиационные системы. Термины и определения". М.: Стандартинформ, 2019.
2. Косенко В.Е., Кузнецов А.М., Пошехонов В.И. Автономные необитаемые подводные аппараты: современное состояние и перспективы развития // Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. Т. 18. № 1. С. 3-15.
3. Елисеев С.В., Сизых В.В., Леонтьев С.А. Беспилотные подводные аппараты: состояние и перспективы // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 9. С. 745-751.
4. Татарников А.Д., Иванов Д.А., Зобов В.Е. Анализ и классификация средств подводной робототехники // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1(19). С. 4-14.
5. Гаврилов Д.А., Георгиевский Д.В., Кузнецов А.М. Системы управления движением автономных необитаемых подводных аппаратов // Морские интеллектуальные технологии. 2020. Т. 2. № 2(48). С. 103-111.
6. Костенко В.В., Панченко А.А., Хоменко И.В. Основные тенденции развития автономных необитаемых подводных аппаратов // Морские интеллектуальные технологии. 2019. Т. 4. № 4(46). С. 111-119.
7. Морозов А.К., Балакин В.Л., Елисеев С.В. Концепция построения информационно-управляющих систем автономных необитаемых подводных аппаратов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 4(2). С. 341-346.

Секция 4

Оборудование и приборы неразрушающего контроля и технической диагностики

СИНТЕЗ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Мирошников В.В., Гречишкина Н.В., Неделько А.А.
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Создание многоэлементных магнитных преобразователей, контролирующих дефекты на поверхности работающего промышленного оборудования, требуют создания системы намагничивания. И чем точнее и однороднее магнитное поле в области контроля, тем достоверней информация, получаемая с магнитных преобразователей. Поэтому, вопросу синтеза зондирующего магнитного поля для многоэлементных преобразователей необходимо уделять особое внимание.

Проанализировав известные методы синтеза магнитного поля можно сделать следующее заключение.

Наиболее перспективным следует признать интегральный метод синтеза, основанный на выполнении требования минимального отклонения формируемого магнитного поля во всем рабочем пространстве от заданного распределения. К достоинствам метода относится возможность формирования заданного неоднородного электромагнитного поля внутри и вне катушки, что является необходимым для синтеза зондирующего поля при контроле действующих промышленных объектов.

Согласно [1, 2] интегральные методы синтеза с математической точки зрения разделяются на следующие группы: методы, базирующиеся на решении интегрального уравнения Фредгольма первого и второго рода, линейных или нелинейных; вариационные методы, к которым относятся итерационные методы; оптимизационные методы, которые основаны на удовлетворении найденного решения оптимума выбранной целевой функции.

По предложенной в [3] классификации синтез магнитных систем для многоэлементных электромагнитных преобразователей является конструкционной задачей с точки зрения инженерного решения данной проблемы.

В дальнейшем используется термин «синтез поля», так как конструктивные решения считаются заданными, а изменяются только

токи в обмотках и в отдельных случаях размеры секций катушек. При синтезе заданной топографии магнитного поля достигают изменением граничных условий (то есть внутренними источниками) [4]; внешним возбуждением [5]; изменением параметров среды; геометрией области, включающей внешние локальные источники электромагнитного поля. Применительно к электромагнитным системам (как постоянного, так и переменного поля) возможны следующие способы формирования информационного электромагнитного поля: распределение плотности тока на поверхности источника поля (задача может решаться двумя методами: все проводники катушки и все токи в ней одинаковы, а синтез состоит в подборе расстояния между тонкими катушками секционированного соленоида [6]; расстояния между секциями катушки одинаковы, а заданное распределение тока получают подбором числа витков секций, а также подбором величины тока в секциях и их направлением [7]).

Согласно проведенному анализу более технологичным и конструктивно более гибким при проектировании магнитных систем многоэлементных преобразователей следует считать способ, заключающийся в подборе числа витков в секциях катушки, величины и направления тока в них.

Задачу синтеза магнитного зондирующего поля следует формулировать так, как это сделано в [8]. На отрезке (d, c) оси осесимметричной катушки требуется создать магнитное поле, проекция вектора напряженности которого на ось y равна заданной функции $H(y)$.

Согласно задаче синтеза требуется найти такое распределение плотности тока в секциях катушки \vec{i} , чтобы

$$\left\| \overline{H}_0(y) - \overline{H}(y) \right\| = \min, \quad (1)$$

где $\overline{H}_0(y)$ – требуемая функция вектора;

$\overline{H}(y)$ – проекция вектора напряженности магнитного поля на ось y , создаваемая распределением тока в секциях \vec{i} , на отрезке (d, c) .

Задача синтеза, описываемая условием (1), сводится к интегральному уравнению Фредгольма

$$\int_a^b K(S, t) x(t) dt = y(s), S \in [c, d], \quad (2)$$

где $K(S, t)$ – ядро интегрального уравнения;

$x(t)$ – искомая функция распределения тока;

$y(s)$ – задание распределения напряженности электромагнитного поля.

Метод синтеза поля, основанный на решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода, является наиболее перспективным. Классическими методами решения уравнения (2) считается регуляризационный метод [9], основная идея которого заключается в стабилизации результата численных расчетов. Известен ряд методов, в том числе Тихонова, Лаврентьева, Денисьева, Апарцина, Сергеева, Магницкого позволяющих найти единственное решение уравнения (2). Применение этих методов на практике вызывает опасности, связанные с определением параметра регуляризации.

Выбор оптимального параметра регуляризации на базе входных данных позволяет преодолеть эти трудности [10].

Интегральное уравнение Фредгольма первого рода может также редуцироваться к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и решается с помощью метода сингулярного разложения SVD/SVD-decomposition [7]. Применение метода сингулярного разложения на практике требует априорных знаний о границе, отражающей точность исходных данных и точность используемой плавающей арифметики. Выбор этой граничной константы, как и выбор параметра регуляризации, в конечном итоге, определяет точность полученного решения.

Простой и эффективный метод численного решения интегральных уравнений Фредгольма первого рода разработан и теоретически обоснован И.П. Стадником [11]. Метод построен на итерационной системе последовательных приближений. Этот метод при известной адаптации [8] может вполне использоваться при синтезе зондирующих полей, как хорошо проверенный практикой расчетов и достаточно точный.

Синтез магнитного поля в определенной области позволяет оптимизировать параметры зондирующей катушки самым эффективным способом. Известен метод синтеза поля катушки прямоугольного сечения [1] разбитой на отдельные секции с различными токами в секциях. Размеры всех секций полагаются одинаковыми, а задача синтеза формулируется как получение заданных значений индукции магнитного поля в отдельных точках

некоторой области. Область, обычно, располагается у торца катушки и имеет форму параллелепипеда. Однако при такой постановке задачи параметры катушки не будут оптимальными по критерию минимального значения тока в их секциях, который обеспечивает заданное значение индукции.

Предложены два способа оптимизации взаимно дополняющих друг друга. В первом способе полагается, что минимальное значение тока в секциях катушек будет при переменных геометрических параметрах секции катушек. Иными словами, синтез поля производился при различных параметрах секции катушек, которые являются управляемыми в процессе оптимизации. Существует дополнительный способ оптимизации. Координаты секций 1 и 3 по у обусловлены габаритными требованиями к устройству. Но для секции 2, поскольку она находится между секциями 1 и 3 эти требования не действуют. Значит, перемещая секцию 2 между секциями 1 и 3 катушки можно подобрать оптимальное с точки зрения значения тока расположение (рисунок 1).

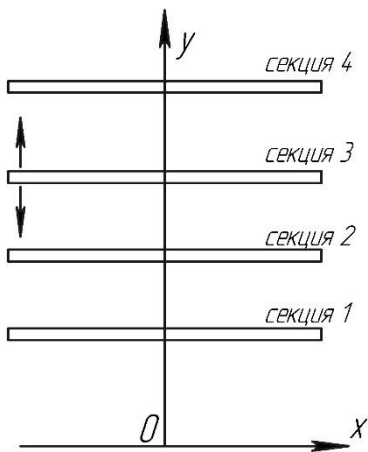


Рисунок 1. К пояснению метода оптимизации.

Постановка задачи. Пусть в объеме контролируемой зоны V , имеющем форму параллелепипеда, требуется создать однородное поле, направленное вдоль оси y . Создаваться это поле будет с помощью катушки, представляющей собой совокупность N тонких катушек, витки которых имеют прямоугольную форму и лежат в плоскостях, параллельных плоскости xoz . Искомыми будут размеры

тонких катушек, значение y -координаты второй катушки и значения токов в них.

Алгоритм решения задачи синтеза. Синтез магнитного поля зондирующей катушки происходит путем подбора оптимальных размеров катушки (рисунок 2), которые обеспечивают минимальные значения токов в данных катушках при заданных значениях напряженности в контролируемой зоне (рисунок 3).

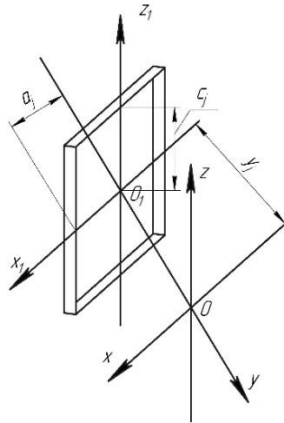


Рисунок 2. Размеры возбуждающей катушки.

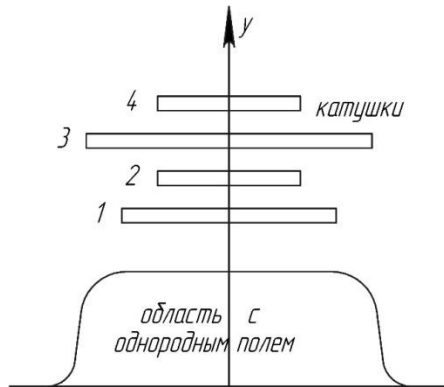


Рисунок 3. Расположение блока катушек относительно области контроля.

Вначале найдем токи бесконечно тонких прямоугольных

витков, размеры которых равны $2a_j$ и $2c_j$ ($j=1, 2, 3$), а y -координаты этих витков соответствуют серединам (вдоль y) проектируемым тонких катушек.

Определим зависимость y -составляющей напряженности магнитного поля k -ой точке в пространстве от величины тока в одной j -ой секции, которая имеет вид

$$H_j(y) = \frac{1}{\pi} \frac{a_j c_j}{\sqrt{a_j^2 + (y_k - y_j)^2 + c_j^2}} \left[\frac{1}{(y_k - y_j)^2 + a_j^2} + \frac{1}{(y_k - y_j)^2 + c_j^2} \right]$$

Токи в секциях катушки находятся из условия

$$\left\| \bar{H}(y) - \sum_{j=1}^N i_j \bar{H}_j(y) \right\| = \min.$$

Здесь норма понимается в смысле нормы в линейном Гильбертовом пространстве векторных полей, заданных в интервале $y \in [-1; 1]$. Итак, мы приходим к задаче о разложении по неортогональной системе. Эта задача в данном случае сводится к системе линейных алгебраических уравнений.

$$\sum_{j=1}^N (H_j, H_k) i_j = (H, H_k), k = \overline{1, N}.$$

Решением системы уравнений будет совокупность токов в секциях катушек.

В данном случае, при первом способе оптимизации расчет проводился для секции катушек, у которых был задан геометрический a_j , а c_j параметр подбирался таким образом, чтобы токи i_1 , i_2 и i_3 были минимальными. Было принято, что катушка состоит из одного витка.

Синтез проводился для значения напряженности равной $H = 200$ А/м, значения напряженности определялись в координатах $y_l = 0$ м,

$$y_2 = 0,05 \text{ м}, y_3 = 0,15 \text{ м}.$$

Для второго способа оптимизации размеры секций брались с учетом первого метода. При расчетах был использован метод прямого перебора.

Результаты можно наблюдать на рисунке 4. В таблице 1 приведены численные значения, полученные при проведении обоих методов оптимизации.

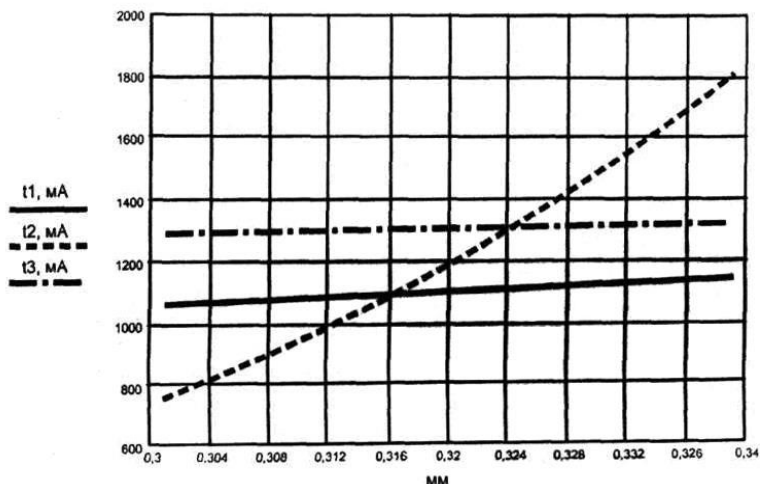


Рисунок 4. Изменение значения требуемого тока в секциях катушки с изменением положения второй секции по у-координате.

Таблица 1. Результаты оптимизации.

	ток, А в 1-ой секции	ток, А во 2-ой секции	ток, А в 3-ей секции
до оптимизации	74,152	176,071	104,267
после оптимизации размеров секций	11,04	11,90	13,08
после оптимизации положения 2-ой секции	10,59	7,58	1,292

Как видно, удалось получить значительное снижение значений токов.

Для получения однородного поля в контролируемой зоне предлагается применять блоки возбуждающих катушек синтез

размеров, которых проводить по описанному выше методу для получения заданных значений напряженности.

Список литературы

1. Стадник И.П. Улучшение сходимости итерационного процесса разложения по неортогональной системе в применении к синтезу катушки прямоугольного сечения по заданному магнитному полю в объеме / И.П. Стадник // *Электромеханика. Изв. вузов.* – 1984. – №7. – С. 5-11.
2. Стадник И.П. Сведение задач синтеза магнито- и электростатических с СЛАУ / И.П. Стадник // *Электромеханика.* – 2001. – № 4. – С. 3 – 4.
3. Щербаков Г.Н. Обнаружение объектов в укрывающих средах. Для криминалистики, археологии, строительства и борьбы с терроризмом / Г.Н. Щербаков. – М.: Арбат-Информ, 1998.
4. Стадник И.П. Метод последовательных приближений для линейных интегральных уравнений первого рода и его применения к решению задач синтеза магнитных полей, Ч. 1. / И.П. Стадник // *Электромеханика.* – 1981. – №6. – С. 601-606.
5. Воробьев М.А. Интеллектуальная система компьютерного проектирования соленоидальных многосекционных катушек магнитных полей с заданным распределением поля в объеме пространства / М.А. Воробьев // *Искусственный интеллект.* – 2004. – №1. – С. 144-151.
6. Яковенко В.В. Синтез катушки в магнитной системе датчика линейных перемещений / В.В. Яковенко, В.Я. Гальченко, Л.В. Донская // *Электромеханика,* 1990. – №9. – С. 75-78.
7. Gradimiak K. Synteza pola magnetycznego w obecności idealnych elementów ferromagnetycznych // *Rozprawy elektrotechniczne.* – 1982. – 28.-2.3-4 33. PP. 313-324.
8. Стадник И.П. Решение одного класса задач синтеза электро- и магнито-статических полей / И.П. Стадник // *Электромеханика.* – 1979. – №5. – С. 359-385.
9. Гринкевич Г.М. Магниторазведка / Г.М. Гринкевич. – М.: Недра, 1971. – 272 с.
10. Pawluk K., Rudnicki M. Unified approach to the synthesis of electromagnetic field // *Prace Instytutu elektrotechniki,* 1987. – Vol.35 №147– PP.67-80.
11. Стадник И.П. Синтез электро- и магнито-статических долей источниками, распределенными на границе области синтеза / И.П. Стадник. – Симферополь, 1985. – С. 114. (Деп. в Укр НИИНТИ, 03.06.85, № 1202).

Секция 7

Математическое моделирование технологических процессов и технических систем

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ПОТОКА В МИКРОКАНАЛЕ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ СТОЛБИКАМИ

Биккинина Н.Б., Солнышкина О.А., Курбанова С.С., Булатова А.З.

Уфимский университет науки и технологий
Уфа, Россия

Аннотация. В связи с развитием микроэлектронной промышленности актуальной является проблема охлаждения компактных устройств. Для достижения эффективного отвода тепла в таких устройствах ключевым является подбор геометрии и расхода жидкости в каналах теплообменников. Предлагается численный подход на основе ускоренного трехмерного метода граничных элементов для оптимизации внутренней структуры микротеплообменников. Исследовано влияние пространственного распределения цилиндрических столбиков в микроканале на картины течения и пропускную способность микроканала. Показана взаимосвязь между геометрией внутренней структуры микроканала и относительным расходом охлаждающей жидкости.

Введение

Микромасштабные охлаждающие системы имеют широкий спектр потенциальных применений, таких как охлаждение для интегральных схем, датчиков микроэлектромеханических систем (МЭМС), радиочастотной электроники и биомедицинских устройств. Микротеплообменники — это устройства, предназначенные для теплопередачи на микроуровне, а основной особенностью микроустройств является высокое отношение площади поверхности к объему (компактность). Важным аспектом в конструировании эффективных микротеплообменных устройств является подбор оптимальной геометрии внутренней структуры микроканалов. Сегодня исследуется всё больше способов построения каналов, при которых избегается неравномерное распределения флюида, например, при использовании пористых или рифленых конструкций на поверхностях стенок микроканала. С уменьшением размеров элементов теплообменника увеличивается площадь поверхности относительно объема, что способствует более эффективной теплопередаче. Однако это также может вызвать увеличение сопротивления потоку жидкости и сложность изготовления. Правильно подобранные размеры, геометрия и распределение элементов внутри микроканала являются

ключевыми в повышении эффективности отвода тепла и оптимальном расходе охлаждающей жидкости в микроканале.

Постановка задачи

Данное исследование направлено на численное моделирование однофазного потока в микроканале со сложной внутренней структурой в трехмерном случае. Рассматриваются конфигурации микроканалов с распределенными проницаемыми блоками, составленными из цилиндрических столбиков, расположенных под прямым углом к потоку жидкости, таким образом, формируются два уровня пустот – между блоками и непосредственно между самими столбиками. Длина микроканала – $L = 180$ мкм, ширина – $W = 120$ мкм, диаметр поперечного сечения столбика – $a = 10$ мкм, высота канала и цилиндрического элемента – $h = 10$ мкм. Рассматривается медленное течение вязкой несжимаемой жидкости, на участке микроканала задается постоянный перепад давления. Течение жидкости описывается уравнением Стокса без учета инерционных эффектов и уравнением неразрывности. Задаются граничные условия периодичности на входе и выходе микроканала, а также условие прилипания на поверхности столбиков и стенок микроканала. Задача решается ускоренным трехмерным методом граничных элементов (МГЭ), который является наиболее эффективным при решении трехмерных задач в областях со сложной геометрией [1, 2].

При сохранении площади поверхности и компактности микроканала менялось пространственное распределение цилиндрических элементов. Выделялись блоки по 9 столбиков, и менялось расстояние между ними. Таким образом, геометрия расчетной области обладала двумя уровнями пустот – широкие каналы между блоками и узкие каналы между элементами. Для оценки гидравлических радиусов образованных каналов введен геометрический коэффициент – отношение гидравлических радиусов: $k_r = r_b/r_s$, где $r_b = hw_b/2(h + w_b)$, $r_s = hw_s/2(h + w_s)$, w_b – ширина широких каналов, w_s – ширина узких каналов, h – высота микроканала. Для рассматриваемых в данной работе структур величина k_r варьируется от 1 до 2.5. Общая пустотность ϕ сечения микроканала в плоскости xOy рассчитывалась как отношение суммы площадей поперечного сечения столбиков к площади поперечного сечения всего канала. Значение пустотности $\phi = 0.8$ сохранялось для всех конфигураций внутренней структуры микроканала.

Результаты

Проведены расчеты для определения скорости потока в каналах с различным пространственным распределением столбиков в зависимости от отношения гидравлических радиусов и угла наклона массивов столбиков к направлению потока. Число Рейнольдса в каналах с подобной конфигурацией составило $Re \approx 0.27$. На рисунке 1 представлены продольная и поперечная компоненты осредненной скорости течения в каналах с массивами столбиков, расположенных под прямым углом к потоку. Осреднение производится путем деления значения скорости на среднюю скорость на входе канала, не содержащего недеформируемые структуры.

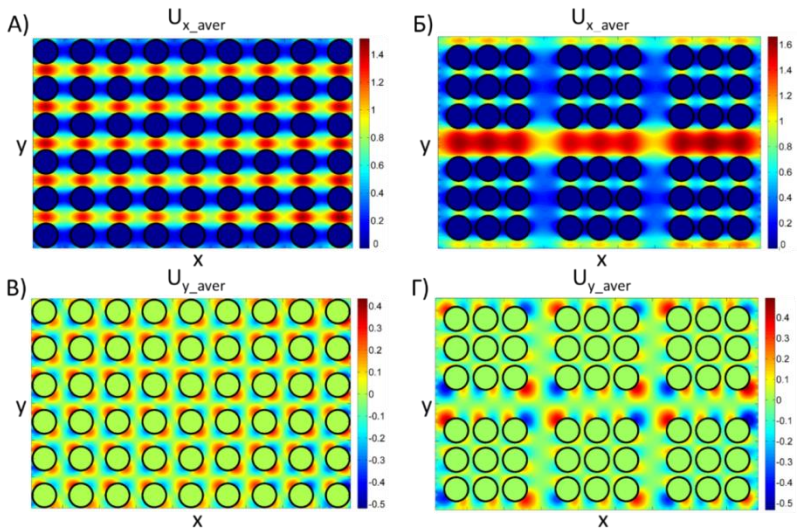


Рисунок 1. Продольная компонента осредненной скорости потока в плоскости xOy при: а) $k_r = 1$, б) $k_r = 1.75$; поперечная компонента осредненной скорости потока в плоскости xOy при: в) $k_r = 1$, г) $k_r = 1.75$.

При $k_r = 1$ второй масштаб пустот отсутствует, цилиндры в канале равномерно распределены. При увеличении k_r образуются широкие «коридоры» между массивами столбиков, тем самым образуя второй масштаб пустот. При этом количество и размеры столбиков не изменяются. Из рисунка видно, что с изменением внутренней структуры канала происходит перераспределение потока. Образуются зоны с максимальной скоростью потока, расположенные в широких продольных каналах между массивами цилиндров. С увеличением k_r

эти зоны расширяются, и само значение максимальной скорости возрастает. В областях с узкими каналами происходит стагнация потока, и общий вклад этих областей в перенос жидкости через структуру микроканала уменьшается, следовательно, в этих областях эффективность процесса теплообмена снижается.

Картинки течения получены также для конфигурации микроканалов с блоками под углом поворота $\alpha = 15^\circ$ к направлению потока жидкости при тех же самых значениях отношения гидравлических радиусов. На рисунке 2 показаны поля осредненной скорости в плоскости xOy при $\alpha = 15^\circ$.

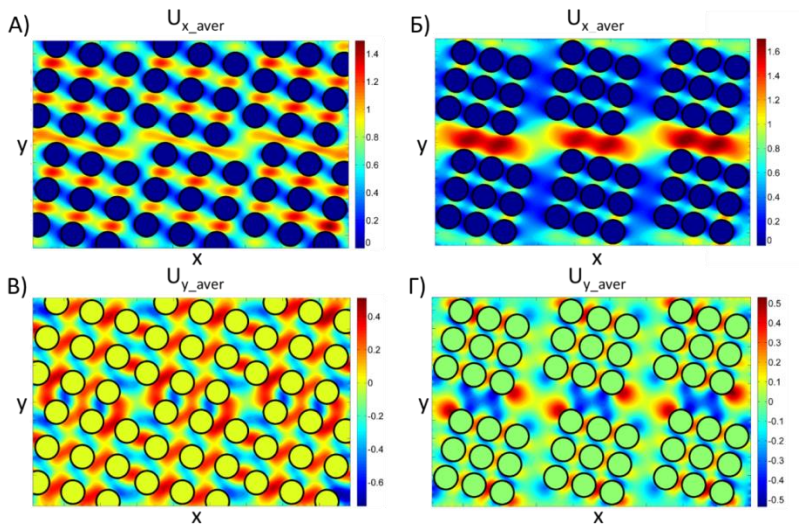


Рисунок 2. Продольная компонента осредненной скорости потока при повороте блоков на $\alpha = 15^\circ$ в плоскости xOy при: а) $k_r = 1$, б) $k_r = 1.75$; поперечная компонента осредненной скорости потока в плоскости xOy при: в) $k_r = 1$, г) $k_r = 1.75$.

При моделировании течения жидкости в микроканале с массивами цилиндров под углом к потоку наблюдаются результаты, аналогичные случаю без поворота. При сохранении компактности микроканала изменяется картина течения, образуются зоны максимумом скорости потока и зоны стагнации.

Известно, что пропускная способность микроканала напрямую влияет на эффективность отвода тепла в каналах

микротеплообменника. Для определения пропускной способности микроканала введен параметр относительного расхода $Q'_c = Q/Q_{k_r=1}$, соответствующий отношению объемного расхода жидкости Q к объемному расходу жидкости $Q_{k_r=1}$ в канале с $k_r = 1$. На рисунке 3 показано изменение значения относительного расхода жидкости Q'_c в микроканале с элементами круглого сечения в двух конфигурациях: без поворота и с поворотом массивов элементов на $\alpha = 15^\circ$ относительно потока. Показано, что при повороте массивов столбиков даже на небольшой угол 15° наблюдается изменение значения относительного расхода жидкости.

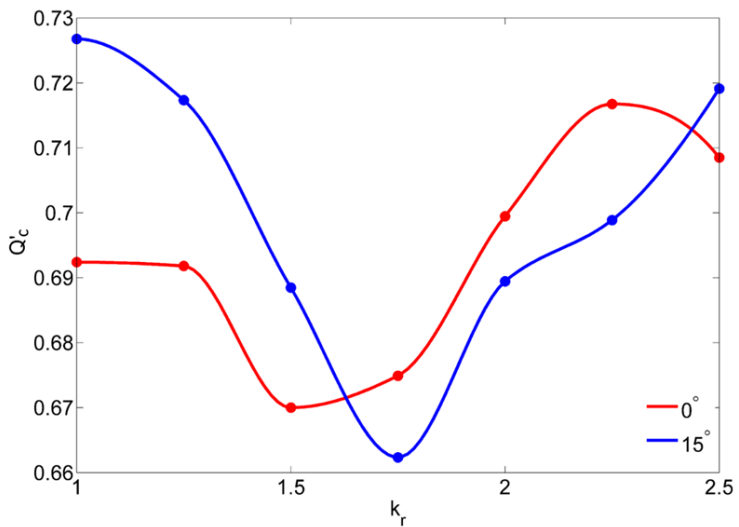


Рисунок 3. Зависимость относительного расхода жидкости Q'_c от отношения гидравлических радиусов k_r .

Заключение

Таким образом, проведено трехмерное моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости в микроканалах сложной геометрии, получены картины течения, а также графики зависимости относительного расхода жидкости от геометрических параметров. Проведен расчет относительного расхода жидкости в микроканале с массивами цилиндрических элементов под прямым углом к потоку и под углом $\alpha = 15^\circ$. По результатам исследования можно сделать вывод о наиболее оптимальном расположении микроразмерных

столбиков для эффективного отвода тепла с поверхности функциональных элементов микротеплообменников. В данной работе наименьшее значение расхода жидкости наблюдается при отношении гидравлических радиусов $k_r = 1.5$ в микроканале с блоками без поворота и при $k_r = 1.75$ в микроканале с блоками, расположенными под углом 15° к потоку. Таким образом, было показано, что изменение внутренней структуры оказывает влияние на интегральные характеристики потока внутри канала, то есть при постоянном значении пустотности, площади контакта, а значит, сохранении компактности микроканала, его пропускная способность меняется.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00697 <https://rscf.ru/project/24-19-00697/>

Список литературы

1. Абрамова О.А., Иткулова Ю.А., Гумеров Н.А., Ахатов И.Ш. Трехмерное моделирование динамики деформируемых капель эмульсии методом граничных элементов и быстрым методом мультиполей на гетерогенных вычислительных системах // Вычислительные методы и программирование. 2013. Т. 14, № 4. С. 438-450.
2. Itkulova Y.A., Solnyshkina O.A., Gumerov N.A. Toward large scale simulations of emulsion flows in microchannels using fast multipole and graphics processor accelerated boundary element method // ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE), Houston, TX, 09–15 ноября 2012 года. Vol. 7, PARTS A, B, C, D. – Houston, TX: American Society of Mechanical Engineers, 2012. – P. 873-881.

МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО РАВНОВЕСИЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТОКОВ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

Маличенко С.В.¹, Зыков С.В.²

Российский технологический университет

¹аспирант, ассистент кафедры инструментального и прикладного программного обеспечения МИРЭА

²д-р техн. наук, профессор Департамента бизнес-информатики высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», профессор кафедры инструментального и прикладного программного обеспечения МИРЭА

Аннотация. В работе рассматриваются модели транспортного равновесия для оптимизации потоков данных в программно-конфигурируемых сетях (ПКС).

Цель работы состоит в исследовании возможности задействования моделей транспортного равновесия для оптимизации трафика компьютерной сети. При проведении исследования были задействованы методы условного градиента и глубоких аналогий.

Результат исследования показал состоятельность предложенного подхода и эффективность использования предложенных моделей. В качестве практического результата следует рассматривать имитационную модель и реализацию метода условного градиента для поиска равновесия Нэша-Вардропа. В качестве вывода рекомендуется отметить действенность итеративных алгоритмов первого порядка для оптимизации распределения потоков в сети и снижения задержек при передаче.

Ключевые слова: равновесное распределение, методы балансировки трафика, ESMР, программно-конфигурируемые сети.

Введение

Сети центров обработки данных используют многоуровневые топологии Leaf-Spine, Fat-Tree [1] для создания большой полосы пропускания. В совокупности с протоколами многопутевой передачи, такой как МРТСР (MultiPath TCP), и механизмами балансировки трафика можно достичь увеличения полосы пропускания или ее более эффективного использования.

Первичный обзор последних работ по тематике балансировки трафика показал значительную вовлеченность научных коллективов в решении данных проблем. Большим интересом в исследовании методов оптимизации потоков пользуются эвристические методы, основанные на алгоритмах анализа состояния канала. В работе [2]

представлены архитектуры SHELL (Stateless Application-Aware LoadBalancer) и DPDK (Data Plane Development Kit) для крупномасштабных сетей, и проведено сравнение их пропускной способности и процента потерь. Объекты с отслеживанием состояния позволяют балансировщику функционировать без необходимости использования контроллера для коммутаторов. Здесь показано, что уровень утилизации канала для полезной нагрузки у представленных архитектур выше, чем при многопутевой маршрутизации с равной стоимостью.

В более ранней публикации [3] представлена архитектура MP-HULA (Multi Path Hop-by-hop Utilization-aware Load balancing Architecture) балансировщика нагрузки транспортного уровня с учетом многопутевой передачи данных на основе МРТСП. В этом решении вместо отслеживания информации о перегрузке каждый узел сети отслеживает информацию о состоянии канала для k лучших путей через соседние коммутаторы. Представленная архитектура проектируется с использованием программируемых плоскостей данных, где каждый конечный коммутатор может идентифицировать, используя P4, принадлежность подпотока МРТСП соединению и произвести их балансировку. Оценка моделирования распределения потоков в MP-HULA показала эффективность алгоритмов маршрутизации по сравнению с ESMР улучшением показателей полосы пропускания (bandwidth) и времени завершения потока (FCT).

Активный поиск более эффективных алгоритмов инициирован также спецификой сетевого трафика. Передача мультимедийных данных или голосового трафика требует наличия в сети низких задержек передачи пакетов и малого значения RTT (Round Trip Time). Постоянный рост пользовательских данных и хранилищ данных требуют наличия каналов большой пропускной способности. В этой связи проблемы оптимального распределения потоков и их балансировки становятся актуальными. Авторы в данной работе предлагают идею задействования моделей транспортного равновесия в задачах оптимизации потоков программно-конфигурируемых сетей. Далее, в следующем разделе обсуждается стратегия многопутевой маршрутизации с равной стоимостью и ее недостатки. В разделе «Модели транспортного равновесия» представлена реализация метода условного градиента для поиска оптимального состояния загрузки сети. В конце дан аргументированный вывод по результатам проведенного исследования.

Многопутевая маршрутизация с равной стоимостью

В большинстве сценариев промышленных сетей используется метод многопутевой маршрутизации с равной стоимостью ESMР [4, 5], который использует метод равномерного распределения трафика по нескольким путям. В основу его заложен алгоритм поиска хеш суммы полей сетевого пакета, где при расчете выбирается путь среди нескольких возможных маршрутов с равной стоимостью. Однако, подобный подход не лишен недостатков. При назначении нескольких потоков на один путь их конкуренция за каналный ресурс приводит к снижению производительности потоков. Это во многом объяснимо как следствие работы событийных сценариев ESMР и его алгоритмов контроля перегрузки [6].

В топологии на рисунке 1 узел *h1* отправляет два потока в *h4*, узел *h3* отправляет один поток в *h4*. В отсутствии потоков от *h1* график скорости потока *h3-h4* имеет вид как показано на рисунке 2. Скорость потока *h3-h4* в среднем достигает значения 14,7 Мбит/с в установившемся промежутке 40 – 160 с.

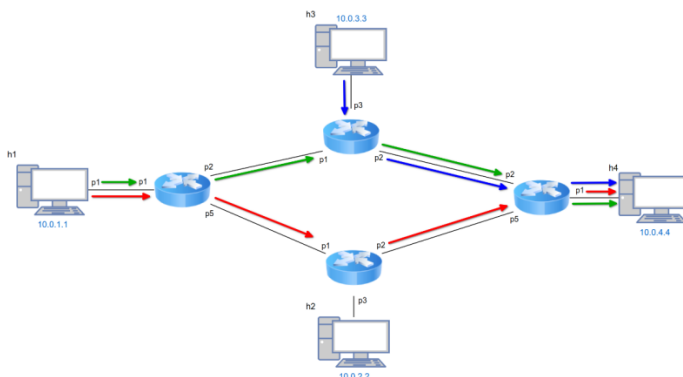


Рисунок 1. Топологическая схема стэнда с направлениями потоков.

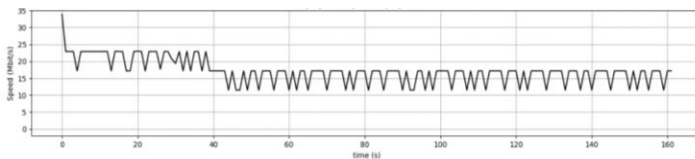


Рисунок 2. График скорости потока *h3-h4*.

При наложении двух потоков $h3-h4$ и $h1-h4$ каналный ресурс распределяется между двумя потоками на участке $s2-s4$, что приводит к уменьшению выделенной пропускной способности и скорости трафика.

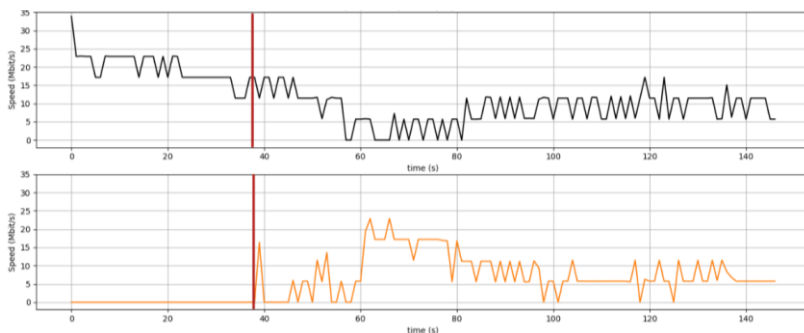


Рисунок 3. График скорости потоков (сверху - $h3-h4$, снизу $h1-h4$).

Как видно из графика (рисунок 3) при следовании потока $h1-h4$ с момента $t = 37c.$ скорость $h3-h4$ падает до 0-5 Мбит/с., а скорость потока $h3-h4$ на установившемся участке $t = 80c.$ не превышает 11 Мбит/с. Подобный сценарий свидетельствует не в пользу задействования маршрутизации с равной стоимостью в промышленных сетях. ЕСМР также не реагирует хорошо на события обрыва соединения, сбои и асимметричную загрузку.

Модели транспортного равновесия

Основой для исследования равновесного распределения потоков по маршрутам является модель Бекмана [7, 8], в которой поиск равновесия описывает так называемую потенциальную игру. Где участники выбирают действия для минимизации своих затрат или максимизации своей выгоды, а применительно к теории компьютерных сетей заинтересованность агентов сводится к поиску состояния с наименьшими задержками передачи пакетов по сети. В условиях динамического потока подобная задача становится более актуальной, при этом процесс перераспределения сетевых потоков должен привести к новому состоянию равновесия, которое не единственно в модели Бекмана.

Имеющуюся сетевую топологию предлагается рассматривать в виде графовой модели $G(V, E)$, где V – множество вершин графа G , а E – множество ребер графа G . Функция $\tau(f)$ – задает вес ребра при

имеющимся потоке f на ребре. Матрица $\{d_{ij}\}$ представляет собой матрицу корреспонденций – пар источник-сток, где $i \in S, j \in D, D$ – множество стоков, а S – множество истоков. Для исследуемой сети оба множества представимы в виде пар клиент-сервер, в которых истоком потока данных является сервер, а стоком – клиент. Исследуемые пары корреспонденций следует выбирать на основе статистических данных потока трафика в сети ПКС, динамика изменения которых при существующей нагрузке может изменяться на доли процента за время расчета равновесного состояния. Потенциальная функция в решаемой задаче имеет вид:

$$F(f) = \sum_{e \in E} \int_0^{f_e} \tau(z) dz \quad (1)$$

В качестве задачи поиска равновесия решается задача выпуклого программирования:

$$F(f) \rightarrow \min \quad (2)$$

т.е. минимизации затрат на прохождение потока по маршруту.

В целях проверки модели равновесного распределения потоков на практике был задействован экспериментальный стенд со средой эмуляции Mininet v2.3.1. Для исследования сетевого трафика и его характеристик использовался анализатор Wireshark v4.2.7.

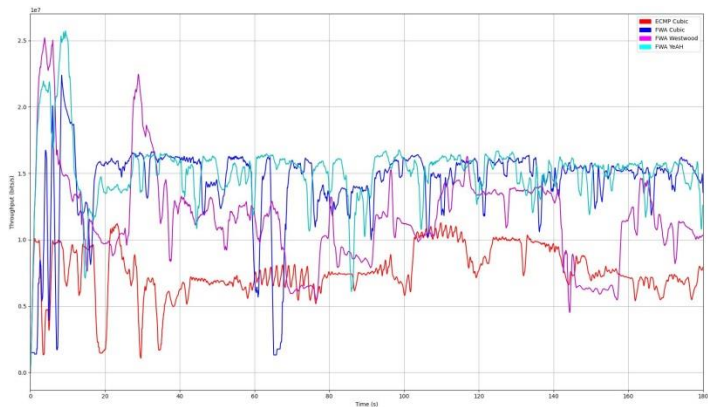


Рисунок 4. График пропускной способности (Throughput).

Результаты эксперимента (рисунок 4) указывают на увеличение пропускной способности совокупного канала. Исследовалась работа метода поиска равновесия на трех алгоритмах контроля перегрузки Cubic (Linux default), Westwood и YeAH. При сравнении стратегии ECMP Cubic и алгоритма Франка-Вульфа в паре с TCP-Cubic очевидна эффективность второго.

Направления дальнейших исследований

Рассматриваемая здесь модель Бекмана имеет ограничения, накладываемые при поиске равновесия, а именно в расчет не берутся затраты агентов на ожидание в очереди. Оценка маршрута потока может существенно измениться, если в расчет состояния сети внести показатели, характеризующие затраты корреспонденции на нахождение ее в состоянии ожидания. К таковым моделям можно отнести модель стабильной динамики [9]. Важно отметить, что модель стабильной динамики с большей точностью воспроизводит механизм распределения пакетов в коммутируемой сети. Однако, специфика работы сети накладывает ограничения на точность поиска равновесного состояния из-за динамического характера сетевого трафика.

Заключение

Оптимизационные решения в задачах распределения потоков по сети актуальны и составляют практическую основу для улучшения состояния канальных ресурсов при передаче больших объемов данных в компьютерных сетях. Возникающие при этом задержки могут быть снижены за счет применения математических методов на графах и моделей транспортного равновесия. В целях улучшения характеристик трафика в представленном исследовании был задействован метод условного градиента, который показал свою эффективность при проведении моделирования в виртуальной среде. Целевое использование подобных методов может быть эффективно как альтернатива существующим методам маршрутизации потоков.

Список литературы

1. Katta N. et al. Hula: Scalable load balancing using programmable data planes //Proceedings of the Symposium on SDN Research. – 2016. – С. 1-12.
2. Kulkarni M., Goswami B., Paulose J. P4 based load balancing strategies for large scale software-defined networks //2022 Second International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT). – IEEE, 2022. – С. 1-7.

3. Benet C. H. et al. Mp-hula: Multipath transport aware load balancing using programmable data planes //Proceedings of the 2018 Morning Workshop on In-Network Computing. – 2018. – С. 7-13.
4. Cheng Y., Jia X. NAMP: Network-aware multipathing in software-defined data center networks //IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2020. – Т. 28. – №. 2. – С. 846-859.
5. Wang D. SDN-based load balance routing mechanism for information centric networking //Internet Technology Letters. – 2023. – Т. 6. – №. 2. – С. e372.
6. Menikkumbura D. et al. Congestion control for datacenter networks: A control-theoretic approach //IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2023. – Т. 34. – №. 5. – С. 1682-1696.
7. Гасникова Е. В. и др. О многостадийной транспортной модели и достаточных условиях ее потенциальности //Математическая теория игр и её приложения. – 2023. – Т. 15. – №. 2. – С. 3-17.
8. Kubentayeva M., Gasnikov A. Finding equilibria in the traffic assignment problem with primal-dual gradient methods for Stable Dynamics model and Beckmann model //Mathematics. – 2021. – Т. 9. – №. 11. – С. 1217.
9. Дводненко Ю. Э., Верба В. А. Анализ методов исследования интеллектуальных транспортных систем управления перекрестками //DSPА. – С. 11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И ОСОБЕННОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РОССИЙСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Янченков Н.С.¹, Стоякова К.Л.², Новоселова О.В.³

¹разработчик интеллектуальных систем Озон Tech

²ФГБОУ ВО «СТАНКИН», к.п.н., доцент каф. ИТиВС

³ФГБОУ ВО «СТАНКИН», к.т.н., доцент, зав. кафедрой ИТиВС

Аннотация. В статье выявлена проблемная область, рассматриваются требования к системе управления результатами интеллектуальной деятельности, анализируются ключевые этапы разработки и внедрения. После этапа тестирования отмечены и устранены ошибки, приводятся экономический эффект и планы дальнейшего развития системы.

Ключевые слова: программный продукт, система управления, разработка, бизнес-процесс, техническое задание, интеллектуальная собственность.

STUDY OF THE PROCESS OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR MANAGING INTELLECTUAL PROPERTY RESULTS AT A RUSSIAN ENTERPRISE

Annotation. The article identifies a problem area, examines the requirements for a system for managing the results of intellectual activity, and analyzes the key stages of development and implementation. After the testing stage, errors are noted and eliminated, the economic effect and plans for further development of the system are provided.

Keywords: software product, control system, development, business process, technical specifications, intellectual property.

Введение

В реалиях современной России вопрос импортозамещения и интеллектуальной собственности стоит достаточно остро. Можно заметить ряд активных действий со стороны государства для укрепления разработки своих решений в различных областях, будь то информационные технологии или же разработка новых изделий на промышленных предприятиях.

Стоит сразу заметить, что процессы замены зарубежных решений на отечественные является достаточно трудоемкой и

долговременной задачей. Во многом это связано с несколькими из следующих факторов:

1. Бизнес-процессы внутри многих компаний уже налажены, а стоимость перехода на новое программное обеспечение может сильно повлиять на экономическую стабильность. Временные и денежные затраты могут появиться банально даже из-за переобучения персонала.

2. Решения, предлагаемые отечественными организациями, не всегда могут удовлетворять критериям качества, функциональности и адаптивности в сравнении с зарубежными.

3. Многие системы имеют интеграцию с другими системами внутри компании, таким образом устранение одной системы может привести к выходу из строя целой цепочки процессов. Крайне болезненным может стать решение замены сразу множества систем.

На предприятии «Публичное акционерное общество «Долгопрудненское научно-производственное предприятие»» (далее ПАО «ДНПП») к импортозамещению относятся со всей серьезностью, точно также, как и к автоматизации работы в конкретных отделах и цехах.

Была поставлена задача разработки отечественной системы управления результатами интеллектуальной деятельности (далее РИД), которая позволила бы автоматизировать большую часть задач в отделе интеллектуальной собственности. Система должна решить проблемы, связанные с:

1. созданием единой базы всех уведомлений, заявлений, охранных документов и лицензий на результаты интеллектуальной деятельности с возможностью поиска по выбранным критериям;

2. формированием на основе данных из базы данных отчетов, актов и ведомостей;

3. визуализацией разнообразия результатов интеллектуальной деятельности, имеющихся на предприятии за счет двухмерных и трехмерных диаграмм;

4. обеспечением сохранности информации по средствам резервного копирования.

Анализ проблемной области предприятия

В организации ПАО «ДНПП» различными отделами и цехами были выявлены узкие места в работе отдела интеллектуальной собственности. Сложность подачи документов и общий рост новых объектов интеллектуальной собственности вызвал потребность у организации в улучшении бизнес-процессов на данном участке. После проведенного анализа и обзора решений на других предприятиях было

принято намерение о начале разработке собственного программного обеспечения, которое смогло бы автоматизировать учет и управление информацией о результатах интеллектуальной деятельности.

Основная концепция разрабатываемой системы содержит в себе следующие положения:

1. Соответствие гражданскому кодексу РФ. При помощи специалистов отдела интеллектуальной собственности было составлено необходимый перечень задач, которые необходимо было учитывать при разработке системы с учетом ГК РФ [1].

2. Учет информации по результату интеллектуальной деятельности на всем промежутке его жизненного цикла. Создав какой-либо объект интеллектуальной собственности, автору необходимо составить уведомление. Именно от этого документа зачастую и начинается жизненный цикл результата интеллектуальной деятельности. Далее отдел интеллектуальной собственности формирует заявление, которое направляется в ФИПС, после ожидается ответ с возможной перепиской для устранения совершенных ошибок. После уже проходит этап получение охранного документа в виде патента или свидетельства (зависит от вида объекта интеллектуальной собственности). Затем проводятся работы по продлению охранного документа, ежегодная уплата пошлин, выплата авторских вознаграждений, продажа лицензий третьим лицам и всё это также должно учитываться в системе с возможностью подкрепления нужных документов.

3. Генерация патентной аналитики, которая позволяет устанавливать направления развития организации. Двухмерные диаграммы в виде столбчатых, круговых и графиков, а также трехмерные в виде патентных ландшафтов, которые позволяет быстро и качественно составить инфографику [6].

4. Формирование устойчивой информационной базы данных, дающая быстрый доступ к актуальной информации. За счет продуманной структуры системы даже начинающий пользователь может интуитивно найти информацию, которая ему необходима в данный момент времени.

Этапы разработки «АРМ СУРИД»

Начальным этапом стали постановка общей задачи и формирование первых версий технического задания. Были установлены требования к надежности, эргономичности, технической эстетике и сохранности информации при авариях. По мимо этого были определены функциональные требования к системе.

Был проведен анализ аналогичных систем, среди которых оказались «ИСУРИД» компании «Транснефть» [4], «ИСУПРИД» госкорпорации «Росатом» [2] и «АСУ РИД» госкорпорации «Ростех» [3]. Все они имеют перечень функций, которые свойственны программам данного типа, но также имеют и недостатки в виде жесткой привязанности системы к конкретному бизнесу, к внутренним бизнес-процессам. При разработке системы «АРМ СУРИД» за основу была взята идея универсальности системы, чтобы структура программы в большинстве случаев выстраивалась на основе законов гражданского кодекса РФ [7] и при этом могла адаптироваться под задачи конкретного бизнеса за счет настройки модулей.

Следующим этапом после составления технического задания стала разработка первых версий графического интерфейса пользователя. В ходе нескольких итераций рассмотрения различных вариантов было принято решение, что наиболее оптимальным вариантом является создание главного рабочего меню, куда вошли следующие разделы [5]:

1. «Изобретательская деятельность».
2. «Рационализаторская деятельность».
3. «Отчеты».
4. «Лицензионные договоры».
5. «Инвентаризация».
6. «Патентные ландшафты».
7. Вспомогательный раздел с рядом дополнительных функций.

Базисным стал раздел «Изобретательская деятельность». Информация, занесенная в данном модуле, является стартовой для многих других разделов. Сам модуль представляет из себя набор из реестров по соответствующим видам объектов интеллектуальной собственности с последующим разделением на перечень уведомлений и перечень охранных документов. Единичным элементом реестра является окно карточки, где можно, перемещаясь по внутренним вкладкам, заполнять требуемые поля, выбирать значения из списков, прикреплять документы, генерировать ключевые сроки и т.д. Модули имеют функции поиска, перехода от перечня уведомлений к перечню охранных документов и обратно, добавление, удаление и редактирование карточек.

После разработки модуля «Изобретательская деятельность», начал выстраиваться приоритет в сторону модулей «Рационализаторская деятельность», «Лицензионные договоры» и «Отчеты». Первые два из них представляли собой реестры, так что можно было видоизменить и подстроить уже имеющиеся наработки,

взяты из первого модуля. После чего было решено направить усилия на разработку дополнительных функций и модуля «Патентные ландшафты».

В разделе дополнительных функций по требованию отдела-заказчика необходимо было разработать менеджер задач, для быстрого обзора проблем на текущий день, инструменты для работы со справочниками и реестрами (импортирование, экспортирование, добавление и удаление), возможности для настройки интерфейса пользователя.

Для удобства работы администратора системы были сделаны отдельные модули, которые позволили разделить права доступа к каждому из разделов и назначить роли пользователей. Для оперативного решения проблем у администратора существуют инструменты, позволяющие получать актуализированную информацию непосредственно с сервера.

Все вышеописанные разделы и модули разрабатывались посредством множественных итераций, по завершению каждой из которых конечный продукт становился приближенным к работоспособному. Стоит отметить, что отдел-заказчик дополнительно занимался тестированием системы. Первая рабочая версия была установлена на компьютеры пользователей отдела интеллектуальной собственности и выявила ряд недочетов, которые исправлялись цикл за циклом. За счет непрерывного процесса внедрения новых версий программы пользователи сразу могли видеть все исправления, тестировать новые функции, выявлять недочеты.

Спустя более 20 версий, сделанных за полгода, систему было решено запатентовать в виде программы и дополнительно включить в реестр российских программ для ЭВМ. Данный процесс сопровождался внедрением системы и в другие отделы предприятия. Метод постоянного обновления актуальной версии для всех пользователей стал хорошей тенденцией и для последующего развития системы. Были использованы алгоритмы для быстрого развертывания новой версии программы у всех пользователей.

Каждому пользователю кроме актуальной версии программы были предоставлены: руководство пользователя, которое содержит всю справочную информацию, а также инструкции по взаимодействию с интерфейсом пользователя, изложенные доступным техническим языком, что позволило сократить время на обучение работников и ускорить процесс внедрения. Также было составлено руководство администратора системы, описывающее функциональные возможности аккаунтов работников, сервера и СУБД.

Заключение

Подводя итоги, стоит заметить, что поставленные задачи были выполнены, система показала себя надлежащим образом при эксплуатации на предприятии ПАО «ДНПП». Поступил ряд предложений со стороны пользователей, что позволило в дальнейшем выявить «узкие» места и провести качественную модернизацию автоматизированной системы. С точки зрения экономической целесообразности программа оправдала необходимость разработки и внедрения в работу предприятия, но процессы внедрения в организацию имели ряд сложностей за счет отсутствия подобного опыта. Однако, использованный здесь, итеративный метод разработки проявил себя наилучшим образом, помогая в каждом цикле выявлять недочеты и постепенно встраивать новые функции.

Список литературы

1. ГК РФ Статья 1226. Интеллектуальные права. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/4f084f0ca9455af0c226715f0cc1ca3059d43411/ (дата обращения: 15.02.2024). – Текст: электронный.
2. ИСУПРИД – информационная система управления права на результаты интеллектуальной деятельности. – URL: <https://www.neolant.su/isuprid/>. (дата обращения: 24.12.2023). – Текст: электронный.
3. АСУ РИД. – URL: https://intellectexport.ru/asu_rid/. (дата обращения: 18.02.2024). – Текст: электронный.
4. ИСУРИД. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=a181336c7a64ad1127ae8d5ec717be5e>. (дата обращения: 28.04.2023). – Текст: электронный.
5. Объекты интеллектуальной собственности: понятие, виды, защита и оценка. – URL: <https://icwbo.ru/blog/2015/obekty-intellektualnoy-sobstvennosti/>. (дата обращения: 22.02.2024). – Текст: электронный.
6. Объекты патентного права. – URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/objects-of-patent-rights>. (дата обращения: 29.12.2024). – Текст: электронный.
7. Основные термины и определения в сфере интеллектуальной собственности в соответствие с Гражданским кодексом Российской Федерации. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_299006/7f3a15f7dbde370fc3af21bb6804bc587a9424f9/. (дата обращения: 07.02.2024). – Текст: электронный

УМНЫЙ ДОМ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

Южанина А. К.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
студентка физико-технического института, группа АТП-6-о-231

Научный руководитель: Дядичев В.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
д.т.н., профессор, профессор кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. Данная работа посвящена актуальной теме «Умный дом» – концепции, которая преобразует современное жилье, делая его комфортным, безопасным и энергоэффективным. В статье рассмотрены перспективы развития «умного дома», ключевые проблемы и вызовы, связанные с развитием концепции «умного дома». Сделаны выводы о перспективах и проблемах концепции «умного дома», подчеркивая его потенциал для повышения качества жизни, но также указывая на необходимость решения существующих вызовов.

Ключевые слова: умный дом, технологии, автоматизация, искусственный интеллект, безопасность, приватность, экологичность, вызовы.

Введение

Современный мир стремительно меняется, и технологии играют в этом процессе ключевую роль. Одна из наиболее перспективных областей развития – это «умный дом». Концепция, которая не так давно была фантастикой, сегодня становится реальностью, преобразуя наше жилье и делая его не только комфортным и безопасным, но и более энергоэффективным.

В данной работе мы рассмотрим перспективы развития «умного дома», отметив ключевые факторы, способствующие его распространению. В частности, речь пойдет о расширении функциональности с помощью интеграции передовых технологий, о росте доступности благодаря снижению стоимости и появлению новых решений, а также об экологической значимости «умного дома» как инструмента для сокращения потребления энергии.

Однако вместе с положительными моментами, развитие «умного дома» ставит перед нами и ряд проблем, которые необходимо решать. Мы рассмотрим такие вызовы, как обеспечение безопасности и приватности, преодоление технических сложностей в интеграции систем, а также учтем социальные аспекты, связанные с доступностью «умного дома» для всех и его влиянием на общество в целом.

В заключении мы сделаем выводы о перспективах и проблемах концепции «умного дома», подчеркнув его потенциал для повышения

качества жизни, но также указав на необходимость решения существующих вызовов.

Материалы и методы

Для исследования использовался метод анализа научных статей, отчетов о рынке и новостных материалов, посвященных «умному дому», а также сравнительный анализ существующих на рынке решений. Для определения ключевых тенденций были изучены статистические данные о продажах умных устройств, проведен опрос экспертов в сфере IT и проанализированы мнения пользователей «умного дома».

Перспективы развития

Расширение функциональности: наши исследования показывают, что «умный дом» становится более интеллектуальным и персонализированным благодаря интеграции искусственного интеллекта (AI). AI позволяет устройствам самообучаться и приспосабливаться к потребностям пользователей, автоматизируя рутинные задачи. Робототехника обеспечивает дополнительные возможности для управления домом и выполнения задач по уборке, приготовлению пищи и т.д. Виртуальная реальность открывает новые перспективы в дизайне интерьера и визуализации проектов «умного дома».

Рост доступности: снижение стоимости технологий делает «умный дом» доступным для широкого круга потребителей. Появление новых бюджетных решений и платформ открывает возможности для оснащения жилья умными устройствами с минимальными затратами. Это позволяет более широкой аудитории ощутить преимущества «умного дома».

Экологическая значимость: «Умный дом» может играть важную роль в сокращении энергопотребления и повышении экологичности. Автоматизация систем отопления, вентиляции и освещения позволяет уменьшить потери энергии и сократить выбросы парниковых газов [1-3].

Проблемы и вызовы

Безопасность и приватность: с ростом количества подключенных устройств возрастает риск нарушения конфиденциальности и киберугроз. Необходимо разрабатывать эффективные системы безопасности, защиты персональных данных и предотвращения несанкционированного доступа. Это один из

ключевых вызовов, который требует внимания со стороны разработчиков, производителей и регуляторов.

Техническая сложность: интеграция разнообразных систем и устройств представляет собой серьезную техническую задачу. Важно обеспечить совместимость между различными платформами и устройствами, а также разработать удобные и интуитивно понятные интерфейсы для управления. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать стандартные протоколы и платформы, которые облегчат взаимодействие между различными устройствами [4-6].

Социальные аспекты: «Умный дом» должен быть доступен для всех, включая людей с ограниченными возможностями. Важно учитывать потребности различных групп населения и разрабатывать решения, которые были бы удобными и доступными для всех. Также необходимо учитывать влияние «умного дома» на общество и образование, и разрабатывать стратегии для адаптации к изменениям, связанным с внедрением новых технологий.

Выводы

В заключение, «умный дом» имеет огромный потенциал для улучшения качества жизни, но для его полноценной реализации необходимо решить ряд проблем и вызовов. Необходимо усилить защиту безопасности и приватности, разработать унифицированные стандарты и платформы для интеграции систем, а также учитывать социальные аспекты при разработке и внедрении «умного дома».

Список литературы

1. "Умный дом 2023": тенденции, проблемы и обновление, которое "имеет значение" Автор: Уильям Пао. Дата публикации: 2023/12/11.
2. «Умный дом» — домашний искусственный интеллект в действии Автор: Морос Рина Натановна Дата публикации: 15.06.2022.
3. Технологии «умных домов» и их влияние на жизнь людей и экономику Автор: Головкин М.М. Издательство: ГУАП (дата публикации отсутствует).
4. Анализ состава угроз для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» Автор: Дупленко Александр Геннадьевич Сборник: V международная научная конференция «Современные тенденции технических наук» (Казань, май 2017). Дата публикации: 03.05.2017.
5. Елена Бем. Умный дом: что это такое, зачем нужен и как работает. Источник: Авахо. URL: <https://avaho.ru/articles/ns/umnyy-domchto-eto-takoe-zachem-nuzhen-i-kak-rabotaet-2332.html> Дата обращения: 22.12.2023.
6. Анализ рынка систем «умный дом» в России Источник: Discovery Research Group. URL: <https://clck.ru/375nBa> Дата обращения: 20.12.2023

ОРГАНИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ОЛИМПИАДЫ ПО КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ФОРМАТЕ STF ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ КЫРГЫЗСТАНА

*Аманов Р.К., Исаев Р.Р., Ермаков А.В., Эсеналиева Г.А.,
Давлетшин А.Д.*

Международный Университет Ала-Тоо
Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. В статье представлено описание проведения олимпиады по кибербезопасности в формате STF (Capture the Flag), организованной в двух форматах: онлайн и офлайн. В соревновании приняли участие старшеклассники и студенты колледжей, прошедшие отборочный этап. Олимпиада включала задачи различных категорий, таких как криптография, OSINT (разведка с открытых источников), веб-задачи и реверс-инженерия, которые оценивались по времени и точности выполнения. В качестве платформы был использован проект с открытым исходным кодом ctfд, настроенный и запущенный преподавателями университета, а задания были разработаны студентами клуба кибербезопасности. Статья отмечает проблему неуверенности участников в своих знаниях и невысокую активность, несмотря на простоту заданий. Также подчеркивается недостаточное внимание школьных программ к основам кибербезопасности, что влияет на подготовленность школьников по сравнению с колледжами, результаты которых были значительно лучше. Привлечение спонсоров, таких как Greenlight, и наличие призов хорошо смотивировало участников. Анализ выполненных задач показал, что большинство участников успешно решили 90% простых задач, что позволяет сделать выводы о типах задач, которые решались быстрее и эффективнее..

Ключевые слова: кибербезопасность, олимпиада, образование, STF, Кыргызстан.

Введение

STF (Capture the Flag) соревнования становятся все более популярным способом вовлечения учеников старших классов и средней школы в темы кибербезопасности в увлекательной и практической форме. Эти соревнования представляют собой отличную возможность для младших школьников развивать интерес к кибербезопасности и информатике. Во-первых, STF-соревнования способствуют формированию интереса к этим областям в раннем возрасте [1, 2]. Во-вторых, они предоставляют увлекательную и конкурентную среду, в которой студенты могут осваивать технические навыки, такие как криптография, судебная экспертиза и бинарная эксплуатация [7]. Кроме того, STF-соревнования позволяют учащимся

применять свои знания в практической и безопасной обстановке [7], что помогает формировать поток студентов, заинтересованных в продолжении обучения и карьеры в области кибербезопасности [1]

Для эффективного внедрения CTF в образовательный процесс школы могут использовать различные подходы. Например, рекомендуется применять сценарный подход, связывающий задачи с сюжетной линией, чтобы поддерживать интерес учеников [2]. Важно также включать задачи разного уровня сложности — от вводного до продвинутого, чтобы учитывать различные уровни навыков учеников [4]. Кроме того, школы должны предоставлять учителям ресурсы для отслеживания прогресса учеников и организации внутренних соревнований [5]. Включение обучения основам "в нужное время", когда студенты решают задачи, также представляет собой важный аспект [1].

Существует несколько примеров успешных программ CTF для школ. Например, RUSecure CTF в Университете Радфорда нацелен на учеников старших классов по всему штату Вирджиния, США [1]. Соревнования CTF в Университете Тенаги Национал (UNITEN) в Малайзии знакомят школьников со средствами кибербезопасности [2, 3]. Кроме того, онлайн-соревнование picoCTF, которое стартовало с 2000 участников, выросло до более 27000 участников из средних и старших школ США и Канады с 2013 года [8]. Использование увлекательного и практического характера CTF соревнований позволяет школам эффективно вводить кибербезопасность для студентов и строить надежный поток будущих специалистов в этой важной области. В одной из работ посвященных разработке платформы для проведения соревнований описан опыт проектирования, организации и внедрения в образовательный процесс студенческой лаборатории информационной безопасности CTF тематики, включая задачи популяризации CTF среди студентов и школьников, создание лаборатории для подготовки студенческой команды и организацию локальных соревнований [9]. Раннее начало практического изучения информационной безопасности в контексте теоретических дисциплин, таких как информатика и математика, способствует формированию глубокого интереса к этим предметам и демонстрирует учащемуся практическое применение полученных теоретических знаний [10]. Кибербезопасность становится все более актуальной в условиях растущего влияния технологий и Интернета на нашу жизнь. Одной из важнейших задач в контексте современных угроз авторами исследования считают добавление в учебные планы дисциплин связанных с кибербезопасностью таких как: компьютерная

гигиена и грамотность в систему школьного, среднего профессионального и высшего образования Кыргызской Республики [11]. В современном образовательном процессе угрозы кибербезопасности играют особую роль в контексте процессов информатизации и проблем кибербезопасности, а так же проблем, таких как несанкционированный доступ к данным, кибертерроризм и регулирование использования социальных сетей в образовании [12].

Методика исследования

Перед проведением анализа данных, собранных в ходе CTF-соревнований по кибербезопасности, необходимо определить основные параметры и критерии, по которым будут оцениваться задачи. В данном исследовании используются количественные показатели, такие как процент правильных решений, а также качественная классификация по категориям. Методы анализа включают сравнение показателей сложности заданий в разных категориях и выявление закономерностей, связанных с их успешностью. Основное внимание уделяется таким аспектам, как уровень сложности различных типов задач (стеганография, криптография, веб-безопасность и т.д.), что позволяет глубже понять распределение сложности среди участников соревнований. Такой подход обеспечивает комплексное восприятие данных и дает возможность сделать выводы о факторах, влияющих на успешность выполнения заданий. Таблица №1 указанная ниже содержит задания из CTF-соревнований по кибербезопасности, классифицированные по категориям и представленными с процентом правильных решений. Наивысший процент правильных решений имеет задание "Велкам" (95%) из категории "misc" (разное), что указывает на его простоту или предназначение для разогрева. В то же время задания из категории "стеганография" (stegano), такие как "Скрытый в горах" (33%) и "Картинка в картинке" (16.8%), демонстрируют более низкий процент успешных решений, что говорит о сложности их выполнения. Категории, связанные с криптографией (crypto) и обратной инженерией (reverse), такие как "На баш" (12.66%) и "Кошелёк или жизнь" (2.43%), также показывают низкие результаты, подчеркивая высокий уровень сложности этих задач. Таким образом, можно сделать вывод, что задания по криптографии, стеганографии и обратной инженерии являются наиболее сложными для участников соревнований.

Таблица 1. Задания очного этапа с категориями и процентным соотношением верных ответов.

ID	Название задания	Процент правильных решений	категория
5	Велкам	0.950000	misc
6	Чикибамбони	0.695652	stegano
19	Голосовой Ассистент	0.500000	fun
2	Что такое Линукс?	0.337500	warmup
18	Скрытый в горах	0.333333	stegano
3	Ну это уже перебор	0.219178	misc
8	Сетевая акула	0.218182	network
7	Сруб Цезаря	0.210526	stegano
4	Картинка в картинке	0.168000	stegano
9	Хоциальные Хети	0.137931	osint
16	На баш	0.126582	crypto
14	Везде везде	0.122449	stegano
12	Как достать агая	0.106667	web
13	Валентин	0.090909	web
10	Разогрев	0.085938	warmup
15	Зима будет	0.073684	osint
17	Удав? Анаконда? Питон!	0.032967	crypto
11	Кошелёк или жизнь	0.024306	reverse

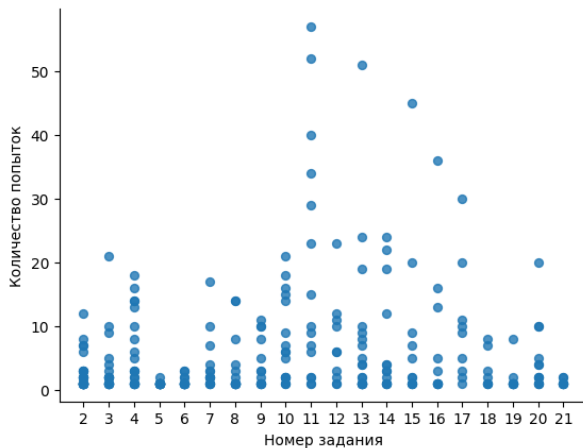


Рисунок 1. График количества попыток по каждому заданию

Анализ результатов представленной в таблице № 2, содержащей средние коэффициенты решаемости задач по категориям, позволяет выявить различия в уровне сложности заданий для участников CTF-соревнований. Категория с наивысшим коэффициентом решаемости — "misc" (0.584), что свидетельствует о том, что задачи в этой категории, как правило, более простые и решаемые участниками. Задачи категории "fun" также демонстрируют высокий средний коэффициент решаемости (0.500), указывая на их доступность для большинства участников. Категория "стеганография" (stegano) имеет средний коэффициент решаемости 0.306, что говорит о среднем уровне сложности этих задач. В то же время категории, такие как "сети" (network) и "осинт" (osint), с коэффициентами 0.218 и 0.105 соответственно, уже значительно сложнее для участников. Наиболее сложными категориями оказались "криптография" (crypto) и "реверс-инжиниринг" (reverse), со средними коэффициентами 0.079 и 0.024 соответственно. Это указывает на то, что задания в этих областях требуют глубоких знаний и значительных усилий для их решения. Таким образом, задачи по криптографии и реверс-инжинирингу являются самыми сложными, в то время как категории "misc" и "fun" значительно проще для участников.

Таблица 2. Таблица категорий и коэффициента решаемости.

	Категория	Средний коэффициент решаемости
0	crypto	0.079775
1	fun	0.500000
2	misc	0.584589
3	network	0.218182
4	osint	0.105808
5	reverse	0.024306
6	stegano	0.305992

Опять же задания в категориях "misc" и "fun" решаются участниками чаще всего, указывая на их относительную простоту. В то же время, категории "криптография" и "реверс-инжиниринг" демонстрируют наименьшие коэффициенты решаемости, что свидетельствует о высокой сложности этих задач. Это подтверждает, что для успешного решения задач в более сложных категориях требуется глубокая подготовка и специализированные знания в области кибербезопасности.

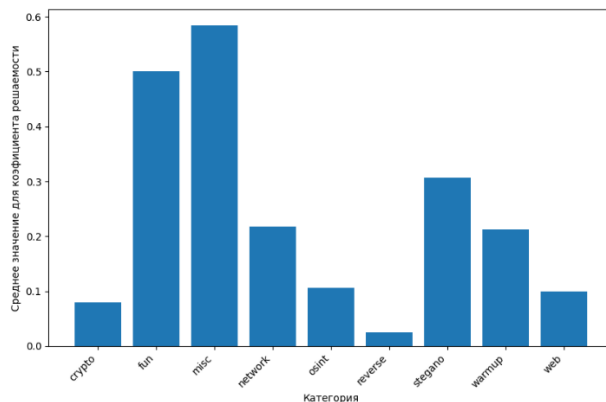


Рисунок 2. Среднее значение решаемости для каждой из категорий

Для улучшения подготовки участников к олимпиадам по кибербезопасности необходимо интегрировать основы кибербезопасности в образовательные программы, внедрить практические лаборатории и обновить форматы соревнований с учетом разнообразия задач и предварительных этапов подготовки. Для повышения мотивации и вовлеченности рекомендуется создать систему призов и наград, публиковать достижения участников, а также налаживать сотрудничество с индустрией и развивать клубы кибербезопасности в учебных заведениях. Важно предоставить доступ к образовательным ресурсам и методическим рекомендациям для преподавателей, чтобы обеспечить эффективное обучение и подготовку студентов – как пример использовать такие ресурсы как picoCTF, tryhackme, hackthebox и т.д.

Выводы

Анализ показал, что самые сложные задачи требовали больше попыток и имели низкую вероятность правильного решения, в то время как самые простые задачи быстро решались участниками. Задачи с наибольшим количеством попыток без правильного решения могут нуждаться в пересмотре, чтобы улучшить их формулировку. Участники, которые сделали большее количество попыток, демонстрировали настойчивость, что свидетельствует о высокой мотивации. В результате участия студентов колледжа МУА в соревнованиях, организованных университетом с 2021 года, а также благодаря приобретённому ими опыту решения задач в рамках курса

по информационной безопасности, было установлено, что эти студенты демонстрируют значительно более высокую степень подготовки. Этот опыт способствовал их успешному выступлению и занятию призовых мест на соревнованиях и олимпиадах по кибербезопасности.

Список литературы

1. Chase, J., & Uppuluri, P. (2022). High school cybersecurity? Challenge accepted – Radford University’s RUSECure CTF contest for high school students.
2. Haziq, A., Hanafi, A., Rokman, H., Dahaqin, A., Ibrahim, Z.B., Zawawi, N.A., & Rahim, A. (2021). A Haziq et al., A Scenario CTF-Based Approach in Cybersecurity Education for Secondary School Students.
3. Hanafi, A. H. A., Rokman, H., Ibrahim, A. D., Ibrahim, Z., Zawawi, M. N. A., & Rahim, F. A. (2021). A CTF-Based Approach in Cyber Security education for secondary school students.
4. Ibrahim, A. D. B., Hanafi, A. H. A., Rokman, H., Zawawi, M. N. A., Ibrahim, Z., & Rahim, F. A. (2020). Comparative Analysis on Student’s Interest in Cyber Security among Secondary School Students using CTF Platform.
5. Takayuki, A., Makoto, N., & Hiroyuki, T. (2016). Open Events of Hacking Competition CTF as Introductory Educational Experience for Information Literacy and Security Learning -- A Design and Problem Consideration of an Assistive Game with Quiz and Adventure Style for High School Students.
6. Takayuki, A., Makoto, N., & Hiroyuki, T. (2016). Open Events of Hacking Competition CTF as Introductory Educational Experience for Information Literacy and Security Learning -- A Design and Problem Consideration of an Assistive Game with Quiz and Adventure Style for High School Students.
7. Owens, K., & Fulton, A. (2019). pico-Boo!: How to avoid scaring students away in a CTF competition.
8. Liqin, Z., & Mengmeng, W. (2016). The Training Research of Information Technology Application Ability for Normal School Students under the ICT-CFT. 2016 International Conference on Smart City and Systems Engineering (ICSCSE), 257-261.
9. Кобилев, М. А., Зеленский, Д. С., & Абрамов, Е. С. (2015). Опыт создания интерактивной образовательной платформы на основе инструментария соревнований CTF. Информационное противодействие угрозам терроризма, (24), 321-328.
10. Кулавский, И. В. Особенности организации соревнований по информационной безопасности в формате CTF в школе / И. В. Кулавский, Т. А. Викторова // Техническое творчество молодежи. – 2023. – № 4(140). – С. 11-21. – EDN WICKVF.
11. Esenalieva, G. A. Cyber security in the education system / G. A. Esenalieva // Alatoo Academic Studies. – 2022. – No. 1. – P. 167-171. – DOI 10.17015/aas.2022.221.21. – EDN EPFSWO.
12. Зимин, И. В. Анализ обеспечения кибербезопасности в Кыргызской Республике / И.В. Зимин, А.А. Айтбекова, Ф.Р. Султанова // Евразийское Научное Объединение. – 2019. – № 6-2(52). – С. 108-111. – DOI 10.5281/zenodo.3271164. – EDN VQPIVV..

ИННОВАЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

Кожичкин В.М.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
студент физико-технического института, группа АТП-6-о-231

Научный руководитель: Менюк С.Г.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
к.э.н., доцент кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. Аддитивные технологии становятся неотъемлемой частью современной жизни, в том числе в медицине. Быстрый прогресс естественных наук и технологий открывает новые возможности для трансформации здравоохранения. Исследование потенциала аддитивных 3D-технологий в медицине является важным шагом к будущему здравоохранения.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-объект, 3D-печать, 3D-принтер.

Введение

Применение 3D-печати в медицине динамично растет, предоставляя пациентам возможность получить необходимые медицинские изделия быстрее и дешевле. Благодаря высокой степени кастомизации, 3D-печать позволяет создавать устройства, идеально подходящие к индивидуальным анатомическим особенностям. Технология применима к различным материалам – полимерам, металлам и керамике. Кроме того, 3D-печать снижает затраты за счет сокращения времени производства и ограничения необходимости в ручном труде.

В медицине точность имеет решающее значение. Аддитивные технологии обеспечивают высокую точность за счет послойного наращивания материала, позволяя создавать точные копии анатомических областей. В отличие от традиционных методов, 3D-печать предоставляет большую свободу в проектировании, обеспечивает высокую точность и возможность создания уникальных изделий со сложной геометрией. Это делает производство более эффективным и экономичным.

Аддитивные технологии в медицине – это не просто новый метод производства медицинских изделий. Это основа персонализированной медицины, где решения строятся под

индивидуальные особенности пациента. От создания точных анатомических моделей для планирования сложных хирургических вмешательств до печати живых тканей и органов – границы применения этих технологий постоянно расширяются, бросая вызов нашему пониманию возможного в медицинской науке и практике[1].

Материалы и методы

В ходе работы был проведен анализ новейшей научной литературы и результатов исследований о применении аддитивных технологий в медицине. Особое внимание было уделено работам, рассматривающим возможности использования 3D-печати в различных областях медицины, включая стоматологию, ортопедию, нейрохирургию, кардиохирургию и фармакологию.

Исследование проводится с использованием комплексного анализа, включающего изучение теоретических основ, сравнение и классификацию данных, а также изучение практического опыта компаний, работающих с аддитивными 3D-технологиями.

Обсуждение и результаты

Трендом современного развития аддитивных технологий является разработка новых расходных материалов, расширяющих возможности 3D-печати. Например, разработка водонепроницаемых и огнестойких полимеров открывает пути к созданию более устойчивых и безопасных конструкций в строительстве и производстве. Экструзионная печать из гранулята позволяет использовать широкий спектр материалов, включая пластики, металлы и композиты, что расширяет сферу применения аддитивных технологий. Биопечать, в свою очередь, открывает новые возможности в медицине, позволяя создавать ткани и органы для трансплантации. Развитие фотополимеров обеспечивает высокую точность и детализацию при 3D-печати, а новые типы композитных материалов позволяют создавать изделия с уникальными свойствами прочности, легкости и устойчивости к внешним воздействиям. Благодаря этим инновациям аддитивные технологии продолжают динамично развиваться, открывая новые горизонты для различных отраслей промышленности и науки.

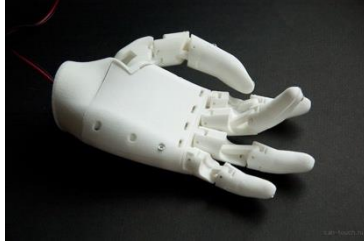


Рисунок 2. Анатомическая модель.

Новые типы материалов в аддитивной 3D-печати открывают новые горизонты в медицине. Например, теперь можно печатать индивидуальные слуховые аппараты, идеально подходящие к анатомии уха, и создавать эндопротезы для замены поврежденных суставов, используя биосовместимые материалы. 3D-печать также позволяет создавать анатомические модели, помогающие планировать хирургические операции, и печатать таблетки с индивидуальной дозировкой лекарств для более эффективного лечения.

Одним из ярких примеров клинического применения аддитивных технологий является проектирование персонализированных имплантатов с учетом анатомических особенностей пациента. Несколько компаний, работающих в сфере медицинских технологий, успешно занимаются 3D-печатью имплантатов и хирургического инструментария, обеспечивая более точное и эффективное лечение.

В ближайшем будущем трансплантация органов и тканей может стать реальностью благодаря методу послойной печати с использованием стволовых клеток. Эта технология позволит создавать органы и ткани, идеально подходящие конкретному пациенту, что ознаменует новый этап в развитии медицины.



Рисунок 2. 3D-печатные модели челюстей.

Одной из областей медицины, где наиболее быстрыми темпами происходит внедрение во врачебную практику аддитивных технологий, является стоматология. Технология 3D-печати уже сегодня в стоматологии, предлагает пациентам более эффективное и доступное лечение. Например, хирурги используют 3D-печатные модели челюстей для планирования сложных операций, а пациенты получают персонализированные протезы, идеально соответствующие их анатомии. 3D-печать также позволяет создавать индивидуальные зубные имплантаты и ортодонтические модели, что делает лечение более эффективным и комфортным.

Аддитивные технологии в медицине динамично развиваются, особенно в сфере создания персонализированных протезов и имплантов. Эта технология позволяет создавать сложные геометрические формы из разнообразных материалов, что открывает широкие возможности для решения различных медицинских задач. Например, с помощью 3D-печати можно создавать протезы верхних конечностей с функциональными пальцами и кистями, использовать титановые сетки для реконструкции черепа после травм и даже печатать индивидуальные межпозвоночные диски и позвонки. Благодаря использованию биосовместимых полимеров, таких как полиамид (нейлон), и металлов, таких как титан и его сплавы, 3D-печать обеспечивает высокую прочность, легкость и биосовместимость изделий.

Биопечать тканей и органов с применением аддитивных технологий позволяет исследовать новые методы лечения. Она дает возможность моделировать ткани и органы *in vitro*, что позволяет изучать влияние лекарств и других терапевтических средств на клеточном уровне, ускоряя разработку новых методов лечения. Биопечать позволяет создавать функциональные органы, такие как кожа, хрящ, сосуды, и даже более сложные органы, такие как печень и поджелудочная железа, открывая возможности для трансплантации и лечения хронических заболеваний. Она позволяет выращивать ткани и органы из собственных клеток пациента, что может быть особенно полезно для лечения тяжелых травм и генетических заболеваний, а также позволяет моделировать ткани и органы, что сокращает потребность в экспериментах на животных [2].



Рисунок 3. Печать органов.

Хирургические модели и планирование операций, повышают точность и безопасность сложных вмешательств, позволяют на основании 3D-модели пациента, созданные на основе данных КТ или МРТ, дают хирургам возможность детально изучить анатомию пациента, выявить сложные анатомические особенности и спланировать оптимальный подход к операции. Виртуальные модели позволяют хирургам "провести" операцию на компьютере, отработать необходимые движения и техники, что увеличивает уверенность хирурга в ходе реальной операции. Планирование позволяет заранее выбрать необходимые инструменты, проверить их совместимость с 3D-моделью пациента, и определить оптимальный подход к операции, что сокращает время хирургического вмешательства и снижает риск осложнений.



Хирургические модели, отпечатанные на 3D-принтере, представляют собой реалистичные копии органов пациента. Это позволяет хирургам отрабатывать хирургические техники перед реальной операцией, увеличивая их навыки и уверенность.

Использование моделей позволяет хирургам оценить риски и сложности операции перед ее проведением, что позволяет минимизировать риск осложнений и повысить безопасность пациента [3].

Использование роботических систем в хирургии позволяет увеличить точность движений хирурга и снизить травматичность операции. 3D-модели пациента и планирование операции необходимы для эффективной работы роботических систем. Использование технологий дополненной реальности позволяет хирургам визуализировать анатомию пациента в реальном времени во время операции, что увеличивает точность хирургического вмешательства.

Вывод

Области применения аддитивных технологий в медицине стремительно расширяются, превращая медицинскую помощь в более персонализированную и эффективную. Благодаря 3D-печати можно создавать индивидуальные импланты, моделировать органы для планирования операций и разрабатывать новые методы лечения. Она позволяют сэкономить время оказания медицинской помощи, снизить производственные расходы и стоимость конечных изделий, а также улучшить качество жизни пациентов, предоставляя им инновационные решения для реабилитации и восстановления.

Список литературы

1. Петров А.В. Аддитивные технологии в медицине: революция в здравоохранении/ – М.: Инновационная Медицина, 2023. – 312 с.
2. Смирнова Е.С., Кузнецов О.П. Биопечать: от фантастики к реальности/ – СПб.: Будущее Медицины, 2022. – 256 с.
3. Соколов И.К. 3D-печать в ортопедии: новые горизонты протезирования/ – М.: Ортопедия Плюс, 2021. – 180 с.
4. Волков Д.А., Сергеев М.И. Хирургическое планирование с использованием 3D-моделей: практическое руководство /. – М.: Хирургия Будущего, 2022. – 298 с.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И ПОВЫШЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Пасюта А.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
студент физико-технического института

Научный руководитель: Менюк С.Г.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
к.э.н., доцент кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. Данная статья исследует роль 3D-моделирования в оптимизации производственных процессов и повышении уровня автоматизации в промышленности. Рассматриваются ключевые аспекты применения 3D-технологий, включая ускорение проектирования, улучшение качества продукции и интеграцию с системами автоматизированного производства. На основе анализа текущих тенденций и практических примеров, статья демонстрирует значительный потенциал 3D-моделирования для повышения эффективности и конкурентоспособности в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: 3D-моделирование, промышленная автоматизация, оптимизация производства, CAD/CAM системы, аддитивное производство, цифровое проектирование.

Введение

В стремительно развивающейся современной промышленности, где требования к скорости и гибкости производства постоянно растут, трехмерное моделирование и имитация работы гибких производственных модулей становятся не просто полезными инструментами, а настоящей необходимостью.

Эти технологии позволяют создавать виртуальные прототипы, которые можно тестировать и оптимизировать задолго до начала реального производства. Это значительно сокращает время разработки, минимизирует риски ошибок и позволяет создавать более эффективные и оптимизированные производственные процессы.

Производители оборудования для автомобильной промышленности и авиационно-космические компании, чьи продукты отличаются высокой сложностью и постоянным совершенствованием, особенно заинтересованы в применении этих технологий.

Применение аддитивных технологий позволяет заблаговременно планировать и оптимизировать производственные процессы, учитывая все необходимые параметры и особенности оборудования. Это позволяет ускорить процесс изготовления и монтажа оборудования, а также минимизировать риски ошибок и задержек. 3D-моделирование позволяет выявлять и устранять возможные проблемы на ранних стадиях проектирования, что снижает риск дополнительных затрат на переделки и переналадку оборудования в процессе реализации проекта [1].

Материалы и методы

Данная статья основана на комплексном анализе различных источников информации, что позволило проанализировать применение аддитивных технологий в промышленности. Выполнен глубокий анализ научных публикаций, отраслевых отчетов и публикаций в профессиональных журналах. Использовались методы систематического обзора литературы, что позволило выявить ключевые тенденции и проблемы в области применения 3D-моделирования. Произведен сравнительный анализ традиционных методов проектирования и производства с подходами, основанными на аддитивных технологиях, что позволило выявить ключевые различия между традиционными и современными методами и определить факторы, влияющие на выбор технологий в зависимости от конкретных условий.

Обсуждение и результаты

Увеличение внимания к 3D-технологиям на выставках указывает на динамичный рост рынка в России, появление новых игроков и предложений, а также на повышение информированности предприятий о возможностях этих технологий. Российские предприятия все активнее ищут новые способы оптимизации производства, а 3D-технологии предлагают уникальные возможности для повышения эффективности, гибкости и качества. 3D-печать позволяет создавать сложные детали с индивидуальными характеристиками, сократить время на производство, снизить затраты на материалы и оптимизировать логистические процессы.

Машиностроение, как одна из ключевых отраслей российской экономики, находится в постоянном поиске новых решений для повышения эффективности и конкурентоспособности. 3D-технологии, представляя собой перспективное направление развития для достижения этих целей. 3D-печать позволяет создавать сложные

детали с индивидуальными характеристиками без использования традиционных инструментов и технологий, что упрощает производственный цикл и сокращает время на изготовление. Аддитивное производство позволяет создавать детали по требованию, что снижает затраты на складские помещения и хранение материалов. Также 3D-печать позволяет создавать детали с более сложной геометрией, что открывает новые возможности для создания более эффективных и прочных конструкций. Данная технология позволяет экспериментировать с новыми материалами и конструкциями, что открывает новые возможности для разработки и производства новых продуктов [2].

Создание прототипа на 3D-принтере занимает не месяцы, как на традиционном производстве, а всего несколько часов. Это значительно экономит временные затраты на доработку конструкции и запуск продукта в серийное производство, что, в свою очередь, снижает стоимость всего проекта.

Благодаря применению 3D-сканеров и программного обеспечения для реверс-инжиниринга и контроля геометрии затраты времени и средств сокращаются, что делает 3D-технологии еще более привлекательными для машиностроительных предприятий. 3D-сканирование старой детали позволяет восстановить ее 3D-модель, что упрощает процесс ее ремонта или изготовления новой детали с идентичными характеристиками.

Применение аддитивных технологий для промышленных предприятий имеет ряд преимуществ:

1. Свобода в геометрии: Традиционные методы производства ограничены в возможностях создания сложных форм. 3D-печать снимает эти ограничения, позволяя создавать детали с любой геометрией, от простых до крайне сложных. В результате мы получаем возможность создавать продукты с уникальной формой и функциональностью, которые ранее были недостижимы.

2. Оптимизация характеристик: 3D-печать позволяет оптимизировать характеристики изделий с уровнем точности, недостижимым для традиционных методов.

3. Ускорение и снижение стоимости: аддитивные технологии значительно сокращают время на изготовление деталей и прототипов, снижая затраты на оснастку и мехобработку. Отсутствие необходимости в дорогостоящих формах и инструментах делает производство более гибким и экономичным. Позволяет легко изменять конструкцию продуктов и производить детали с учетом индивидуальных требований заказчика.

4. Сокращение рисков: позволяет проводить быструю итерацию разработки и создавать прототипы в кратчайшие сроки, а так же открывает новые возможности для использования специальных материалов, например, композитных материалов, металлов и керамики.

Аддитивное производство предоставляет широкие возможности для решения разнообразных задач, от прототипирования до производства готовых изделий. Создание прототипов позволяет быстро и недорого тестировать новые продукты и компоненты, что ускоряет процесс еще до начала серийного производства. Данная технология позволяет проводить эксперименты с разными материалами и конструкциями, это помогает оптимизировать дизайн продукта и выбрать наиболее эффективное решение, а так же быстро и недорого изготовить оснастку для производства, например, формы для литья пластика или металла[3].

3D-сканирование - это технология, которая позволяет создавать цифровые модели реальных объектов с помощью специальных сканирующих устройств. Это позволяет захватить форму и размеры объекта в трехмерном пространстве, создавая его точную цифровую копию.

Для промышленных предприятий 3D-сканирование - это не просто технология, а инструмент, который позволяет решать важные задачи и добиваться конкурентного преимущества. 3D-сканирование позволяет получить точную и детализированную информацию об объекте, включая его форму, размеры, текстуру и цвет. Современные 3D-сканеры способны захватывать объекты очень быстро, что значительно сокращает время на сканирование и обработку данных, а так же может быть использовано для сканирования объектов любых размеров, форм, материалов и цветов. 3D-сканирование может быть использовано для создания цифровых моделей существующих объектов, что позволяет изучить их конструкцию и создать новые продукты с учетом полученных данных.

Выводы

3D-моделирование является важным фактором оптимизации процессов и повышения уровня автоматизации в промышленности. Внедрение 3D-технологий позволяет значительно сократить время разработки продуктов, повысить их качество и оптимизировать производственные процессы. Интеграция 3D-моделирования с системами автоматизированного производства открывает новые

возможности для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Список литературы

1. Иванов А.В., Петров С.Н. Применение технологий 3D-моделирования в современном машиностроении / Вестник машиностроения, 45(2), 112-128.
2. Сидорова Е.М. Интеграция 3D-моделирования и САМ-систем в автомобильной промышленности / Автоматизация в промышленности, 60(4), 78-95.
3. Козлов Д.А., Николаева Т.В. / Влияние аддитивных технологий на оптимизацию производственных процессов. Аддитивные технологии, 38(1), 15-29.

Секция 21

Нейросетевое программное обеспечение

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЗАФИКСИРОВАННЫХ ДЕФЕКТОВ ПОКРЫТИЯ ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Доценко А.И.¹, Тарасова А.В.²

МАДИ (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет)

¹доктор технических наук, профессор

²магистрант

Аннотация. Одним из важнейших направлений повышения эффективности контроля состояния покрытий автомобильных дорог является внедрение регистрирующих автоматизированных систем с использованием специального программного обеспечения.

В статье рассмотрены современные технические средства для определения дефектов дорожного полотна автомобильных дорог и представлено программное обеспечение SegGPT для автоматизированной обработки и анализа зафиксированных дефектов, а также даны материалы для определения объёма требуемых ремонтных работ.

Ключевые слова: автодорога, дефекты, средства диагностики, программное обеспечение SegGPT.

Введение

В целях эффективного контроля состояния покрытий автомобильных дорог необходимо иметь оперативную информацию о наличии на дорожных покрытиях дефектов, образующихся в процессе эксплуатации. Вопросы содержания автомобильных дорог в работоспособном состоянии играют ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта передвижения автомобильного транспорта. Для оптимизации процессов обнаружения дефектов и планирования работ по ремонту дорог необходимо использовать современные технологии и компьютерное программное обеспечение.

Одной из ключевых задач исследования выполненного в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете на факультете «Дорожные и технологические машины» является разработка и применение нейросетевых алгоритмов для анализа изображений дорожного покрытия с целью выявления дефектов. Это включает в себя обучение нейронной сети на большом количестве изображений, содержащих различные типы дефектов, таких как трещины, выбоины, неровности и другие. После обучения

нейросеть способна автоматически определять наличие дефектов на новых изображениях, что значительно ускоряет процесс контроля состояния дорожного покрытия.

Предметом исследования в данной области является применение методов машинного обучения и глубокого обучения для автоматизации процесса анализа дефектов дорожного покрытия, при этом **основными задачами** являются:

- Разработка и обучение нейросетевой модели для классификации различных типов дефектов.
- Автоматизация процесса сбора данных для обучения нейросети.
- Оценка точности и надежности работы нейросетевой модели.

Определение дефектов дорожного полотна

С учетом положений ГОСТ 23554.1-79 «Экспертные методы оценки качества продукции» в РОСДОРНИИ разработана классификация повреждений асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог [1], к которым относятся: трещины, ямы, выбоины, выкрашивание, колейность, сдвиги, гребенки, волны, утопленные участки, износ.

Трещины - это линейные разрывы или полости в дорожном покрытии, которые могут возникать из-за различных факторов, таких как изменения температуры, деформации грунта или неправильной укладки материалов. Трещины могут быть продольными, поперечными, косыми, пересекающимися и в виде сетки. Сетка трещин представляет собой дефект покрытия в виде участка покрытия со множеством пересекающихся трещин.

Ямы и выбоины представляют собой углубления в дорожном покрытии на глубину более 3 см, обычно вызванные износом материала, повреждениями от тяжелой техники или действием воды и мороза. Они могут представлять опасность для дорожного движения и требуют немедленного вмешательства.

Выкрашивание – это повреждение поверхности покрытия в виде дезинтеграции верхнего слоя с удалением части материала покрытия.

Колейность представляет собой дефект поверхности покрытия в виде продольных полос в направлении оси движения автомобилей с нарушением норм ровности покрытия в поперечном направлении.

Сдвиги представляют собой дефект поверхности покрытия в виде нарушения норм ровности, вызванных пластическим смещением материала покрытия в продольном или поперечном направлении.

Гребенка – это последовательность пластических сдвигов покрытия в продольном направлении с шагом выступов не более 1 м.

Волны представляют собой дефект поверхности покрытия в виде нарушения норм ровности в продольном направлении протяженностью более 1 м.

Утопленные участки представляют собой области дорожного полотна, которые опускаются ниже общего уровня, обычно из-за деформации грунта или снижения уплотненного материала [1].

Износ дорожного покрытия возникает из-за постоянного воздействия транспортных средств, погодных условий и других факторов. Это может проявляться в виде потери слоя асфальта, образования колеи или рыхлости дорожного покрытия. Для определения дефектов дорожных покрытий автодорог в настоящее время в России и за рубежом используются следующие диагностические дорожные лаборатории и оборудование.

Группой компании «Современные дорожные технологии» разработаны и внедрены передвижные диагностические лаборатории модификации «Трасса-2», оснащенные системой видеодефектации, позволяющей получать съемку дорожного покрытия с высоким разрешением. Технические характеристики скоростной линейной камеры обеспечивают захват покрытий дороги шириной более 3,75 м.

По полученному видеоизображению покрытия дороги можно зафиксировать все виды дефектов в соответствии с представленной выше классификацией, в том числе и нитевидные трещины, и другие мелкие дефекты, которые не всегда можно определить при визуальной оценке состояния покрытия.

Для определения ровности дорожного покрытия по международному индексу IRI (мм/м) измеряется продольный микропрофиль дороги в виде массива ординат с шагом 12,5 см по двум полосам наката. Индекс IRI, согласно ГОСТ 33101, рассчитывается на основе переменных величин, являющихся функцией измеряемого профиля дороги. Эти переменные характеризуют динамический отклик математической модели автомобиля, движущегося по измеряемому профилю.

Определение поперечной ровности (колеиности) производится с использованием лазерных 2D-профилометров, которые обеспечивают непосредственные измерения высотных отметок поперечного профиля при любой освещенности, обеспечивая при этом, высокий уровень безопасности работ с лазерными излучателями.

Метод измерения поперечной ровности с использованием 2D сканера запатентован, свидетельство на изобретение № 2650840

«Лазерный профилометр для определения геометрических параметров профиля поверхности».

Параметры поперечного профиля, в том числе глубина колеи, определяются с точностью до 1 мм. Для обеспечения ширины захвата 4 м на лаборатории используется 3 профилометра, они размещаются на заднем борту лаборатории на поперечной балке. Лазерные 2D-профилометры, используемые совместно с геодезической системой ГЛОНАСС/GPS, панорамной видеокамерой и высокоточной инерционной системой, позволяют получить цифровую 3D-модель поверхности дороги с высокой точностью и шагом до 1 мм.

За рубежом для определения дефектов дорожных покрытий нашла широкое применение французская передвижная лаборатория GERPHO, которая имеет оборудование для непрерывного фотографирования поверхности дорожного покрытия и позволяет выявлять поверхностные повреждения [2].

Лаборатория состоит из базового автомобиля с подвижным кронштейном, расположенным на крыше. На конце кронштейна имеется видеокамера. Скорость съемки согласуется со скоростью движения автомобиля. Покрытие освещается специальными прожекторами, смонтированными на автомобиле.

Нормальная скорость движения автомобиля составляет 40-60 км/час. При этом получают непрерывное изображение поверхности покрытия в масштабе 1:200. При проезде в каждом направлении снимается полоса покрытия шириной 4,6 м. Чтобы обеспечить одинаковые условия освещения, измерения производят ночью.

Авторами статьи предлагается использовать для обработки собранной информации по дефектам на дорожных покрытиях автомобильных дорог программное обеспечение SegGPT, которое представляет инновационную систему компьютерного зрения, основанную на передовых методах глубокого обучения.

В основе SegGPT лежит нейронная сеть, обученная на огромных объемах данных, содержащих информацию о различных типах дорожных дефектов и их характеристиках. Этот подход позволяет системе точно и надежно идентифицировать дефекты на дорожном полотне, включая трещины, ямы, износ, утопленные участки, выбоины и другие аномалии.

SegGPT способна работать с различными типами данных, включая изображения, видео и данные LiDAR, что обеспечивает универсальность и гибкость системы. Благодаря своей высокой производительности и быстрдействию, SegGPT позволяет проводить дефектовку дороги в реальном времени и при больших объемах

данных, что делает ее идеальным инструментом для мониторинга и обследования состояния дорожного покрытия.

Основные элементы архитектуры SegGPT

Нейронные сети: SegGPT использует глубокие нейронные сети, такие как сверточные нейронные сети (CNN), для анализа изображений дорожного покрытия и выявления дефектов. Эти сети обучаются на больших объемах данных, чтобы достичь высокой точности и надежности в распознавании различных типов дефектов.

Методы сегментации

Семантическая сегментация: Этот метод направлен на выделение различных классов пикселей на изображении, каждый из которых соответствует определенному типу дефекта. Для этого обученная модель классифицирует каждый пиксель на изображении с помощью нейронной сети, различая дорожное покрытие, трещины, ямы и другие дефекты.

Сегментация по экземплярам: В этом методе каждый дефект на дорожном полотне рассматривается как отдельный экземпляр (инстанс), и цель состоит в выделении каждого дефекта как отдельного объекта на изображении. Это позволяет точно определять размеры и границы каждого дефекта, что важно для планирования ремонтных работ [3].

Методы суперпиксельной сегментации: Эти методы разбивают изображение на компактные участки, называемые суперпикселями, которые имеют более высокую однородность по сравнению с отдельными пикселями. Это позволяет упростить задачу сегментации и повысить ее эффективность.

Комбинация этих методов сегментации в SegGPT обеспечивает высокую точность и надежность в обнаружении и классификации дефектов на дорожном покрытии, что позволяет оперативно реагировать на дорожные проблемы и планировать необходимые ремонтные работы.

Алгоритмы классификации: После сегментации дефектов SegGPT может применять алгоритмы классификации для определения типа и серьезности каждого дефекта. Это позволяет автоматически оценивать состояние дорожного покрытия и определять приоритеты для ремонтных работ.

Модули визуализации и отчетности: SegGPT также включает модули для визуализации результатов дефектовки и создания подробных отчетов. Это позволяет пользователям удобно

анализировать обнаруженные дефекты, принимать информированные решения и планировать ремонтные мероприятия.

Интерфейсы и API: Для интеграции с другими системами и приложениями SegGPT предоставляет удобные интерфейсы и API (посредник между программным обеспечением и сервером). Это позволяет использовать его в различных сценариях, а также интегрировать его в существующие инфраструктуры управления дорожной сети.

Эти элементы взаимодействуют вместе, обеспечивая высокую производительность, точность и удобство использования SegGPT для решения задачи дефектовки дороги в программном обеспечении.

Так же было выполнено тестирование нескольких нейронных сетей на предмет их точности при обнаружении дефектов дорожного покрытия, что позволило сравнить общую эффективность применяемых методов. Результаты указанного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты точности исследуемых методов.

Метод машинного зрения	Точность детектирования	
	Средний процент IOU для высокого качества	Средний процент IOU для низкого качества
CNN	0,37	0,28
UNET	0,61	0,21
CANNY	0,27	0,011
SegGPT	0,60	0,52
CANNY+GA	0,29	0,02
Полносвязная нейросеть	0,21	0,08

Проведённое исследование показало, что значительное улучшение сегментации и детектирования достигается при использовании математической морфологии и последующем сжатии изображения. Нейронная сеть SegGPT оказалась эффективной при работе с изображениями как высокого, так и низкого качества.

Определение объема ремонтных работ

После обнаружения дефектов на дорожном покрытии SegGPT производит обработку и анализ их характеристик, таких как размер, глубина, тип и расположение. Эта информация позволяет оценить

масштаб проблемы на каждом участке дороги и определить необходимый объем работ по их устранению.

SegGPT классифицирует обнаруженные дефекты по типам и значимости, что позволяет разделить их на категории в зависимости от того, требуется ли частичный или полный ремонт объекта, а также какие виды ремонтных работ должны быть выполнены.

Заключение

Программное обеспечение SegGPT не первое на основе нейронной сети, предназначенное для сегментации изображений. Ранее уже существовала нейросеть Unet, изначально разработанная для сегментации медицинских изображений. Эта архитектура представляет собой автокодировщик с прямыми связями между низшими и высшими слоями. Она отличается наличием двух путей передачи информации: первый путь – это стандартное сжатие данных, которое дает наиболее эффективное представление данных. Второй путь – прямые связи между декодером и кодировщиком, которые позволяют передавать характеристики на верхние уровни, усиливая чувствительность сети к элементам изображения [4].

В настоящей статье представлено программное обеспечение SegGPT, которое предлагается использовать для автоматизированной обработки и анализа дефектов покрытия полотна автомобильных дорог, а также для определения объема планируемых ремонтных работ. Выполненное авторами сопоставление нейронной сети SegGPT с другими известными методами машинного зрения показало, что первое опережает остальные по качественным показателям в среднем на 12...14 %.

Список литературы

1. Доценко А.И. Строительные машины. М., Инфра-М. 2022г. – 400с.
2. Доценко А.И К вопросу комплексного управления качеством асфальтобетона при строительстве автомобильных дорог. Ж-л «Механизация строительства», №6, 2005г.
3. Олсон, Дэвид Л.; и Делен, Дурсун. Расширенный интеллектуальный анализ данных. Springer, 1-е издание, 2008 г. – 138 с., ISBN 3-540-76916-1
4. Л. Ян, Б. Ли, В. Ли, Б. Цзян и Дж. Сяо, «Семантическая метрическая 3D-реконструкция для проверки бетона», Конференция IEEE Computer Society по компьютерному зрению и семинарам по распознаванию образов, том. 2018-июнь, стр. 1624-1632, декабрь 2018 г.

МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Зиневич С.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
студент физико-технического института

Научный руководитель: Менюк С.Г.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
к.э.н., доцент кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Аннотация. В современном мире, где данные играют все более важную роль в принятии решений, визуализация информационных структур становится необходимым инструментом для успешного анализа данных. Она помогает компаниям выявить новые возможности для развития бизнеса, ученым исследовать сложные вопросы и проблемы, а специалистам в различных областях повысить эффективность своей работы.

Ключевые слова: визуализация данных, информационные структуры, диаграммы, анализ данных.

Введение

Визуализация информации включает в себя визуальное представление абстрактных информационных пространств и структур с целью облегчения их быстрого усвоения и понимания. Информационные структуры могут включать в себя иерархии, сети, многомерные таблицы, а также коллекции текстовых документов. Методы, основанные на визуализации информационных структур, находят все большее применение в различных областях науки.

Визуализация информации является инструментом для представления данных и концепций в удобной и понятной форме. Она позволяет сделать сложные информационные структуры более доступными и наглядными, что способствует более эффективному анализу и восприятию информации. Благодаря визуализации, пользователи могут быстро обнаруживать связи, тренды и паттерны в данных, что помогает принимать более обоснованные решения. Визуализация информации активно применяется в различных областях, включая научные исследования, образование, бизнес-аналитику, дизайн и другие сферы, где важно наглядно представить информацию для лучшего понимания и взаимодействия с ней [1].

Материалы и методы

Визуализация информационных структур направлена на представление информации визуально с целью облегчения восприятия и анализа данных. Основная идея заключается в том, чтобы разгрузить зрительную систему человека от избыточной нагрузки и предоставить ему более удобный и интуитивно понятный способ взаимодействия с информацией. Путем визуализации данных мы можем быстрее и эффективнее анализировать информацию, выявлять паттерны, тренды и взаимосвязи, что помогает принимать обоснованные решения. Таким образом, визуализация информационных структур способствует более эффективному использованию когнитивных ресурсов человека и улучшает его способность к анализу и пониманию сложных данных.

Визуализация информационных структур зависит от вида информации, которую необходимо представить. По классификации Шнейдермана, информацию можно разделить на несколько типов, каждый из которых требует особого подхода к визуализации:

1. Линейные данные: такие как таблицы, программный код, алфавитные перечни, упорядоченные сообщения. Для визуализации линейных данных часто используются графики, диаграммы и другие методы, позволяющие наглядно представить последовательность данных.

2. Иерархические данные: такие как древовидные структуры. Визуализация иерархических данных часто основана на деревьях и графиках, позволяющих отображать иерархические отношения между элементами.

3. Сетевые данные: такие как графы ссылок гипермедиа узлов, семантические сети, веб и т.д. Для визуализации сетевых данных используются графы и другие методы, позволяющие отображать связи между элементами.

4. Многомерные данные: такие как атрибуты метаданных. Для визуализации многомерных данных часто используются методы, основанные на многомерных пространствах и векторных представлениях данных.

5. Векторные пространства: генерируются из содержания элемента, используемого для представления его характеристик. Для визуализации векторных пространств часто используются методы, основанные на анализе частоты или других характеристик элементов.

6. Пространственные данные: такие как 2D или 3D данные, включая планы этажей, карты, модели CAD, компьютерную томографию и т.д. Для визуализации пространственных данных часто используются методы, основанные на трехмерных моделях,

географических информационных системах и других специализированных подходах.

Каждый тип данных требует своего подхода к визуализации, и выбор метода зависит от целей анализа, особенностей данных и потребностей пользователей. Важно учитывать специфику информации при выборе подходящего метода визуализации для эффективного представления и анализа данных [2].

Обсуждение и результаты

Традиционные методы визуализации, такие как схемы или диаграммы деревьев, идеально подходят для небольших и компактных информационных иерархий. Однако, если иерархия слишком велика или сложная, визуализация на одном листе бумаги или экране компьютера может стать проблематичной и неэффективной.

Использование иерархических систем визуализации в общих графах может помочь упорядочить и представить информацию более наглядно, позволяя исследователям обнаруживать паттерны, выявлять взаимосвязи и делать выводы на основе данных, представленных в графическом виде.

Современные направления в технологиях визуализации можно классифицировать следующим образом:

1. **Интерактивная визуализация:** это направление включает в себя разработку визуализаций, с которыми пользователи могут взаимодействовать. Это позволяет пользователям исследовать данные, изменять параметры визуализации и получать дополнительную информацию.

2. **Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR):** эти технологии позволяют создавать иммерсивные визуализации, которые погружают пользователя в виртуальное или дополненное пространство. Они широко используются в области образования, медицины, архитектуры и других отраслях.

3. **Большие данные и аналитика:** с постоянным увеличением объема данных становится все важнее разрабатывать специализированные методы и инструменты для визуализации и анализа больших объемов данных. Это включает в себя такие технологии, как инструменты для визуализации потоков данных, графов и многомерных данных.

4. **Машинное обучение и искусственный интеллект:** эти технологии используются для автоматизации процесса визуализации данных и создания интеллектуальных систем, способных самостоятельно анализировать и визуализировать данные.



Рисунок 1. Классификация современных направлений в технологиях визуализации.

Классификация видов визуализации по способу преобразования координат и данных помогает выбрать наиболее подходящий метод для конкретного типа данных и задачи. Например, использование полярных координат может быть эффективным для визуализации циклических данных, а параллельные координаты подходят для работы с многомерными данными.



Рисунок 2. Классификация видов визуализации по способу преобразования координат и данных.

Редукция размерности является важным инструментом для сокращения сложности данных и выделения основных закономерностей. Этот метод позволяет снизить размерность данных,

сохраняя при этом основные характеристики, что упрощает их интерпретацию и анализ. Полярные координаты могут быть эффективны для отображения циклических данных или данных с явными угловыми зависимостями.

Классификация по объектам визуализации подразделяется:

1. Визуализация числовых данных:

- Графики: линейные, круговые, столбчатые диаграммы, гистограммы и др. Эти виды визуализации позволяют представить числовые данные в виде графических элементов, что облегчает их анализ и понимание.

- Диаграммы: пузырьковые, трендовые, радарные и другие. Диаграммы помогают выявить закономерности, тренды и взаимосвязи между данными.

2. Геоувизуализация:

- Географические карты: представление данных на карте с использованием различных цветов, маркеров и слоев. Это позволяет визуализировать географические данные и анализировать пространственные закономерности.

- Тепловые карты: визуализация данных на карте с использованием цветовой шкалы для отображения плотности или распределения значений. Позволяют наглядно показать области с высокой или низкой концентрацией данных.



Рисунок 3. Классификация по объектам визуализации.

3. Визуализация иерархии:

- Деревья: графическое представление иерархической структуры данных в виде дерева с узлами и ветвями. Используется для отображения отношений и подчиненности между элементами данных.

- Солнечные диаграммы: круговые диаграммы, отображающие иерархическую структуру данных с различными уровнями. Позволяют визуально представить иерархию данных и их распределение.

4. Визуализация сетей:

- Графы: визуализация сетей с узлами и связями между ними, позволяющая анализировать связи и взаимодействия в сети. Используется для изучения социальных сетей, транспортных сетей и других типов сетей.

- Сетевые диаграммы: представление сложных сетей с помощью узлов и ребер для анализа и визуализации связей. Позволяют выявить ключевые элементы и взаимодействия в сети [3].

Исследование больших наборов данных представляет собой сложную задачу из-за их объема и сложности.

Выводы

Визуализация данных имеет высокий потенциал и множество приложений в различных областях, включая науку, бизнес, медицину, образование и другие. Путем использования технологий визуализации информации и инструментов, таких как интерактивные графики, диаграммы, карты тепловые карты и другие, исследователи и аналитики могут получить более глубокое понимание данных, выявить скрытые закономерности, тренды и взаимосвязи. Применение визуализации данных в анализе больших объемов информации помогает улучшить качество принимаемых решений, выявить новые возможности и улучшить процессы принятия решений.

Список литературы

1. Романова И.К. Применение аналитических методов к исследованию парето-оптимальных систем управления // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. N 4. С. 238-266. DOI: 10.7463/0414.0704897
2. Романова И.К. Формирование упрощенных нелинейных моделей для задач исследования движения тел сложной формы // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. N 10. С. 581-594.
3. Зиновьев А.Ю. Визуализация многомерных данных. Красноярск: Изд-во КГТУ, 2000. 180 с.