

Міністерство освіти і науки України

**Поліграфічні, мультимедійні та web-технології.
Сучасні тренди**

Том 1

Колективна монографія

Харків 2025

УДК 004.9

П50

Рекомендовано до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету радіоелектроніки (протокол № 4 від 22 травня 2025 р.)

Рецензенти:

О.І. Пушкар, доктор економічних наук, професор, ХНЕУ ім. Сємена Кузнеця;

О.А. Левтеров, доктор технічних наук, с.н.с., НУЦЗУ

Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасні тренди:
П50 колективна монографія (для спеціальностей G20 Видавництво та поліграфія, F3 Комп'ютерні науки) / редкол.: О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова, Ж.В. Дейнеко. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2025. Т. 1. 262 с.

ISBN 978-617-8254-33-9

В монографії розглянуті питання, присвячені технічним і технологічним інноваціям у виробництві друкованої продукції і в пакувальному виробництві, інформаційним, мультимедійним та web-технологіям, розробці інтелектуальних систем, використанню штучного інтелекту у видавничій діяльності, обробці графіки та управлінню кольором. Розглянуто також питання маркетингу і реклами в поліграфії, особливості медіакомунікацій та використання нових методів навчання фахівців для видавничо-поліграфічної галузі, зв'язок навчального процесу з виробництвом.

Рекомендується викладачам, науковцям, бізнесменам, фахівцям видавничо-поліграфічної та рекламної галузі, розробникам мультимедійних інформаційних продуктів, аспірантам і студентам.

УДК 004.9

ISBN 978-617-8254-33-9
DOI: 10.30837/PMW.2025.T1

© Вовк О.В., Чеботарьова І.Б.,
Дейнеко Ж.В.
© ТОВ «Друкарня Мадрид», 2025

ЗМІСТ

	ВСТУП	4
1	<i>Vovk O.V., Chebotarova I.B., Mendieliya M.V.</i> APPROACH TO COMPREHENSIVE WEBSITE TESTING: COMBINING USABILITY AND FUNCTIONAL TEST METHODS	5
2	<i>Gurieva Natalia, Reyes Espino Victor Manuel, Jimenez Arredondo Victor Hugo.</i> ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE TRANSFORMATION OF ONLINE EDUCATION: A CASE STUDY OF «MASTER OF STUDIES IN DIGITAL EDUCATION» PROGRAM OF UNIVERSITY OF GUANAJUATO	31
3	<i>Бізюк А.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ СКРИПТІВ У PHOTOSHOP В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ПЗКВС»	44
4	<i>Бізюк А.В.</i> АНАЛІЗ ТИПОВИХ СИТУАЦІЙНИХ ЗАДАЧ В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАТИКА»	72
5	<i>Бізюк А.В., Олійник В.М.</i> ІШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ГЕНЕРАЦІЇ КОНТЕНТУ: ТЕХНОЛОГІЇ, ВИКЛИКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В ОСВІТІ	85
6	<i>Ткаченко В.П., Завгородній І.В., Літовченко О.Л., Лисак М.С., Парамонов А.К., Ліхнініна Р.В.</i> ТРИВИМІРНИЙ СИМУЛЯТОР ОПЕРАЦІЙНОГО БЛОКУ ІЗ ЗАПРОГРАМОВАНОЮ ВАРІАТИВНІСТЮ ГІГІЄНИЧНИХ НОРМАТИВІВ	105
7	<i>Дейнеко Ж.В., Літовченко О.Л., Стукалкина Д.С., Завгородня Н.І., Парамонов А.К., Бельмачов О.А.</i> ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МЕДИКО-ПСИХОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	122
8	<i>Бізюк А.В., Кулішова Н.Є., Сидоренко Г.Ю., Білець Д.Ю.</i> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ДИЗАЙНУ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ З УРАХУВАННЯМ ВПОДОБАНЬ КОРИСТУВАЧІВ	137
9	<i>Трунова Т.О., Хламов С.В.</i> УЗГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ ДЛЯ ОБРОБКИ РОЗМИТОГО ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ	171
10	<i>Хламов С.В., Трунова Т.О.</i> ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТИПОВОЇ ФОРМИ ОБ'ЄКТІВ	191
11	<i>Голубник Т.С.</i> РЕКЛАМА, ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМУНІКАЦІЇ В УМОВАХ КРИЗИ	214
12	<i>Дубневич М.М., Сельменська З.М.</i> РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	223
13	<i>Федина Б.І., Лисий Ю.М.</i> ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБРАЗІВ ХУДОЖНЬОГО ВИДАННЯ РІЗНИХ НАЦІЙ	239
	АНОТАЦІЇ	253
	АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	262

ВСТУП

Монографію підготовлено за матеріалами міжнародної науково-технічної конференції «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології», організатором проведення якої є кафедра «Медіасистем та технології» Харківського національного університету радіоелектроніки.

Основні наукові напрямки кафедри:

- технології розробки електронних та друкованих видань;
- системи автоматизації управління поліграфічним виробництвом;
- проблеми обробки цифрових зображень та відтворення кольору в поліграфії.

Мета конференції – розширення міжнародного співробітництва та поглиблення спільної діяльності у науковій, дослідницькій, викладацькій, та інших областях в галузі мультимедійних технологій, видавничої справи й поліграфії, економіки друкарських виробництв та підвищення ефективності навчального процесу підготовки професійних кадрів для поліграфічної галузі, впровадження в навчальний процес інноваційних форм і методів навчання.

Основні питання, що розглядаються в рамках конференції.

1. Технічні й технологічні інновації у виробництві друкованої продукції та пакувальному виробництві.
2. Інформаційні системи та технології в поліграфії. Інтелектуальні системи.
3. Мультимедійні та web-технології. Розробка додатків для мобільних пристроїв. UI/UX інтерфейси.
4. 2D та 3D-графіка, графічний дизайн, управління кольором.
5. Медіакомунікації, книжкова справа, маркетинг і реклама в поліграфії.
6. Використання нових методів навчання у видавничо-поліграфічній галузі, зв'язок навчального процесу з виробництвом.

Кафедра «Медіасистеми та технології» підтримує тісні зв'язки з підприємствами видавничо-поліграфічної галузі не тільки Харкова, а й всього Південно-Східного регіону України, спеціалістами-освітянами Києва, Львова, інших країн – Польщі, Німеччини, Великобританії, Мексики, Узбекистану. Головні напрямки співробітництва: спільна робота в галузі техніки засобів друкарства та економіки друкарських виробництв з метою подальшого поглиблення спільної діяльності у дослідницькій, викладацькій та інших наукових областях; підготовка магістрів; розвиток співробітництва в сфері науки та освіти; спільна участь у реалізації взаємовигідних програм в області освітньої та наукової діяльності; створення умов для підготовки, перепідготовки й підвищення кваліфікації кадрів в області видавничої справи в поліграфії.

APPROACH TO COMPREHENSIVE WEBSITE TESTING: COMBINING USABILITY AND FUNCTIONAL TEST METHODS

Vovk O.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Chebotarova I.B.

Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Mendielieva M.V.

Junior Researcher, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *Testing website interface is a rather complicated process due to the large variety of existing testing methods. The article discusses an approach for testing the interfaces of educational and e-commerce websites in working conditions, which includes a combination of usability and functional testing methods. Based on the analysis of test results, possible types of websites projects and their constraints, we propose a test approach that provides an effective usability evaluation and verification of interface interaction with the server-side component of educational or e-commerce website. We expect the proposed approach can be used to identify a larger number of errors on a website in use and to form recommendations for its improvement when testing resources are limited.*

Keywords: WEBSITE, USABILITY, FUNCTIONAL TESTING, HEURISTICS, EXPERT, SURVEY, QUALITY.

Introduction

It is important for the user to complete their task through the website (such as purchasing a product online, viewing electronic publications, etc.). The statistics show that in 2024, some of the most visited types of websites worldwide were e-commerce and educational websites [1].

Errors found on existing websites can create a negative impression on users, and a report by Microsoft shows that 56% of consumers stopped engaging with a brand due to a poor customer service, which includes digital interactions on the website too [2]. According to statistics, 67% of visitors report that unpleasant experiences are the reason for leaving a website. Furthermore, nearly 94% of users initial impressions of a website depend on the perception of its design [3]. In order to develop a high-quality website that meets the main user requirements, it is essential to conduct thorough testing to ensure user satisfaction and prevent errors in key interactions [4, 5].

Usability testing is the process of evaluating and ensuring the ease of use of a website for users of a digital interface. On the other hand, functional testing verifies that the product performs its main functions correctly. However, conducting only

usability testing on modern dynamic web pages does not guarantee the correct work of operations such as event handling, server requests, work of timers or complex animated components that display data based on user actions performed. Moreover, functional testing does not allow assessment of what users like or dislike about the product, nor does it offer a quantitative measure of such preferences [6]. Overall, this paper describes the proposed test approach for educational and e-commerce websites in use, which was designed to find more errors and, consequently, to ensure a positive user experience as well as to increase user loyalty and encourage long-term use of the website.

The purpose and objectives of the research

The purpose of this research is to improve the website interface testing process using the developed approach, which consists of combination of usability and functional testing methods.

To achieve this goal, the following tasks need to be solved:

- analysis of educational and e-commerce websites for testing;
- search for test participants;
- tests implementation and execution;
- analysis of errors found;
- developing options for using a test approach, depending on the possible type of the website's project.

Main part

Selection of websites for testing

The following websites were selected for testing:

- website #1 – *NURE*, <https://nure.ua/>;
- website #2 – *Dim Ria*, <https://dom.ria.com/>;
- website #3 – *Drink Arizona*, <https://drinkarizona.com/pages/coffee-quiz/>;
- website #4 – *MakeMyTrip*, <https://www.makemytrip.com/how2go/>.

The websites belong to the categories of the most visited websites in the world such as educational and e-commerce.

Before conducting testing it is essential to identify the most important user tasks because the goal of the testing is to effectively evaluate the website's interface. In accordance with the principle of priorities, the most typical user actions (tasks) related to the main functions of each website are analyzed.

Intuitive navigation on website is important for modern users [7-10], as well as ability to find and select quickly the necessary information [11, 12], for instance by using filters [13]. Also, statistical data show that today it is important for the active target audience of customers to use a discount in the form of a promo code on an e-commerce website [14]. An interactive quiz is capturing the audience's interest as it provides users with product purchase recommendations [16].

The key features and target audience of the selected websites were examined.

1. *NURE* website is an educational website of the Kharkiv National University of Radio Electronics. The main functions of this website are informational and navigational as users search for the necessary information. The main audience of this website includes students (18-24 years old) and faculty members of the institution, as well as applicants (under 18 years old) and their parents (35-54 years old).

2. *Dim Ria* website is an e-commerce website for real estate rental and sales. Some of the key functions of the Dim Ria website are search and the use of filters. User enters search parameters such as city and property type, and can also apply filters to refine the results (e.g., by neighborhoods or amenities). The main audience of this website includes families looking for apartments or houses for long-term rent (35-54 years old) and students (18-24 years old) or professionals seeking temporary housing for personal needs (20-34 years old).

3. *Drink Arizona* website with a *coffee quiz page* is a website for beverage sales with an interactive quiz that recommends a drink for a user. The target audience for this website includes young people (18-30 years old) interested in new beverages and cocktails, as well as adult beverage enthusiasts (35-54 years old). Some of the main functions of the quiz are navigational and informational. In most cases, the quiz is taken to receive beverage recommendations.

4. *MakeMyTrip* website with a *How2Go page* is an e-commerce website for searching and booking travel tickets for various types of transportation and routes within India. The target audience for this website includes travelers, families (35-54 years old) and students (18-24 years old) planning a vacation. Some of the main functions of *MakeMyTrip* website are searching for tickets, as well as using discount promo codes. Users can filter results by price, transportation type and other options. Most often, users enter the departure point, destination, and travel dates. The website displays available options with prices, travel times, and other parameters.

Analysis of usability testing methods

Usability testing is the process of evaluating and ensuring the ease of use, accessibility and overall user experience of a digital interface. It is important to identify and address issues that may affect user's satisfaction and engagement [17, 18]. The most common methods for evaluating the quality of a user interface, which are suitable for applying to a website in use, were examined [6, 19-21].

Heuristic evaluation.

The goal of heuristic evaluation is to identify potential design problems in a user interface. Its main feature is the quick analysis of the interface in order to detect problems with its ease of use.

Using the results of analysis of website's key functions, we create a set of heuristics based on Nielsen's 10 heuristics [22]. The obtained set of heuristics will be common for testing various website's functions from a usability perspective.

The selection of common heuristics for websites is performed using the method of expert evaluation and assessment of consistency of expert opinions. The most important criterias with a high degree of importance will be chosen as heuristics for testing.

The number of experts for heuristic evaluation can be limited to 5-7 people, who will be able to identify about 80% of the issues [23]. Experts should have basic knowledge of usability, design of interfaces and user experience.

After selecting the heuristics, a set of test questions (survey) is created. The test questions should cover the heuristics and take into account key functions of the websites. In order to facilitate the work of the experts, a description of the task is provided before the test questions. The description of a task is in the form of a sequence of steps required to verify the heuristic. The development of test questions can be based on the experts' experience with the given website and similar ones. The resulting set of questions is then minimized and the most important ones are selected.

Additionally, the following quantitative usability metrics are considered:

- task completion time (on average);
- number of errors found while using a function;
- number of successfully completed tasks during testing.

Test questions and descriptions of key tasks for each selected heuristic are combined into a group of test scenarios. These questions are then added to the survey using the Google Forms service for collection and analysis of experts' responses. When the survey is created, the heuristic evaluation is conducted by all experts. Experts should not see each other's evaluations until their own evaluation is complete.

When creating questions for heuristic evaluation, closed-type questions were used with the following features:

- rating scale for evaluation, such as the Likert scale, which indicates the degree of agreement of the respondent with the statement on a scale from 1 to 5 (where 1 - is the lowest score and 5 - is the highest score). Additionally, highest and lowest scores were matched with a linguistic rating (e.g., from 'Difficult' to 'Easy' and others);
- multiple choice questions («What would you like to improve on the website?»);
- single choice questions («Have you encountered any errors while using the website?»).

Open-ended questions were related to the experts' opinions on what specifically could be improved on the website.

Before starting the usability testing participants provide information on which device they will perform testing (smartphone, laptop, computer, tablet).

After completing the test tasks and providing answers to the questions, the results of the survey are analyzed and a report is created with the identified issues. As a result of this stage, conclusions will be drawn about the level of potential usability problems on the websites. These will take into account factors such as number of identified errors, average task completion time and user satisfaction with the website design.

All identified issues are documented and assigned a severity level. The following severity level scale can be used to assess severity of usability issue:

- 5 points – very critical issue that completely blocks the use of the website;
- 4 points – high severity, issue significantly interferes with task completion, should be fixed as soon as possible;
- 3 points – medium severity, issue negatively impacts user experience, but does not affect task completion;
- 2 points – low severity, issue negatively affects the perception of interface, but does not require immediate fixing;
- 1 point – very low severity, issue related to very minor discomfort (e.g., a text error).

Experts in heuristic evaluation may also provide recommendations for improving the usability of the websites.

Usability task based testing.

The aim of usability task based testing is evaluating the ease of use of a product or system in the context of performing specific tasks by respondents. The main objectives of usability task testing include:

- assessing product's ease of use, determining how easily users can perform tasks;
- identifying issues that prevent users from completing actions;
- optimizing the interface, specifically gathering data that will allow to improve design and functionality of the interface.

In order to perform usability task based testing, it is important to involve real users and then a survey or questionnaire should be conducted among them. To determine the minimum number of respondents, the representativeness of the sample needs to be calculated. To assess the required scope of the representative sample n , the formula is applied:

$$n = \frac{s^2 Z_{\infty}^2 N}{\Delta^2 N + s^2 Z_{\infty}^2} = \frac{pq Z_{\infty}^2 N}{\Delta^2 N + pq Z_{\infty}^2},$$

where N – size of general population;

Δ – sampling error or the discrepancy between the characteristics of the sample and the population. The sampling error is set by the researcher and it is generally not recommended to accept a sampling error greater than 0.05 or 5%;

Z – coefficient that depends on the confidence level chosen by the researcher. For usability testing, a 95% confidence level is used in most cases, as the main goal of the testing is to identify key issues and hypotheses for improving the interface. For a 95% confidence level, the corresponding Z coefficient value is 1.96;

p – proportion of respondents with the studied characteristic. If the percentage of respondents with the selected characteristic is unknown in advance, the most likely proportion $p = 0.5$ or 50% is usually assumed, as it gives the maximum possible error and, accordingly, the largest required sample size for a given confidence level;

$q = (1 - p)$ – represents the proportion of respondents who do not have the studied characteristic.

In order to obtain more objective survey results, it is recommended to follow certain requirements for testing participants. These should be representatives of typical age groups for popular websites. It is recommended that half of the respondents have experience using similar websites, and ideally, there should be a number of respondents without such experience. Three-quarters of the respondents should be within the target audience age range, and approximately one-quarter should be outside of this range. Respondents should conduct testing on various types of devices (smartphone, laptop, etc.) to cover the scenario of using the website on screens of different sizes.

In usability task based testing the main user tasks (functions) of the websites are defined. When the tasks are defined, a set of questions is created for these tasks. The main goal of the question is to find out if a specific function on the website is easy to use. The resulting set of questions is then minimized, and the most important ones are selected. Additionally, evaluation scales for answering the questions are chosen, similar to the scales mentioned above for heuristic evaluation. Quantitative metrics are also taken into account and they are similar to those used in heuristic evaluation. Created questions are added to the survey and sent to the respondents.

Next, usability task testing is carried out with required number of participants. Finally, obtained results are collected and analyzed, and then a report is prepared with the identified issues. The issues are assigned a severity level (see severity level scale for heuristic evaluation mentioned above).

The main challenges in performing usability task based testing are finding participants for the test and conducting the test, which can take a lot of time. Usability task based testing is limited to certain scenarios and does not cover all possible paths of interface usage. Therefore, priorities in testing need to be determined from the very beginning. If a large number of responses are received, time must be spent for analyzing the respondents' answers and properly interpreting the context of the identified issues.

Analysis of AI heatmaps.

Heat map is a visual tool that uses a color palette to show which areas of a website receive the most attention from visitors and where their main activity is concentrated [24].

Heat maps use the following scale: warm tones indicate areas that users show the most interest in, while cool colors represent areas with the least attention. By analyzing the highlighted colored areas of heat maps, assumptions can be made on how to improve navigation and element placement to make them more user-friendly. The data from heat maps can be used to justify changes in design to the project management team. When analyzing heat maps for each website, screenshots of web pages that contain key website functions are prepared. These screenshots are then sent for processing to AI heat map generation service. Obtained heat map is analyzed and then conclusions are drawn about predicted user engagement for the elements of key website

functions. Lastly, recommendations for improving website elements from a usability perspective can be developed.

It is important to note that real IT projects may have specific internal rules regarding the use of third-party services and tools. Before using heat map AI generation services, it is essential to check the service's privacy policy regarding image processing and, if possible, obtain confirmation from the project manager to use such service.

Analysis of functional testing methods

Functional testing is aimed to verify that website or web application works according to the specified requirements [4]. It's important to pay attention to correct response of the interface to user actions, proper displaying of interface elements and interaction of interface with the server side. Functional testing includes black-box testing, which is done without reference to an application internal structure.

In order to identify critical errors in the web application as early as possible, risk analysis of the product is used [4, 25] and necessary test techniques are chosen to focus test efforts on most critical product areas. Test scenarios are prioritized by importance of execution, which can ensure quality within a limited time frame.

State transition testing.

In order to perform state transition testing, key states of a website are identified. They should represent critical stages of product usage. In context of websites, main pages or elements, which are important for user, can be selected as states. It is impossible to test all pages, so the testing priority principle must be applied to select the most important ones.

From this point, the main and most important transitions between states or actions that cause changes in states need to be determined. For instance, click on a link can cause transition to another web page. Then a transition matrix is created, showing the transitions between states. This will help visualize possible navigation paths on the site.

Based on the obtained state transition matrix, test scenarios are created in tabular form or as statements, and testing is conducted. It's important to verify that the transition between states occurs without errors, the necessary information is displayed on the target page, and key elements work correctly. If the actual test behavior matches the expected one, the test case status is marked as 'PASS', otherwise, it is marked as 'FAIL'. When test results are obtained, they are analyzed and errors found are documented and reported. The errors are assigned a severity level.

Positive and negative testing.

Positive and negative testing of a website starts with analysis of the most typical user actions and key functions that matches them on websites. Test scenarios are created, which include both positive and negative scenarios of website's functions usage. It is recommended to test cases where errors may occur during the use of website's functions. Based on the test results, a report is prepared with the errors found. Each error is assigned a severity level.

Scenario testing.

Before conducting scenario testing, test scenarios are created that cover real user tasks. It is better to choose the most commonly used scenarios for the key functions on the target websites or similar ones. After selecting the scenarios, the tester (QA) begins executing them. Finally, retrieved test results are analyzed and errors found are assigned a severity level.

Test closure activities

After completing the testing, it is necessary to analyze the obtained results [26]. It is important to consider that the same issue on a website may be found by several test methods at the same time.

This may show a correlation between errors in correct work of website functions and their usability. Therefore, if an issue is repeated across different types of test methods, it clearly points to a defect that requires an attention of the entire project development team and which has a high likelihood to have a negative effect on product quality, making it important for fixing.

Obtained analysis results are handed over to the website development team and the project manager.

Research results

Application of the developed approach to testing

All selected tested websites belong to the categories of the most visited websites in the world, such as education and e-commerce. It is assumed that the primary users of all the websites have above-average experience in using computers or smartphones and use the internet quite often.

1. Implementation of heuristic evaluation.

In order to identify potential usability issues in design of website interface through heuristic evaluation, a set of heuristics was composed. Selected heuristics were common for evaluating functions, such as navigation, applying filters and promo codes across different websites. The expert evaluation method was used to develop this set of heuristics. Based on the key functions and complexity level of websites, six experts were involved in the testing, including fourth and sixth year students of specialty G20 Publishing and Printing.

Assessment of the importance of Nielsen's 10 heuristics was conducted using a scale from 1 to 10 (where 10 means the property is fully present, and 1 means the property is absent).

The relative weight (w) was calculated for each heuristic in order to assess its importance. The weight of a heuristic w was calculated as the ratio of the total sum of ratings for each heuristic to the sum of all total ratings using the following formula:

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}},$$

where x_{ij} – represents total sum of ratings for each heuristic.

The ratings provided by the experts were checked for consistency using the calculated value of the coefficient of variation for each heuristic, according to the following formula:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}_e} \cdot 100\%,$$

where σ – represents a standard deviation;

$\bar{X}_e$ – represents a mean value according to all the experts.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_e)^2}{n}},$$

where X_j – represents the rating given by the j -th expert;

$\bar{X}_e$ – represents a mean value of the rating according to all the experts;

n – represents a number of all experts.

The obtained values of the coefficient of variation for each heuristic are $V \leq 0.2$, which shows consistency in the experts' opinions.

Based on the results of the expert method, 6 heuristics were selected for usability testing, which are common for evaluating key functions on 4 websites:

- visibility of system status ($w = 0.11$);
- user control and freedom ($w = 0.12$);
- recognition rather than recall ($w = 0.10$);
- flexibility and efficiency of use ($w = 0.10$);
- error handling and recovery ($w = 0.11$);
- aesthetic and minimalist design ($w = 0.09$), this heuristic will be used to

evaluate the overall design of the website [27, 28].

The defined key functions of the websites were used in order to formulate questions for heuristic evaluation. Key functions were covered with at least one of selected heuristics.

Questions were using a scale from 1 to 5 and there were such types of questions in survey as multiple-choice, open-ended and close-ended questions.

A Google Form was created for participants to provide their responses during heuristic evaluation. The form contains components such as a description of the main tasks and questions for each of selected heuristics.

Example of form's section with some questions for Dim Ria website is shown in Figure 1.

1) Property rental search

1. Open the website's homepage in a new tab/window
<https://dom.ria.com/>
2. Find and use the functionality to search for rental property (e.g. search by apartment).
3. Enter the necessary information for the search (type of property, city).
4. Run search
5. Try to use the search field on the map (street name, city, etc.)

Visibility of System Status

Did you experience any difficulties in understanding how to use the property rental search?

	1	2	3	4	5	
It was difficult	☐	☐	☐	☐	☐	Easy, everything is clear

How much time did you spend on this task (on average)?

☐ less than 1 minute
☐ 1 minute
☐ 1 - 5 minutes
☐ 5 - 10 minutes
☐ more than 10 minutes

Figure 1 – Example of form's section with some questions for Dim Ria website

Since the group of questions includes optional and open-ended questions, in order to ensure the correct calculation of experts' opinion consistency, it was appropriate not to consider such responses due to the difficulty of converting them into numerical form. Responses such as 'Yes' or 'No' were converted into numerical values, where 'Yes' option was assigned the highest rank (score 5) and 'No' option was assigned a slightly lower rank (score 3).

If the website contained several key functions, the overall group of questions was divided into several separate groups to calculate the consistency of experts' opinions for each function.

When usability of the website functions was evaluated by experts, the quantitative survey results were obtained. In a similar manner, usability was evaluated for the other websites functions using heuristics.

The obtained experts' ratings were normalized for more accurate data usage, ensuring that the sum of ratings in each column equals one, with each rating in the column being divided by its sum. The results with the normalized data for the heuristic evaluation of the website's navigation function on Dim Ria website are shown in Table 1.

Table 1 – Normalized experts' ratings for the heuristic evaluation of the navigation function on Dim Ria website

Function	Heuristic	Question	Experts					
			1	2	3	4	5	6
Navigation	Visibility of system status	Did you experience any difficulties in understanding how to use the property rental search?	0.12	0.11	0.09	0.11	0.09	0.14
	User control and freedom	How easy was it for you to clear the data from the search bar?	0.08	0.11	0.11	0.11	0.11	0.14
	Recognition rather than recall	How would you rate the amount of information on the map? Is there anything excessive or unnecessary?	0.12	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11
		How would you rate the emphasis on important search elements (input fields, buttons) on the page?	0.08	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11
	Flexibility and efficiency of use	How would you rate the ease of changing search data? (e.g., street, city, subway)	0.08	0.11	0.11	0.05	0.11	0.08
	Error handling and recovery	Have you encountered any errors while navigating and searching the website?	0.12	0.07	0.07	0.14	0.07	0.08
	Aesthetic and minimalist design	Do you think the website was overloaded with visual elements?	0.08	0.11	0.11	0.08	0.09	0.08
		How would you rate the color palette of the website?	0.08	0.11	0.11	0.08	0.11	0.08
		How would you rate the overall design of the website?	0.08	0.11	0.11	0.08	0.09	0.11
		Is there anything in the design or information that you think could be made simpler and more user-friendly?	0.19	0.07	0.07	0.14	0.11	0.08
	Sum		1	1	1	1	1	1

The next step in assessing the consistency of experts' evaluations of the navigation function usability on Dim Ria website was to calculate the coefficient of variation, which is determined by the following formula:

$$V = \frac{\sum \sigma}{\sum \bar{x}},$$

$$V = \frac{0.193}{1} = 0.193.$$

If the coefficient of variation is $V \leq 0.2$, the experts' opinions are considered consistent. The calculated value of the coefficient of variation indicates that the experts' opinions are consistent.

The Kendall's coefficient of concordance was calculated for navigation function of Dim Ria website:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)},$$

where m – number of experts;

n – number of criteria;

S – standard deviation of all rating scores:

$$S = (d_i - \bar{d})^2,$$

where d_i – the sum of the ranks of the i -th indicator across all experts:

$$d_i = \sum r_{ij},$$

where r_{ij} – the sum of the ranks of the i -th indicator, determined by the j -th expert;

$\bar{d}$ – the average value of the criteria, which is determined by the formula:

$$\bar{d} = \frac{n(n+1)}{2},$$

$$m = 6, n = 10,$$

$$d_i = 6, \bar{d} = \frac{10 \cdot (10+1)}{2} = 55,$$

$$S = (6 - 55)^2 = 2401,$$

$$W = \frac{12 \cdot 2401}{6^2 \cdot (10^3 - 10)} = 0.808.$$

Obtained concordance coefficient value of 0.808 for the navigation function on Dim Ria website shows that the experts' opinions are consistent.

In the same way, the coefficients of variation and concordance were calculated for the key functions of all websites. The obtained results are consistent, showing that the experts' opinions align in terms of evaluating the usability of the main functions of the websites based on the heuristics.

The data obtained from the heuristic evaluation of all 4 websites show that 50% of experts conducted the testing on laptops, about 33% on smartphones, and nearly 17% on desktop computers.

1. Overall, for *NURE* website the survey results show that the interface and navigation on it were well rated by the experts, while critical issues were related to search bar element and presence of broken links for some courses and other pages. Testing results for *NURE* website show that 66.7% of experts did not encounter any errors when navigating and searching on the website, while only 33.3% experts noticed errors with these functions. The errors found form a group related to the website's navigation.

The average satisfaction level of the website's design was 3.7 out of 5 possible points. Half of the experts also felt that the website was overloaded with visual elements and the design could be improved. The experts were satisfied with a way how easily users could navigate between sections, as well as with the focused emphasis on important webpage elements.

2. Survey results for *Dim Ria* website show that the experts were satisfied with the navigation on the website and the ease of changing filters. 1 major defect and several minor issues were found during testing. Issues found were related to search by street address on the map and the presence of very large number of filters.

It is worth noting only 16.7% of experts encountered issues on the site. According to the experts, in general, the design of *Dim Ria* website is good, with an average satisfaction score of 3.8 out of 5 possible points.

3. Survey results for *Drink Arizona* website show that respondents were satisfied with the navigation in the quiz. 1 major defect and 1 minor defect were found during testing, both related to the navigation within the quiz.

It is worth noting only 16.7% of experts encountered issues while using the quiz. Almost all experts rated the quiz design as good, with an average satisfaction score of 4.8 out of 5 possible points.

4. Survey results for *MakeMyTrip* website show that respondents were satisfied with functions such as search by route, filters usage, and applying promo codes. 1 major defect and 1 minor defect were found during testing. Issues found were related to the website's design, specifically with the overloaded advertising banners and unclear margins in the search results.

The average satisfaction score for the website's design was 4 out of 5 possible points. Half of the experts rated the design as good, while the other half found it not very user-friendly, which may indicate the need to review the way how information is presented to user and its ease of perception.

2. Implementation of usability task based testing.

Usability task based testing was conducted to evaluate the ease of use of the websites by users. In order to obtain a representative sample, the minimum number of testing participants was calculated:

$$n = \frac{pqZ_{\infty}^2 N}{\Delta^2 N + pqZ_{\infty}^2},$$

$$n = \frac{0.5 \cdot 0.5 \cdot 1.96^2 \cdot 20000}{0.05^2 \cdot 20000 + 0.5 \cdot 0.5 \cdot 1.96^2} = 284.03,$$

where N – size of general population. Considering the average visitors' statistics for the websites, $N = 20\,000$;

Z – coefficient, which value is 1.96 for a 95% confidence level;

Δ – sampling error, which value is 0.05;

p – proportion of respondents with the studied characteristic, $p = 0.5$;

q – proportion of respondents who do not have the studied characteristic, $q = 0.5$.

Based on the calculation, the minimum number of survey participants should be 284 people. There were 312 respondents involved in the testing.

Three main respondent groups were involved in the usability testing of the websites. The first group consisted of students aged 18-19, the second group included users aged 20-34, and the third group included users aged 35-54. The distribution of respondents by group in percentages was 44.2% for first group, 42.3% for second group and 13.5% for third group.

Level of computer, smartphone and internet skills was generally above average in all groups. The third test group included a number of people who rarely use the internet but have experience using computers or smartphones. The first group and part of the second group consisted of third to sixth year students of specialty G20 Publishing and Printing, who have knowledge and experience in design and usability of digital interfaces, as well as online marketing. Additionally, almost all participants in the third group and part of the second group of respondents were IT professionals with more than 5 years of experience, such as software developers (backend, mobile) and QA engineers.

Usability testing was performed on the most popular types of screens, where 44.2% of respondents used smartphones during the testing, 38.5% used laptops, 15.4% used desktop computers and 1.9% used tablets.

Test scenario designer's experience in field of web applications testing, along with feedback from users working with similar websites, were used in order to select most important functions for users on the websites.

Using received data, usability tasks for survey were formed. An example of usability tasks for Dim Ria website is shown in Table 2.

Table 2 – Example of usability tasks for navigation and applying filters functions on Dim Ria website

Function	Question	Answer option
Navigation and search for information on a site	How easy was it for you to search for property rentals?	From 1 to 5, where 1 - is Difficult and 5 - is Easy
	Was it easy for you to use the search by name of street or city?	From 1 to 5, where 1 - is Not Easy and 5 - is Easy
	Was it clear to you how to use the property search on the map?	From 1 to 5, where 1 - is Very Hard and 5 - is Easy
	How much time did you spend on this task (on average)?	<1minute, 1 minutes, 1-5 minutes, 5-10 minutes, >10 minutes
Applying filters	How easy was it for you to find and use the filters to select the desired property?	From 1 to 5, where 1 - is Difficult and 5 - is Easy
	How much time did you spend on this task (on average)?	<1minute, 1 minutes, 1-5 minutes, 5-10 minutes, >10 minutes
	How easy was it for you to cancel the selected filters?	From 1 to 5, where 1 - is Difficult and 5 - is Easy

Table 2 Continued

Function	Question	Answer option
Applying filters	Was it easy for you to understand how to return from the property details view to the map (and vice versa)?	From 1 to 5, where 1 – is Not Clear and 5 - is Clear
	How much time did you spend on this task (on average)?	<1minute, 1 minutes, 1-5 minutes, 5-10 minutes, >10 minutes
	Were all the filters easy to understand and did they provide clear information?	From 1 to 5, where 1 – is Not Clear and 5 - is Clear
	How sufficient was the information about the property on the website for you?	From 1 to 5, where 1 – is Not Enough and 5 - is Clear
	How easy was it for you to change the selected filters?	From 1 to 5, where 1 - is Very Difficult and 5 - is Easy
	Did you encounter any errors while using the filters?	Yes or No
	The number of errors or issues found (if none, please enter '0')	Field to fill, your answer
	Brief description of the error/issue found in a few words (if any)	Field to fill, your answer
	Were there any interface elements that you didn't like or found unclear?	Yes or No
	Please specify what exactly you didn't like or found unclear (if any)	Open-ended question
Overall user experience on a website	How much do you like using the navigation on the website?	From 1 to 5, where 1 - is Don't like it and 5 - is Really like it
	How much do you like using the filters on the website?	From 1 to 5, where 1 - is Don't like it and 5 - is Really like it
	How much do you like design of the website?	From 1 to 5, where 1 - is Don't like it and 5 - is Really like it
	How satisfied are you with using this website?	Poor (the interface prevents me from completing tasks); Fair (there are serious issues that prevent the use of website); Good (there are minor issues, but overall the interface is acceptable); Excellent (the interface is intuitive and easy to use)
	What would you like to improve on the website?	Multiple Choice: Navigation; Intuitiveness and ease of use of the filters; Too much animation; Design (overall or of certain elements); Some website's functions are overloaded with visual details; Website is displaying results slowly; The presented way of solving tasks is not interesting for the user.
	Please specify what exactly could be improved in your opinion?	Open-ended question

Usability tasks and questions for the rest of the tested websites were formed in a similar way.

A Google Form was created for participants to provide their responses during testing. The form contained a description of key tasks and questions with answer options for each website. When all the respondents completed the testing, the following results were obtained.

1. Survey results for *NURE* website show that average satisfaction level of using the website interface is good, with some minor issues. Specifically, the navigation function had a positive perception from users, averaging 3.8 out of 5 points. The average satisfaction level of using the search bar was 3.75 points, which shows some problems with usability.

4 major defects and several minor ones were found during testing. Issues found were related to the search bar errors, errors in navigation and inconvenient design of elements. It is worth noting only 15.4% of experts encountered issues on the site.

According to the answers, in general, the design of *NURE* website is good, with an average satisfaction level of 3.4 out of 5 points. Respondents noted that they would like to improve the website's design, make some functions less overloaded with details, and also work on the navigation.

2. Survey results for *Dim Ria* website show that satisfaction level of using the key functions of the website is good and the website's interface is user-friendly. The average satisfaction level of using the navigation and filter functions was 4.4 and 4.3 out of 5 points, accordingly.

4 minor defects were found during testing. Issues found were related to inconvenient search by street name, also some users noted that the touchpad gestures didn't work well on a map, and the website froze on some smartphones when closing the cookie banner. Only 7.7% of respondents encountered errors on the website.

The average satisfaction level of the design of *Dim Ria* website was 4.25 out of 5 points. Respondents mentioned that they would like to reduce the user's memory load when using filters, work on the filters' design and ability to make them more intuitive.

3. Results of survey in general show good level of satisfaction with a quiz on *Drink Arizona* website, specifically the satisfaction level of the navigation function was 4.5 out of 5 points.

2 major defects and 5 minor ones were found during testing. Issues found were related to the error when users were adding products to the cart after quiz completion, error with not opening page for popular drinks, unclear way of returning to previous steps in the quiz and canceling the selected answer.

The average satisfaction level of the design of *Drink Arizona* website was 3.94 out of 5 points. Respondents noted that they would like to improve the design of elements related to the quiz (progress bar, Back button, answer selection) and the navigation.

4. Survey results for *MakeMyTrip* website show an overall good level of satisfaction with the website. Specifically, the satisfaction level of the navigation features was 3.63 out of 5 points, the satisfaction with the filter function was 3.88 points, and the satisfaction with the promo code function was 3.94 points.

2 major defects and several minor ones were found during testing. Issues found were related to the inconvenient way of changing route destinations, issue with tickets page loading for certain types of transportation (flight, train), as well as the overall website design overloaded with details and animations. A small number of test participants encountered an error showing that the website was not available in their region.

The average level satisfaction with the design of *MakeMyTrip* website was 3.7 out of 5 points. Respondents mentioned that they would like to reduce the number of details on the page and focus attention on the main tasks, improve navigation and usability of the filters.

3. Implementation of testing with AI heatmaps.

In order to generate heatmaps, the online service MediaModifier Heat Map, which uses artificial intelligence, was used. This service creates a predictive heatmap, providing a quick overview of potential user engagement level for any image, photo, or design. Heatmaps were generated for all 4 websites. During the analysis of the websites' heatmaps, 2 defects with moderate severity (3 and 2 points) were found on websites Dim Ria and Drink Arizona, accordingly. No issues with incorrect user attention engagement were found on NURE and MakeMyTrip websites.

4. Implementation of functional testing.

Before start of functional testing, the key functions of the websites tested were reviewed and then verified using black-box test techniques.

1. Navigation is a key function on *NURE* website. Therefore, navigation testing can be performed across website's sections and pages using a state transition test technique. Firstly, the key states of the website or target pages were identified, such as: Home page, University section, Applicants section, Students section and other main pages. Secondly, the main transitions between pages (states) were defined, and a state transition matrix was created with a description of the expected behavior after website moved to the next state. Additionally, main use cases were tested for search bar element near Contacts section, including positive and negative testing.

2. Navigation and the applying filters are one of the key functions on *Dim Ria* website. State transition testing was performed for these functions. Functional testing of the search bar element on *Dim Ria* website was performed by checking the main use cases and performing both positive and negative testing for it. Scenario testing technique was applied for filters on *Dim Ria* because of the presence large filters' number for selecting a property type.

3. Navigation is one of the key functions on Drink Arizona website. As quiz process relates to changing the states of web pages, state transition technique was applied during testing. Based on the use of state transition testing techniques, test scenarios were created and testing was performed.

4. Navigation, applying filters and promo codes are examples of key functions on *MakeMyTrip* website. Based on the use of state transition testing techniques, test scenarios were created and testing was conducted. Functional testing of the search bar

element on *How2Go* page of *MakeMyTrip* website was performed by checking main use cases and performing positive and negative testing. Results filtering by route type (e.g., fastest, cheapest) and sorting by mode of transport was verified. Testing of promo codes was conducted by creating positive and negative scenarios of their use.

An example of designed test cases and received test results for functional testing of NURE website are shown in Tables 3, 4.

Table 3 – Tests results for applying state transition technique on NURE website

#	Current State	Action	Next State	Expected result	Actual result	Status
1	Home page	Click on 'University' section	University page	List of available information about the university is displayed	List of available information about the university is displayed	PASS
2	Home page	Click on 'Applicants' section	Applicants page	List of links for applicants is displayed	List of links for applicants is displayed	PASS
3	Home page	Click on 'Students' section	Students page	List of links for students is displayed	List of links for students is displayed	PASS
4	Home page	Click on 'Science' section	Science page	List of links about science at the university is displayed	List of links about science at the university is displayed	PASS
5	Home page	Click on 'Education' section	Education page	List of links about education is displayed	List of links about education is displayed	PASS
6	Home page	Click on 'Press-Center' section	Press-Center page	List of links related to Press-Center is shown	List of links related to Press-Center is shown	PASS
7	Home page	Click on 'Contacts' section	Contacts page	University Contact information is displayed	University Contact information is displayed	PASS
8	Students page	Go to 'Timetable of Classes' page	Timetable of Classes page	Timetable of Classes page is displayed	Timetable of Classes page is displayed	PASS
9	Applicants page	Go to Specialties -> F3 Computer Science	F3 Computer Science page	Page with the info about Computer Science specialties is displayed	Page with the info about Computer Science specialties is displayed	PASS
10	Applicants page	Go to Home page	Home page	Home page is displayed	Home page is displayed	PASS
11	Home page	Go to 'Distance Learning' in the menu on the right	DL NURE service page	DL NURE service page is displayed	DL NURE service page is not opening	FAIL
12	Home page	Go to Education – Faculties at the bottom of the site	Faculties page	Faculties page is displayed	Faculties page is displayed	PASS
13	Applicants page	Go to Admission Rules 2025. Click on 'NURE Admission Rules in 2025'	Admission Rules page	PDF file with admission rules is being loaded	PDF file with admission rules is being loaded	PASS

Table 4 – Test results for search bar element on NURE website

#	Scenario description	Expected result	Actual result	Status
1	Search that gives results	Search results match the query	Search results match the query	PASS
2	Search that does not give results	Empty search result	Results are returned for English	FAIL
3	Search by part of a word or phrase	Search results contain part of a word or phrase from the query	Search results contain part of a word or phrase from the query	PASS
4	Search using different case (uppercase/lowercase)	Search is not case-sensitive	Search is not case-sensitive	PASS
5	Search using special characters	Special characters are ignored, search results are returned for the query	Special characters are ignored, search results are returned for the query	PASS
6	Search without hovering over the search bar	Search results match the entered query	Search does not start	FAIL
7	Search without parameters (empty search string)	An empty result is returned	Some results are returned	FAIL

After executing all the test cases, an overall test report was created that included errors found, as shown in Table 5. Results that were found by multiple testing methods are in italics.

Table 5 – Overall test report

Website	Heuristic/Function	Error found	Error's Severity
Heuristic evaluation			
NURE	Flexibility and efficiency of use	<i>Opening the wrong courses pages, displaying a white page</i>	4
	Visibility of system status	Search is inconvenient (through the search bar)	4
	Aesthetic and minimalist design	Design issues; Improve the design and add a dark theme; Make the 'News' columns the same length (based on the longest item), work on the website's navigation	3
Dim Ria	Flexibility and efficiency of use	Search by street name is not convenient	3
	Flexibility and efficiency of use	<i>There are too many filters, try to group them into logical categories for easier understanding</i>	2
	Aesthetic and minimalist design	Design issues; Font size of the headings on the homepage is a bit large	2
Drink Arizona	Flexibility and efficiency of use	Inconvenient to change selected option	3
	Flexibility and efficiency of use	Not clear what is the progress of the quiz	2
MakeMyTrip	Visibility of system status	Big padding in the route search results gives the impression that not everything has been loaded	3
	Recognition rather than recall	Reduce the number of advertising banners to simplify and minimize the information for user	2

Table 5 Continued

Website	Heuristic/Function	Error found	Error's Severity
Usability task based testing			
NURE	Navigation	Not all submenu items are visible on small screens	4
	Search	The search button was hard to find	3
		The search returns irrelevant results, for example, it's difficult to find anything about the scholarship ranking using the keyword 'scholarship'	4
		<i>The search does not start if the cursor is not placed on the search bar</i>	4
	Design	There is no support for standard accessibility features (keyboard navigation, partial hover support, all focus states)	3
		Carousel on the homepage looks doubtful	2
		Not a very user-friendly design; Improve the information structure; Use a minimalist design	3
Dim Ria	Navigation	Search by street name returns irrelevant results when the name is typed manually	3
		Touchpad gestures work poorly on the map	3
		The website froze on the smartphone when closing the cookies banner	2
	Filters	<i>Inconvenient to cancel the filters due to their large number</i>	3
Drink Arizona	Navigation	Unclear how many questions are in the quiz	2
		<i>Inconvenient to cancel selected option</i>	3
		The Back button is very small in comparison with other elements in quiz	3
		<i>Product has not been added to the cart</i>	4
		<i>The page with popular drinks is not opening</i>	4
	Design	Too bright colors	2
		<i>Results are overlapped by the Accessibility icon when trying to view popular products</i>	2
MakeMyTrip	Navigation	The page with tickets for certain types of transportation (book flight, book train) does not load	4
		Inconvenient to change the route destination points	3
		Website is unavailable in some regions	2
		The route search freezes on the smartphone	3
	Filters	<i>Unclear error appears when applying a filter that returns no results</i>	3
	Design	The interface is overloaded with visual details	4

Table 5 Continued

Website	Heuristic/Function	Error found	Error's Severity
Analysis of AI heatmaps			
NURE	Navigation	-	-
Dim Ria	Navigation	The menu with markers on the right side of the map is not critical, but it draws a lot of user attention	3
Drink Arizona	Navigation	Quiz answer options in the form of a list of rectangles with text distract the user's attention from the main question	2
MakeMyTrip	Navigation, applying filters and promo codes	-	-
Functional testing			
NURE	Navigation	DL NURE page is not opening from Home page	4
		Searching for a non-existent key returns result for English	2
		<i>Search does not start if the cursor is not hovered over the search bar</i>	4
		Searching with an empty field returns some results	3
Dim Ria	Navigation	Searching for a non-existent key returns results for English	3
	Filters	Results are returned when applying the «Search by ID» filter and future dates in the «Submission Period» filter	2
Drink Arizona	Navigation	<i>The selected answer option is not visible when returning to the previous quiz step</i>	3
		<i>The cart is empty when adding items via «Add to Cart»</i>	4
		<i>404 error when navigating to the page with popular drinks</i>	4
		<i>Discounted item is overlapped by the Accessibility icon when trying to view popular products</i>	2
MakeMyTrip	Navigation	'Oops, something went wrong' error occurs transitioning from the train route to the train selection page	4
		Search for a non-existent route does not start, and there is no hint why	3
		'No Locations Found' error is displayed when clicking on the search field after receiving results	2
		When navigating to the ticket selection page, an additional page for ordering tickets opens, and it is impossible to return to How2Go page	4
	Filters	'Oops, something went wrong' error appears when applying a filter that returns no results	4
	Promo Codes	Promo code is automatically canceled when using an already applied promo code again through the coupon input field	3

16 critical and 36 minor issues were found during testing. The results showed that issues, such as errors with the search bar element on *NURE* website, inconvenient way of changing the selected answer in the quiz, the inability to add the selected product to the cart, and problems with the Accessibility banner when viewing quiz results on *Drink Arizona* website, as well as an unclear error when nothing is found during results filtering on *MakeMyTrip* website, indicate a correlation between issues in usability and functionality of the website. These errors also have a negative impact on the product quality and are recommended to be fixed as important.

In order to develop the test approach for websites interfaces, a comparative analysis of the results obtained for each test method was performed, as shown in Table 6.

Table 6 – Results of applying testing methods for 4 websites

Test method	Average number of issues found	Average duration of execution by 1 participant	Number of participants	Number of working days
Heuristic evaluation	3.5	20 minutes	6	1
Usability task based testing	6.25	25 minutes	312	10
Analysis of AI heatmaps	0.5	1 hour (45 minutes for selection of key interface objects, preparation of screenshots, and 15 minutes for results analysis)	1	1
Functional testing	4	8 hours	1	1

To obtain a high-quality approach to website testing in use, it is necessary to determine the complexity of the website and its development project, as well as the level of formality of the test approach that will be acceptable in the existing conditions. A survey was conducted among IT specialists involved in the development of software products for identifying typical situations on projects when testing of a website in use is required. Based on their experience, 7 possible project options were defined:

1. A website of low complexity, the development team is small (2-5 people). There are limited resources and time allocated for testing, the testing process is not formally defined. Changes are planned in the website's UI/UX part (e.g., mobile adaptation of the site, interface optimization). No changes are planned for the website's server-side.

2. A website of low complexity, the development team is small (2-5 people). There are limited resources and time allocated for testing, the testing process is not formally defined. Changes are planned in the server-side of the website (e.g., performance optimization, integration with external services). No changes are planned for website's UI/UX part.

3. A website of medium complexity, the development team is medium-sized (5-10 people). There are limited resources and time allocated for testing, the testing process is not formally defined. Changes are planned in website's UI/UX part and the server-side, including the website's API.

4. A website of medium complexity, the development team is medium-sized (5-10 people). There are sufficient resources and time allocated for testing, the testing

process is formally defined. Minor changes are planned in website's UI/UX part (e.g., simplifying key elements, such as filters) and in the server-side (e.g., implementation of cloud technologies or integration with payment systems).

5. A website of medium complexity, the development team is medium-sized (5-10 people). There are sufficient resources and time allocated for testing, the testing process is formally defined. Significant changes are planned in website's UI/UX part (e.g., simplifying navigation on the site, mobile adaptation, optimizing the shopping cart and promo codes). No changes are planned in the server-side of the website.

6. A website of high complexity (but with low traffic), there is a large development team (10-30 people). There are sufficient resources and time allocated for testing, the testing process is formally defined. Minor changes are planned in website's UI/UX part and the server-side will be modified (e.g., optimization of the server architecture).

7. A website of high complexity (with high traffic), there is a large development team (10-30 people). There are sufficient resources and time allocated for testing, the testing process is formally defined. Changes are planned in the UI/UX part, as well as improvements for the server-side.

According to the reviewed testing scenarios and website's project constraints, the test approach consists of the following stages showed below.

1. Analysis of project indicators:

- criticality and complexity of website;
- planned changes on the website, such as changes in design, interface or server side (if applicable);
- size of changes on website (if applicable);
- project constraints (scope, time, budget, resource, etc.);
- maturity of the development process of a website.

2. Identification of key user tasks on the website:

- use experience with similar products;
- use users feedback;
- use web analytics data whenever possible.

3. Searching for test participants:

- heuristic evaluation: from 3 to 8 experts with at least basic experience in design and usability;
- usability task based testing: real users, representatives of the main target audience groups. It should be from 5 to 20 people for simple small projects, and approximately 50-150 people and more for complex projects;
- analysis of AI heatmaps: 1 designer or QA with basic usability knowledge;
- functional testing: 1 QA engineer, preferably with experience in UI and API testing.

4. Determination of project's type and its corresponding test method:

- project #1. Heuristic evaluation and analysis of AI heatmaps;
- project #2. Heuristic evaluation and functional testing;
- project #3. Heuristic evaluation and functional testing;

- project #4. Heuristic evaluation, analysis of AI heatmaps and functional testing;
- project #5. Heuristic evaluation, analysis of AI heatmaps, usability task based testing and functional testing;
- project #6. Heuristic evaluation and functional testing;
- project #7. Heuristic evaluation, usability task based testing, analysis of AI heatmaps and functional testing.

5. Test Implementation:

- heuristic evaluation: define a set of key heuristics for a website using the expert method; create a set of questions that verify the key tasks of the website and cover the set of heuristics; add the questions to a survey;
- usability task based testing: create a set of questions that will assess the usability and ease of use of the key website features, based on accumulated experience working with the website or its analogs; add the questions to a survey;
- AI heatmap analysis: create a set of screenshots of pages covering the key functions and interface elements of the website;
- functional testing: create a set of tests in tabular form, using techniques as state transition test technique, positive and negative technique and scenario technique, considering the key functions of the website.

6. Test execution.

7. Documentation of testing results, assigning severity to errors found.

8. Performing analysis of errors found, test report preparation.

9. Deliver test results to the development team and project manager.

The provided test approach helps to improve the process of finding more errors on educational and e-commerce websites in working conditions, as well as contributes to finding more areas for improvement and growth on the website. The use of a combined test approach affects comprehensive understanding of website's usability and the correct work of its key features. This is shown by the number of errors found during testing.

Analysis of the results of applying test methods provided an understanding of a way how these methods can be effectively applied on projects with different complexity.

The developed test approach for educational and e-commerce websites allows to perform effective testing, taking into account the complexity of the website, its development project and resources allocated for testing. It is recommended to use a larger combination of usability and functional testing methods for highly complex websites, as well as when large changes are planned in website's design or way of interaction with end user. The complex test approach conducted on a website will significantly increase the likelihood of creating a high-quality web application.

Conclusions

In conclusion, modern websites provide convenient approaches to solve user's everyday tasks online, such as making purchases, browsing and searching for information, etc. End users mostly interact with the website's business logic and databases through web pages, which have many elements, resulting in a complex user interface. Users are often provided with several options for interaction with the website (e.g., navigation, using filters, promo codes, etc.), which leads to appearance of various testing paths. As a result, the role of testing increases as it can identify errors both in the critical functions of the website and in its usability.

The study found that a combined test approach, using both usability and functional testing methods, is necessary for complex evaluation of the user experience on educational and e-commerce websites.

Developed test approach will help UI/UX designers, software developers, and QA specialists find a greater number of errors on the website, which will significantly improve the quality of the website in use. The obtained values of the severity of the errors found will assist the product manager, software developer and UI/UX designer in focusing attention on the main issues of the website and prioritizing their order for fixing.

The analysis of the results of applying test methods illustrates the possibility of applying their various combinations, depending on the potential types of website's development and its complexity. It has been determined that the preliminary analysis of project indicators and the defining of key user tasks on the website play an important role in this approach.

The obtained data showed that the use of the proposed combined test approach on educational and e-commerce websites in working conditions allows to find the most critical issues and identify opportunities for further improvement of the website. The results of the research may be of interest to a wide range of specialists (program managers, UI/UX designers, QA engineers, software developers) who aim to deliver a web application that meets user needs and helps achieve its key business objectives.

References.

1. Plerdy (2024). Statistics of the most visited websites. <https://www.plerdy.com/blog/most-visited-websites/>.
2. Microsoft State of Global Customer Service Report (2017). URL: <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/EN-CNTNT-Report-DynService-2017-global-state-customer-service-en-au.pdf>.
3. Linearty (2023). UX business statistics. <https://www.linearity.io/blog/ux-statistics/>.
4. Cerquozzi, R., Decoutere, W., & Riverin, J. (2023). ISTQB Certified Tester Foundation Level V4.0.
5. Вовк, О.В., & Моїсєєнкова, В.О. (2019). Генерація та впровадження оптимального рішення для методології розробки веб-сайту. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 150-151).
6. Менделєва, М.В., & Дейнеко, Ж.В. (2024). Методика тестування інтерфейсів сайтів на основі функціонального та юзабіліті тестування. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 187-189).

7. Nielsen Norman Group. (2000). Importance of website navigation. <https://www.nngroup.com/articles/is-navigation-useful>.
8. Chus, V., & Vovk, O. (2023). The impact of using the principles of human interface guidelines (HIG) on the time spent by users in a mobile application. Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ». (p. 144-145).
9. Доценко, Д.В., & Чеботарьова, І.Б. (2021). WEB-сайт університету як інструмент маркетингових комунікацій. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 12-17).
10. Vovk, O., Mendieliava, M., & Chebotaryova, I. (2025). Usability of notifications in voice translator's interface. *Memorias de SYNTOPIA*. (p. 34-35).
11. Заворуєва, Ю.Л., & Чеботарьова І.Б. (2021). Дизайн сайту як спосіб залучення уваги споживача. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 98-100).
12. Чеботарьова, І.Б., & Попова, Є.О. (2024). Інтернет-маркетинг у видавничому бізнесі. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 215-217).
13. Wizzy. (2022). Role of search filters in e-commerce. <https://wizzy.ai/blog/role-of-search-filters-in-ecommerce-best-ecommerce-search-filters>.
14. Wecantrack. (2025) Coupon website statistics. <https://wecantrack.com/insights/coupon-website-statistics>.
15. Chebotarova, I., & Astakhova, A. (2024). Analysing the impact of motion design on audience engagement in social media. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 56-58).
16. Wenzl, M. (2023). Ecommerce Quiz Examples and Why They Make a Significant Impact. Okendo. <https://okendo.io/resources/blog/ecommerce-quiz>.
17. Глюза, М., & Вовк, О. (2023). Usability-тестування як ефективний показник успішності веб-продуктів. Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації. (с. 348-350).
18. Глюза, М., & Вовк, О. (2024). Основи UX-research. Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених. (с. 112).
19. Менделєва, М.В., & Дейнеко, Ж.В. (2024). Методика тестування віртуальних 3D турів та інтерактивних product recommendation quizzes на основі функціонального та юзабіліті тестування. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 153-156).
20. Діденко, М.В., & Вовк, О.В. (2020). Дослідження методів оцінки UX інтерфейсів нового покоління. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 128-130).
21. Глюза, М.П., Вовк, О.В., & Григор'єв, О.В. (2024). Алгоритми оцінки якості usability веб-сайту. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 20-23).
22. Nielsen Norman Group. (1994). Nielsen's 10 usability heuristics. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
23. Nielsen Norman Group. (2000). Optimal number of participants for qualitative usability testing. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>.
24. Tullis, T., & Albert, B. (2013). *Measuring the User Experience*, 2nd Edition. Morgan Kaufmann.
25. Khalid, Z., & Qamar, U. (2019). Weight and Cluster Based Test case Prioritization Technique. IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), Vancouver, BC, Canada.
26. Вовк, О.В., Глюза, М.П., & Григор'єв, О.В. (2024). Управління бізнес-процесами під час розробки веб-продукції. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 71-72).
27. Вовк, О.В., & Чусь, В.В. (2024). Роль ергономіки у створенні ефективних інтерфейсів. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 199-200).
28. Chus, V., & Vovk, O. (2024). Psycho-emotional impact of the color of the mobile application interface on the consumer. Collection of scientific papers «SCIENTIA». (p. 110-111).

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE TRANSFORMATION OF ONLINE EDUCATION: A CASE STUDY OF “MASTER OF STUDIES IN DIGITAL EDUCATION” PROGRAM OF UNIVERSITY OF GUANAJUATO

Gurieva N.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Reyes Espino V.M.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Jimenez Arredondo V.H.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Abstract. *The integration explores the impact of artificial intelligence (AI) on the transformation of online education through a case study of a master's program in Digital Education at the University of Guanajuato. The study examines the theoretical foundations for integrating AI into the educational process. It analyses the potential of AI to personalize learning, automate routine tasks, create intelligent learning systems, and improve the digital competencies of program graduate's students. The **objective** is to examine the potential for applying AI technologies in the master's program in Digital Education at the University of Guanajuato, including the adaptation of educational content, the use of generative AI to support students and assessment tools, and the development of appropriate strategies, teacher training, and the creation of assessment systems that take into account the specificities of AI use. Along with the benefits, the paper also details the challenges and risks associated with introducing AI into online education, such as ethical dilemmas, academic integrity issues when using generative AI, the need to develop critical thinking, and adapt the role of the teacher. The paper concludes by offering recommendations for the effective and ethical integration of AI technologies into online education, emphasizing the importance of teacher training, the development of appropriate policies, and maintaining a balance with traditional teaching methods to ensure a quality educational experience.*

Key words: ONLINE EDUCATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MASTER'S PROGRAM IN DIGITAL EDUCATION.

Introduction

Education, as a continuous and comprehensive process, has positioned itself globally as a central tool for prosperity, as it promotes growth opportunities and develops the basic skills needed to function in society. Ajay Banga, president of the World Bank, describes education as a factor that stimulates innovation, strengthens institutions, and promotes social cohesion [3]. For young people, schooling fosters employment, increases income, and contributes to poverty reduction.

Information and communication technologies continue to be an essential means of achieving quality education in the 21st century. Both internationally and in Mexico, their potential to transform education systems is recognized, provided they are implemented in an equitable, inclusive manner, and focused on student well-being as a path to quality education [8].

Speaking about higher education, university represents a special value-communicative reality in which the influx, expansion and transformation of knowledge occurs. The very concept of *university* characterizes a stable institutional organizational form of a multidisciplinary educational and scientific institution, where various options for interaction between education stakeholders are implemented. At the same time, the forms of interaction between teachers and students – traditional subjects of the university environment – in modern conditions are much broader and more diverse than the unchanging functions of transferring and acquiring knowledge.

In the report “*Current Status of Educational technologies in higher education institutions in Mexico*” prepared by ANUIES, the use of ICTs and the creation of virtual universities are seen as ways to bridge gaps and establish high-quality education systems, thus fostering social and economic progress and democratization, as well as other important social priorities. It is argued that technology plays a decisive role in the effort to improve the quality of higher education to adapt it to the demands of 21st-century knowledge societies [2].

The space of interaction of the university in society is extremely wide, multifaceted and complex due to the multitude of its internal and external connections. In turn, interaction is an important condition for obtaining real and creative knowledge. Modern knowledge has a social nature: it is created, exists and accumulates in a team in the process of communication, representing connective, network knowledge, characterized by autonomy, openness and interactivity, as well as internal diversity. Such a space has coordinate axes – cognition, development and improvement – subjects of interaction. In these planes, there are increases and intensification of the value-communicative flow of knowledge both within the university and in interaction with the external environment. Thus, interaction in the university environment is not static, it is characterized by qualitative dynamics.

The dynamics of interaction between subjects of the university educational process is considered as a characteristic of joint activities of students and teachers aimed at developing their competencies (acquiring new knowledge, mastering new methods of activity and finding new meanings) [9]. Such development ensures mutual change and mutual enrichment of the intellectual, informational, emotional-value and operational spheres of subjects based on the organization of joint actions. The content of interaction is the exchange of information and project activities, values, expansion of the value circle of knowledge, actualization of personal freedom of subjects of educational activity. However, challenges such as the need to strengthen the institutional digital culture and promote pedagogical innovation through the effective use of ICTs must be highlighted. The use of information technologies is one of the highly sought-after trends that significantly changes the nature of educational interaction. Furthermore, the *National Development Plan 2025-2030* recognizes the importance of ICTs in expanding coverage and improving the quality of higher education in Mexico. The program emphasizes the need to reverse inequalities in access to and retention in educational services, as well as to strengthen the relevance of educational offerings to the needs of communities, with an intercultural and territorial perspective. This trend has led to the establishment of virtual campuses by various higher

education institutions, such as the Open University and Distance Education System (SUAYED) of the Autonomous University of Mexico (UNAM), the Veracruz Virtual University and the Virtual University System of the University of Guadalajara (UDGV), and the Virtual University of the State of Guanajuato (UVEG).

The purpose and objectives of the research

The purpose of this research is to comprehensively explore the integration of generative artificial intelligence into the educational process of a master's program of University of Guanajuato to understand its transformative potential and implications.

To achieve this goal, the following tasks need to be solved:

- creation of educational content in diverse formats, including text, images, videos, tests, quizzes, and assignments;
- implementation of adaptive learning, with personalized content tailored to individual student profiles, habits, and preferences;
- integration of conversational interfaces to foster an engaging and customized learning experience;
- support for teachers in tasks such as assessment and administrative activities, allowing them to focus more on student development;
- analysis of the benefits of generative artificial intelligence for both students (e.g., enhancing curiosity, improving questioning skills, and providing research support) and teachers (e.g., generating materials, facilitating assessment, and saving time), with an emphasis on advantages not offered by traditional systems.

Main part

From online high education paradigm to multimodal education

Online education or e-learning or remote learning is defined as an educational modality based on a technological mediation framework that can be asynchronous or synchronous and is usually include virtual classrooms, online courses, and other learning platforms. Specialized teaching materials are essential; its implementation is systemic, centralized, and long-term; learning is autonomous, individual, and can be personalized; and mastery of information technologies is required. This modality was conceived to expand educational coverage, serving the population of ages not typically eligible for higher education.

During the 2018-2024 period, the Mexican government's higher education policies focused on increasing coverage and equity in access to education. Among other actions to achieve this goal, the development and strengthening of distance learning programs was promoted, particularly by higher education institutions, as a key strategy for expanding access to higher education throughout the country [5].

The need to shift the perspective from implementation information technologies as final goal to use the technology as a medium for developing activities became evident. Therefore, awareness of the concept of educational technology was raised.

This is defined as the way of planning and implementing education, configuring learning processes, their resources, spaces, and times, based on well-defined intentions. This implies a pedagogical reflection on the use of technology. Given this, the paradigm of educational multimodality is presented, a concept that emerges from the study of the educational phenomenon presented by the integration of information technologies through educational technology in a university environment [1]. Its approach implies that the integration of technologies goes beyond isolated modalities, as what is relevant is how they are used in education.

Needs of the educational program *Master of Studies in Digital Education*

Online learning is becoming increasingly widespread in the higher education system, due to that educational organizations are creating a qualitatively different online learning environment – a digital one, that has greater information capabilities but requires more developed competencies in the field of information analysis and communication. The digital educational environment is today considered an important approach to teaching in educational organizations of higher professional education, including in the training of future teachers, since, among other things, it can overcome the limitations associated with training [4]. However, the advantages of information educational environments for future teachers cannot be fully realized if students do not have the necessary level of competencies: knowledge, skills, abilities, value orientations in the field of using information and communication through information technologies.

The *European Commission's Digital Competence Framework for Educators* outlines essential digital competences for educators, presents six main areas [7], ranging from professional communication and the use of digital resources to teaching, assessment, and supporting student learning (Figure 1). It emphasizes the importance of empowering students and facilitating development of their own digital skills.

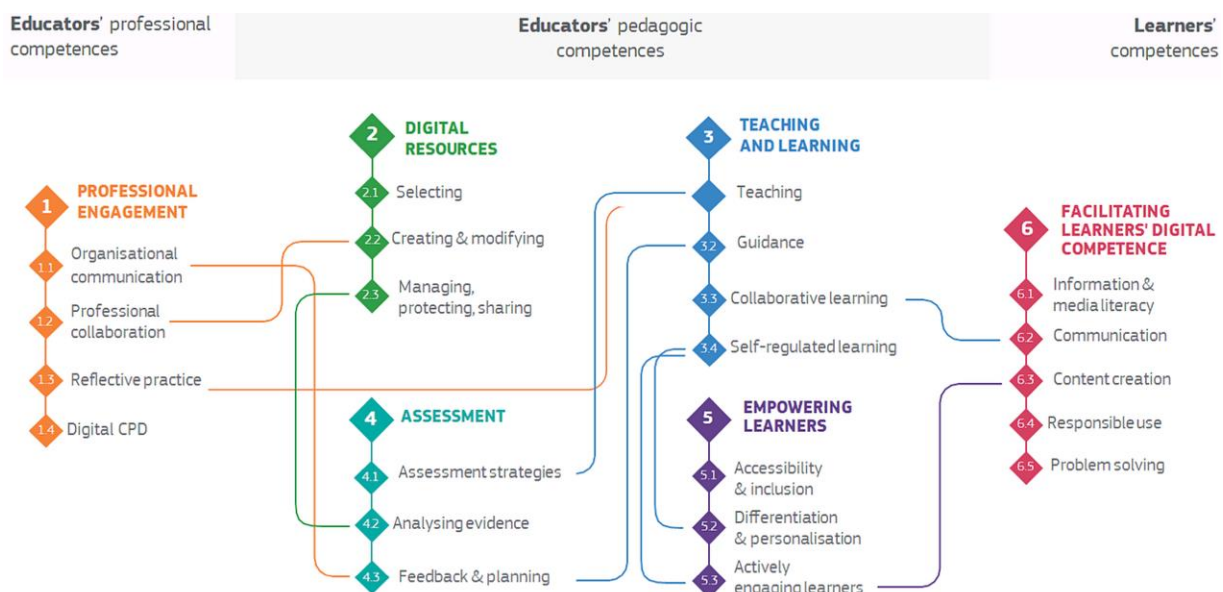


Figure 1 – Digital Competence Framework for Educators, Source: DigCompEdu 2025
<https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu>

The competency areas are linked to the six proficiency levels used by the *Common European Framework of Reference* ranging from A1 to C2. To encourage educators to use the framework as a professional development tool, the CEFR levels were coupled with motivating role descriptors, from Beginner (A1) to Leader (C2).

The progression follows the logic inherent in each individual competency. It is inspired by Bloom's revised taxonomy that explains the subsequent cognitive stages of learning progress. The six progression levels are described and differentiated below.

1. Beginner (A1) – Newcomer: Beginners are aware of the potential of digital technologies to enhance pedagogical and professional practice but have had very little exposure to them. They primarily use them for lesson preparation, administration, or organizational communication. They need guidance and encouragement to expand their repertoire and apply their existing digital competence in pedagogical settings. This level is largely described by the absence of certain competencies present at higher levels. They are characterized by awareness, uncertainty, and basic use.

2. Explorer (A2) – Explorer: Explorers are aware of the potential of digital technologies and are interested in exploring them to enhance pedagogical and professional practice. They have begun to use digital technologies in some areas of digital competence, but without following a comprehensive or consistent approach. They need encouragement, insight, and inspiration. This level implies having overcome the concerns or doubts present at the Beginner (A1) level. They are characterized by the exploration of digital options/resources/strategies.

3. Integrator (B1) – Integrator: Integrators experiment with digital technologies in a variety of contexts and for a range of purposes, integrating them into many of their practices. They use them creatively to enhance various aspects of their professional engagement and are eager to expand their repertoire. However, they are still working to understand which tools work best in which situations and to adapt digital technologies to pedagogical strategies and methods. They require more time for experimentation and reflection, complemented by collaborative fostering and knowledge sharing. They are characterized by the meaningful expansion/integration/implementation of professional practices and pedagogical strategies.

4. Expert (B2) – Expert: Experts use a range of digital technologies safely, creatively, and critically to enhance their professional activities. They deliberately select digital technologies for particular situations and seek to understand the benefits and drawbacks of different digital strategies. They are curious and open to new ideas, using experimentation to expand, structure, and consolidate their repertoire of strategies. Experts are the backbone of any educational organization when it comes to practice innovation.

5. Pioneer (C1) – Pioneers have a consistent and comprehensive approach to the use of digital technologies to enhance pedagogical and professional practices. They draw on a broad repertoire of digital strategies and know how to choose the most appropriate one for any situation. They continually reflect and further develop their practices, staying up-to-date through exchange with their peers. They are a source of inspiration for others, to whom they share their experience. They are characterized by

the comprehensive and critical discussion and renewal/use of professional practices and pedagogical strategies.

6. Leader (C2) – They are questioning the adequacy of contemporary digital and pedagogical practices, of which they themselves are Leaders. They are concerned about the limitations or disadvantages of these practices and are driven by the impulse to further innovate education. They experiment with highly innovative and complex digital technologies and/or develop novel pedagogical approaches. They are a unique and rare breed that leads innovation and is a role model. They are characterized by the innovation/promotion of the use/use of innovative formats in professional practices and pedagogical strategies.

The aim of the investigation is to design, implement, and evaluate an innovative educational proposal grounded in the integration of artificial intelligence, with the intention of fostering a learning environment that is adaptive, ethically responsible, and centered on the needs and agency of the student. This proposal will enhance the quality and personalization of digital teaching and learning processes and serve as a concrete pathway for the researcher to demonstrate and consolidate the highest level of digital teaching competence, as defined by the *European DigCompEdu framework* – Level C2, or Leader.

The integration of artificial intelligence to raise the level of digital competence

The future of higher education is inextricably linked to the development of new technologies and the computing power of new intelligent machines. In the educational segment, the introduction and application of artificial intelligence opens new opportunities and creates new challenges for teaching and learning in higher education institutions, with the potential for fundamental change in governance and significant changes in the internal architecture of higher education institutions.

The need to prepare specialists in the field of education, capable of productive information activity, creative information exchange, causes significant changes in the process of training future teachers at all its stages. One of the basic changes is the introduction of generative artificial intelligence tools into the process of productive activity of students with the accompanying analysis of the effectiveness of the implementation of the possibilities of its application in teaching various disciplines at different stages and, as a consequence, the adjustment and development of all existing components of the methodological training systems corresponding to these disciplines (Table 1). The methodological components of the possibilities provided by neural networks at the basic stages of teacher training are considered using the example of the curriculum of the master's degree program of the University of Guanajuato.

Table 1 – Master's degree curriculum. Own elaboration.

Area	N	Educational component	Content	Suggested changes
1	2	3	4	5
Education	1	Education in a digital society (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Foundations of the Digital Society - A review of learning theories related to Learning 2.0 - Digital capabilities, interactions, and connections - Information, data, and media literacy - Communication, collaboration, and participation - Digital learning and self-development - ICT skills, digital literacies, and competencies - Digital identity and well-being - Criticisms of the digital society and implications for education and learning	Artificial Intelligence Integration can enrich each thematic unit with examples, discussions, and practices focused on AI as a transformative force in digital society and education: - Introduction to the impact of AI on the transformation of digital society - Analysis of how adaptive learning platforms use AI to personalize education (Khan Academy, Duolingo). - Comparison between connectivism approaches and machine learning algorithms. - The use of AI assistants (such as ChatGPT, Copilot, etc.) to expand search, writing, and collaboration capabilities. Critical evaluation: Do these tools expand or limit our cognitive capabilities? - Analysis of AI content generation. AI-generated vs. human-generated content. Discussion of biases in recommendation systems and algorithmic filtering. - Use of AI for online communities: co-writing tools to foster cross-cultural collaboration (AI-assisted Google Docs). - The use of AI as a personal mentor or tutor (e.g., educational platforms that predict student progress). How does or could each student use AI for their professional development? - Basic introduction to generative AI tools: text, images, video – creating educational content with AI (infographics, summaries, mind maps), ethical issues in the use of AI tools. - Analysis of digital identities constructed and manipulated by AI (e.g., TikTok algorithms, Instagram filters). - Digital well-being and the conscious use of AI tools (burnout detection, screen time management). - Open discussions: AI as an opportunity or threat for critical education? Reading and analysis of critical texts on AI in education. - Discussion on the ecological and social impact of the infrastructure behind AI (data centers, data mining, etc.).
	2	Theories of learning and teaching in the digital age (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Personal perceptions of learning and teaching - Past and current theories and models of learning and teaching - Theory and research on how students learn - Theory and research on what constitute a "good" teacher - Factors influencing learning and teaching at different stages of education - Current and potential developments to support teaching and learning in educational contexts and environments - Barriers to innovations in education, training, and other potential learning environments - Approaches to establishing and evaluating innovations in learning and teaching - Models of innovation and adoption Technological innovation	Theoretical and critical reflection on the role of emerging technologies in educational processes: - Forum-based reflection: How does AI influence conceptions of the teacher and student roles? - Analysis of how classical theories (behaviorism, constructivism, connectivism) adapt to or are challenged by the use of AI systems. Comparison between traditional pedagogies and emerging AI-mediated proposals (intelligent tutoring, adaptive learning). - Review of studies showing how AI tools can support individualized learning (e.g., adaptive learning algorithms). Case studies: platforms such as Squirrel AI (China) or Century Tech (UK). - Tensions between educational humanism and automation. - Analysis of how AI can impact everything from basic to university education (automatic tutoring, detection of learning difficulties). - Reflection on differences in accessibility and equity. - Practical exploration of AI-based teaching assistants (e.g., pedagogical co-pilots, rubric or questionnaire generation). Introduction to tools such as Eduaide, Notion AI, Diffit, and Consensus. - Critical analysis of the ethical, legal, economic, and pedagogical barriers to AI adoption. Is resistance to AI pedagogical or political? - Development of practical AI intervention projects (proposals for classroom innovation with AI). - Evaluation criteria for the pedagogical quality, ethics, and effectiveness of AI-based interventions. - Application of models such as SAMR, TPACK, and the Rogers model to evaluate the integration of AI into educational processes. - Case studies: success and failure in AI adoption in educational institutions.

Table 1 Continued

1	2	3	4	5
Education	3	Social context of education and lifelong learning (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Theories of the sociology of education - The development of educational systems and processes within broader economic, political, social, and cultural contexts - Aspects of inequality, in relation to attainment, access, and progression, examining the role of social class, gender, and race - Evaluate specific policy initiatives, such as those related to lifelong learning, widening participation, curriculum development, and special educational needs, and their impact on practice - Alternative models of education	Analyze how AI is reshaping the social, economic, and political structures that influence lifelong learning. Given the theoretical focus of the course, AI should be approached critically, contextually, and with an emphasis on equity and social justice: - Analysis of how AI fits into critical sociological theories (Bourdieu, Foucault, Freire) regarding social reproduction, control, and power. - AI as an extension of <i>symbolic violence</i> or as an opportunity to democratize knowledge. - Does AI reproduce or challenge the dominant educational habitus? - Study of the role of AI in contemporary educational reforms globally (e.g., national AI-powered assessment systems, administrative automation). - Critical reflection on digital colonization and algorithmic imperialism. - Analysis of reports on AI and algorithmic justice (e.g., UNESCO or AI Now Institute). - Critical evaluation of public policies that integrate AI for lifelong learning. - Exploration of unconventional models using AI: self-directed learning with AI, decentralized platforms (blockchain + AI), autonomous learning communities. - Case study: algorithmic discrimination in admissions, tutoring, or performance monitoring processes. - Debate on the potential of AI to sustain or subvert traditional education systems. - Discussion: How can or cannot AI expand the participation of historically marginalized groups? - Inspirations from critical, feminist, or decolonial pedagogies: What would a situated and ethical AI look like?
	4	Workshop on digital tools for e-learning (7 ECTs) <i>Practical approach</i>	- Digital learning - Digital identity and promotion - Social media and blogging in teaching practice - Technological innovation in education - Gamification - The flipped classroom	This course can become a space where students not only learn how to use tools, but also explore, experiment, and critically reflect on the impact and potential of AI in their own teaching practices: - Use of AI-powered adaptive learning systems (e.g., Squirrel AI, Khammigo, Century Tech). - Introduction to teaching assistants such as Copilot for Education, Eduaide, and Diffit. Introduction to the AI ecosystem in education (smart tutors, learning analytics). - Activities for designing AI-powered lessons tailored to the student's profile. - Creating educational content - summaries, teaching capsules, multimedia materials, and interactive activities with AI: podcasts, mind maps, videos in Notebook LM. - Generating a social media learning sequence with AI-generated content and reflecting on its limits. Emphasis on truthfulness, copyright, and digital ethics. - Creating custom games or quizzes with AI (e.g., Conker.ai, Quizizz with GPT support). - AI as a generator of interactive narratives or gamified learning scenarios. - Designing a gamified experience with the help of AI to increase motivation or adaptability. - Designing a flipped learning unit with AI as a teacher and student assistant. - Case study: Use of AI in inclusive education or addressing diversity.
Educational technology	5	Future of Digital Education (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Emerging trends in digital education - Online education as an innovative practice - Design and implement educational innovations - Evaluate the effectiveness of innovations - Barriers to change for individuals and institutions	- Generative artificial intelligence (such as ChatGPT, Claude, DALL·E) in teaching and learning. - AI-based EdTech: adaptive learning, predictive analytics, educational chatbots. - Simulation of virtual assistants in LMSs (e.g., ChatGPT as an automated tutor or corrector). - Co-creation of educational activities using tools such as ChatGPT, Perplexity, etc. - Use of AI to analyze learning data (learning analytics). - Automated assessment vs. human assessment: complement or replacement? - Digital competencies and technological resistance. - Ethical concerns: surveillance, teacher substitution, intellectual property.

Table 1 Continued

1	2	3	4	5
E-learning	6	Workshop for the creation of educational content for digital education (7 ECTs) <i>Practical approach</i>	- Rationale and context of the learning experience - Analysis of the learning experience and teaching strategies - Alignment of the learning experience Learning - Instructional Design for Creating Learning Content - Creating Learning Content for the Learning Experience - Evaluating the Learning Experience	- Generation of simulated educational scenarios with AI. - Support in drafting the conceptual framework using tools such as ChatGPT or Notion AI. - Digital learning models (blended, flipped, microlearning, etc.). - User profiles and personalized learning paths. - Simulation of adaptive learning scenarios. Case analysis and strategy design using AI-supported mind maps or journey maps (e.g., Miro + ChatGPT). - Learning taxonomies (Bloom, SOLO). - Assistance in drafting learning objectives. Analysis of coherence between objectives, activities, and assessments using AI tools. - Pedagogical alignment matrix generated and justified by the team. - Co-creation of storyboards using tools such as Canva Docs AI or Gamma. - Suggestion of teaching sequences by AI based on content type. Production of digital resources aligned with the experience. Content types: infographics, videos, simulations, podcasts, interactive texts. - Image generation (DALL·E, Midjourney). - Educational text writing (ChatGPT). - AI-powered narration or voice generation (Notebook LM). - Interactive activity design (H5P or Genially). - AI-powered feedback analysis (e.g., survey analysis). - Automatic generation of assessment items. - Simulation of content piloting with fictitious students and automatic feedback.
	7	Mentoring and tutoring with technology integration (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Theoretical Perspectives Applied to Mentoring and Coaching - Learning Within a Workplace Community of Practice - Models for Teaching Skills Development with an Emphasis on Integrating Digital Tools for Mentoring and Coaching - Developing Reflective Practice - Intervention Styles - Current Frameworks for Mentoring and Coaching Practices - Peer Mentoring - Research on Mentoring and Coaching in National and International Contexts	To integrate AI from a theoretical perspective, it is essential to conceive of AI not only as a technological tool, but as a mediating agent in the processes of accompaniment, feedback, personalization, and reflection: - Explore contemporary theories on AI-augmented mentoring. - Incorporate theoretical frameworks such as Human-AI Collaboration in education and technologically mediated mentoring. - Analyze how AI-enabled platforms (such as MS Viva, LinkedIn Learning with AI, or adaptive LMS platforms) can support communities of professional practice. - Study the automation of informal knowledge flows through AI. Incorporate notions of <i>augmented mentoring</i> and <i>algorithmic mediation</i>. - Evaluate teaching competency development models with AI support: pedagogical co-pilots, instructional planning assistants, feedback generators. - Map emerging models such as "AI-supported mentorship" or "scaffolded coaching with AI." - Introduce AI tools that foster guided professional reflection (e.g., ChatGPT as a reflective journal with critical prompts). - Reflect on the limits and possibilities of the "virtual coach" versus the human mentor. - Study AI-mediated intervention styles: automated feedback, needs prediction, responsive interventions. - Analyze algorithmic biases and their impact on mentoring equity. - Review international frameworks that already include AI in mentoring (e.g., ISTE Standards for Coaches, OECD reports). - Explore automated and AI-mediated peer feedback platforms (Peergrade, EliReview, WISEfeedback). - Analyze how AI can facilitate peer-to-peer matches based on identified needs. - Explore the transformative potential, ethical challenges, and emerging models of AI-augmented mentoring and tutoring, fostering a critical understanding of its use in educational and professional contexts.

Table 1 Continued

1	2	3	4	5
E-learning	8	Learning Management Systems Workshop (7 ECTs) <i>Practical approach</i>	- What is Moodle? - Basic Moodle Structure - Organizing Courses - Customizing Courses - Publishing Teaching Materials - Publishing and Managing Activities - Grading a Course - Facilitator Tools	To incorporate AI with a practical approach focused on Moodle, it is suggested a strategy divided by topics that adds intelligent functionalities, improves the teacher-student experience and encourages critical thinking about the use of AI in educational platforms: - Present Moodle as an LMS capable of integrating AI-based tools (e.g., conversational assistants, predictive analytics, content personalization). - Introduce basic concepts of AI applied to e-learning. - Analyze how a modular architecture allows for the integration of external AI tools through LTI or APIs. - Explore the data flows needed for learning analytics. - Use generative AI to write descriptions, module topics, and personalized learning objectives (e.g., using integrated ChatGPT or Eduaide). - Explore systems that automatically adjust navigation or materials based on learner performance. - Include videos with AI-generated automatic captions, automatic summaries, or AI-generated multilingual content. - Automate quiz creation with AI tools (e.g., generating questions from readings). - OpenAI GPT Blocks for Moodle, WiseFeedback, Snorkel AI for automatic labeling. - Analyze AI tools that assist with automated grading (smart rubrics, AI essay grading). - Apply predictive analytics to identify at-risk students. - Monitor student progress through AI-based dashboards (early alerts, engagement analysis, etc.).
	9	Research methods of digital teaching and learning (7 ECTs) <i>Theoretical approach</i>	- Research in Education - Research Problems and Questions - Research Designs such as Surveys, Experiments, Ethnography, Phenomenology, and Case Studies - Systematic Reviews and Secondary Data Analysis - Research Methods such as Questionnaires, Interviews, Observations, and Document Analysis - Using Mixed Methods (Designs) - Quantitative Data Analysis Methods (such as Descriptive and Inferential Statistics) - Qualitative Data Analysis Methods (such as Content Analysis, Thematic Analysis, and Grounded Theory)	- AI as an object and means of research: include current cases where AI is studied in educational contexts. - Critical analysis of articles investigating the use of generative AI in learning. - Generative AI as an assistant for formulating research problems: Use of tools such as ChatGPT or Elicit to generate, refine, and discuss research questions. - Simulation with AI: Use of models to predict experimental design outcomes. - AI in systematic reviews: Use of tools such as Elicit, Research Rabbit, or Connected Papers to support searches, data extraction, and synthesis. - AI-assisted analysis of documents and observations using semantic AI (e.g., Quirkos or Atlas.ti with AI). - AI to integrate and visualize mixed data: AI tools for merging qualitative and quantitative results (such as Tableau with AI or PowerBI). - AI for automated statistical analysis: Use of Python notebooks and libraries such as scikit-learn to perform inferential analysis and predictive modeling. - Automating analysis with AI-guided scripts (e.g., using GPT to generate code in R or Python based on the study design). - AI in qualitative analysis: Automatic topic classification (topic modeling with AI). Support for open coding with generative AI. Recommended tools: Dovetail, NVivo with AI, ChatGPT for emerging category suggestions. - Ethical and critical cross-cutting dimension: reliability of AI-generated results, transparency and algorithmic biases, privacy in the use of AI on sensitive data.

Table 1 Continued

1	2	3	4	5
Educational investigation	10	Integrative project for graduation (7 ECTS)	- Strategies for Focusing and Managing the Research Process - Quantitative and Qualitative Research Methodologies and Approaches	The integrated graduation project represents an opportunity for students to demonstrate their ability to articulate theory, practice, innovation, and critical thinking regarding the use of emerging technologies. Integrating artificial intelligence as a core project allows for addressing contemporary challenges and opportunities in teaching and learning in digital environments:
		<i>Practical approach</i> - Key Data Collection Methods (Surveys, Interviews, Focus Groups, Observation) - Methods of Data Analysis Data interpretation - Writing and presentation skills for the integrative project for graduation		1. Instructional Design with AI. Approach: Development and analysis of personalized digital learning experiences using AI tools. Components: a. Theoretical framework: instructional design, adaptive learning, educational UX. b. Tools: ChatGPT, Khanmigo, Conker, Diffit, Magicschool.ai. c. Assessment: Analysis of engagement, comprehension, or feedback. 2. Teacher Training in the Ethical and Creative Use of AI. Approach: Development of critical, ethical, and technical competencies for educators in digital contexts. Components: a. Theoretical framework: critical digital literacy, ethics of AI use, ongoing training. b. Product: Course, MOOC, workshop, methodological guide. c. Assessment: Test of perception and appropriation. 3. AI and Equity in Digital Learning Environments. Approach: Analysis of how AI can contribute to (or affect) equity, inclusion, and educational justice. Components: Theoretical framework: sociology of education, digital justice, accessibility. Methodology: case study, digital ethnography, comparative analysis. Ethical approach: data protection, inclusive design. 4. AI as a learning mediator in digital communities. Approach: Use of AI to strengthen collaborative and community learning in digital environments. Components: a. Theoretical framework: situated learning, connectivism, collaborative learning. b. Tools: AI integrated into LMS or forums, virtual assistants. c. Assessment: participation, knowledge construction, interactions. 5. Automated Assessment and Formative Feedback with AI. Approach: Designing personalized feedback systems with AI to improve online learning. Components: a. Theoretical framework: formative assessment, effective feedback, personalized education. b. Tools: Turnitin Feedback Studio, Grammarly, Quillionz, Writefull, ChatGPT with rubrics. c. Analysis: impact on autonomous learning or academic writing.

Artificial intelligence, when thoughtfully incorporated into educational processes, becomes a high-impact training tool for strengthening digital competence. First, it promotes deeper learning of emerging technologies by exposing students to language processing systems, data analysis, task automation, and adaptive platforms. This allows them to move from basic use of digital tools to advanced, strategic, and contextualized management, as established by the European Digital Competence Framework [7].

Furthermore, AI stimulates the development of higher cognitive skills, such as the critical evaluation of information generated by algorithms, complex problem-

solving, and the ability to design data-driven educational solutions. These skills are essential in a constantly evolving digital environment.

AI also fosters self-regulation of learning and metacognition, as it allows for the design of personalized learning paths that adapt to each student's pace and style. This type of experience enhances the autonomous and ethical dimension of digital competence, requiring users to make informed and responsible decisions about their use of technologies. Integrating AI into teaching and instructional design elevates teachers' digital competence by requiring a more sophisticated command of virtual environments, learning data management, assessment automation, and pedagogical mediation with intelligent agents.

Finally, the use of AI requires addressing the ethical, social, and cultural aspects of the digital environment, which adds a layer of critical and civic depth to digital competence [6]. Understanding algorithmic biases, the risks of misinformation, and data policies becomes part of the knowledge necessary to fully exercise digital citizenship.

By implementing these recommendations, the *Master's in Digital Education* has the potential to become a benchmark program in Guanajuato, significantly contributing to teacher professionalization and improving educational quality in the digital age. The systematic and critical integration of artificial intelligence into *master's program* represents an epistemological evolution in the way we conceive teaching, learning, and research. Preparing professionals capable of leveraging these technologies ethically, creatively, and effectively becomes fundamental to the challenges of postgraduate education.

Conclusions

Artificial intelligence, when properly understood and implemented, is not a goal, but rather a cross-cutting tool that accelerates and deepens the development of digital competence at the graduate level. This research provides possible integration of artificial intelligence in *Master's program in Digital Education* that represents a transformative force that significantly enhances the development of digital competence. AI acts as a catalyst that expands the cognitive, pedagogical, and ethical dimensions of what it means to be digitally competent in the 21st century. Through adaptive learning systems, intelligent feedback, and data-driven personalization, AI enables more nuanced and responsive learning experiences, supporting both learner autonomy and inclusive teaching practices. Moreover, the use of AI in research processes – from literature synthesis to qualitative and quantitative data analysis – equips students with advanced analytical skills that are increasingly essential in digital academic environments. By engaging critically with AI technologies, students cultivate not only technical fluency but also reflective awareness of the cultural, and social implications of algorithmic systems in education. This fosters a deeper understanding of digital identity, privacy, and responsible technology use, which are core aspects of digital competence. As such, the thoughtful incorporation of AI across the curriculum

not only prepares graduates to operate in technologically mediated environments but also empowers them to lead innovation in digital education through informed, critical, and ethical practice. AI thus becomes both a subject of study and a medium for cultivating lifelong learning, creativity, and professional resilience in a rapidly evolving digital society.

References.

1. Agripino, L.F.G., General, R., Estrada, C. R., Muñoz, S.A.S., Castro, S.H., Mújica, R.J.M., & Nuñez, M.P. (2022). Sistema de Educación Digital de la Universidad de Guanajuato.
2. ANUIES (2024) DE, E. E. L. I. Estado actual de las tecnologías educativas en las instituciones de la educación superior en Mexico. https://www.metared.org/content/dam/metared/estudiosinformes/libros_estado_actual_te_ies_2024.pdf.
3. Banga, A. (2023). Remarks by World Bank Group President Ajay Banga at the 2024 Annual Meetings Plenary.
4. Cosentino, V.V., Caballé, A.S., & Mon, F.M.E. (2022). Desarrollo de la competencia digital docente en contextos universitarios. Una revisión sistemática. REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 20(2), 11-28.
5. García, J.Z., & Flores, R.F. (2024). La Educación Superior a Distancia en el futuro de México: perspectivas y desafíos. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores.
6. Kaluhin, N., Vovk, O., & Chebotarova, I. (2024). The impact of artificial intelligence on future of humanity. Jóvenes en la ciencia, (26). <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4235/3716>.
7. Milana, M., Brandi, U., Hodge, S., Hoggan-Kloubert, T., & Morris, T.H. (2025). Skills, skills, skills! The European Commission's endorsement of a Skills-First approach and the future of adult education and lifelong learning. International Journal of Lifelong Education, 44(2), 127-130.
8. Vovk, O., & Kuznetsova, I. (2019). Technology of Educational Electronic Publications' Quality Evaluation. Open Journal for Information Technology, 2(1), 9-20.
9. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Чеботарьова, М.Р. (2025). Особливості розробки мультимедійного комплексу силабусів для спеціальності G20. Т. 1. (с. 167-168).

ВИКОРИСТАННЯ СКРИПТІВ У PHOTOSHOP В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ПЗКВС»

Бізюк А.В.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** В дослідженні розглянуті способи використання програмних засобів автоматизації роботи у Photoshop, а саме – скриптів мовою JavaScript та, відповідно, впровадження описаних засобів в процесі лабораторних занять з навчальної дисципліни «Програмні засоби комп'ютерних видавничих систем» кафедри МСТ ХНУРЕ.*

***Ключові слова:** СКРИПТ, PHOTOSOP, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС.*

Вступ

У сучасному світі цифрових технологій графічний редактор Adobe Photoshop є невід'ємною частиною навчальних програм у сферах дизайну, медіа, реклами та цифрового мистецтва. Цей потужний інструмент широко застосовується не лише у професійному середовищі, а й у закладах освіти для формування в учнів та студентів практичних навичок роботи з графічними зображеннями. Одним з важливих напрямів ефективного використання Photoshop у навчальному процесі є автоматизація рутинних дій за допомогою скриптів. Цей підхід дозволяє оптимізувати робочі процеси, заощадити час, а також навчити студентів думати алгоритмічно – що є ключовим елементом сучасної цифрової грамотності.

Мета та задачі дослідження

Впровадження скриптів у навчальні курси відкриває нові можливості для міждисциплінарного підходу, де поєднуються знання з інформатики, програмування та дизайну. Викладачі можуть не лише навчати базовим функціям Photoshop, а й показувати, як за допомогою скриптів можна налаштувати програму під власні потреби, створювати власні інструменти й навіть розробляти повноцінні автоматизовані робочі процеси.

Мета дослідження – розкрити можливості використання скриптів Photoshop в межах навчального процесу, а також надати практичні приклади того, як їх можна інтегрувати у заняття для підвищення ефективності навчання та зацікавленості студентів.

Суттєвим аспектом поточного дослідження є поліпшення методики викладання навчальної дисципліни «Програмні засоби комп'ютерних видавничих систем» (ПЗКВС) кафедри МСТ ХНУРЕ, в межах відведеного часу відповідно до нагальних потреб видавництва та поліграфічних виробництв регіону. Оптимальним

з точки зору поєднання теоретичного та практичного навчання буде опрацювання типових ситуацій, які зустрічаються у повсякденній практиці видавництва стосовно автоматизації роботи на прикладі Photoshop.

В рамках дослідження планується розглянути типові завдання, в яких виникає потреба автоматизації роботи та можливий шлях виконання таких завдань через створення скриптів мовою JavaScript.

Основна частина

У галузі «Видавництво та поліграфія» існують публікації, які розглядають використання скриптів у Adobe Photoshop для автоматизації процесів додрукарської підготовки. Одна з таких статей – «Апаратні та програмні засоби виготовлення електронних оригінал-макетів журнальної продукції» авторства І.М. Стельмаха, О.В. Зоренко та Т.Г. Осипової [5]. У цій роботі досліджуються макрокоманди та скрипти як засоби автоматизації процесу додрукарської підготовки видань, а також надаються рекомендації щодо вдосконалення технології верстання журнальної продукції.

Крім того, навчальний посібник «Технології видавництва та поліграфії. Курсова робота» під редакцією С.М. Зигулі, О.В. Зоренко, Н.Л. Талімонової та К.О. Чепурної містить рекомендації щодо виконання курсових робіт з дисципліни «Технології видавництва та поліграфії» [6]. Посібник охоплює питання конструювання видань, розробки технологічних процесів додрукарської підготовки, друкарських та післядрукарських процесів, що є важливими аспектами для студентів спеціальності «Видавництво та поліграфія».

Також корисною може бути стаття «Вчимося писати скрипти для Photoshop» від студії Віталія Комлева [4], яка пояснює, як автоматизувати робочі процеси у Photoshop за допомогою написання скриптів, що може бути корисним для дизайнерів та спеціалістів у галузі поліграфії.

З матеріалів студентів та викладачів кафедри МСТ ХНУРЕ можна згадати статтю авторів Н.С. Дідик, А.В. Бізюк «Використання Java Script в програмі Adobe Photoshop» [3]. У цій статті обговорюється питання автоматизації рутинних операцій при обробці великої кількості фотографій. Автори розглядають інструменти автоматизації, такі як екшени (actions), скрипти (scripts) та дроплети (droplets), які доступні в Adobe Photoshop.

Офіційна документація Adobe також надає детальну інформацію про можливості використання скриптів у Photoshop, що може бути корисним для фахівців видавничо-поліграфічної галузі.

Ці матеріали можуть бути корисними для розуміння та впровадження скриптів у процеси додрукарської підготовки та верстання у сфері видавництва та поліграфії.

1 Що таке скрипти в Photoshop

Скрипти Photoshop – це невеликі спеціальні програми, які дозволяють автоматизувати повторювані або складні завдання. Вони виконуються в середовищі Photoshop і взаємодіють із різними його компонентами: документами, шарами, виділеннями, фільтрами тощо. Скрипти значно розширюють можливості користувача, дозволяючи створювати гнучкі й налаштовані інструменти.

На відміну від «Дій» (Actions), які фіксують послідовність команд у графічному інтерфейсі, скрипти пишуться мовами програмування і можуть включати:

- умови (if, else);
- цикли (for, while);
- логіку перевірки об'єктів;
- взаємодію з файловою системою;
- створення графічних елементів з нуля.

Photoshop підтримує три основні мови для створення скриптів.

JavaScript (ExtendScript) для Photoshop – це потужний інструмент для автоматизації та розширення можливостей цього графічного редактора. ExtendScript є спеціальною версією JavaScript, адаптованою для роботи з продуктами Adobe. Вона дозволяє розробляти скрипти, які автоматизують рутинні процеси в Photoshop, такі як масове оброблення зображень, зміну розмірів, конвертацію форматів, налаштування стилів шарів та інше. Всі ці операції можна виконати через пряме керування об'єктами Photoshop, такими як документи, шари та маски, використовуючи стандартний синтаксис JavaScript.

Ключовою особливістю ExtendScript є його можливість працювати з об'єктною моделлю Photoshop (DOM), що дає доступ до всіх аспектів програми – від основних функцій, таких як відкриття та збереження файлів, до складних операцій, наприклад, зміна властивостей шарів або застосування фільтрів. Вбудоване середовище ExtendScript Toolkit дозволяє не тільки писати та тестувати скрипти, але й забезпечує інтерактивну налагоджувальну панель для виведення логів та відстеження помилок. Завдяки цьому розробка скриптів стає значно простішою, а сам процес автоматизації – більш доступним навіть для новачків у програмуванні.

VBScript для Photoshop – це один із методів автоматизації завдань в Adobe Photoshop, хоча цей підхід використовується значно рідше, ніж JavaScript (ExtendScript). VBScript є мовою сценаріїв, яка традиційно використовується для автоматизації процесів у середовищі Windows, і може бути застосована для взаємодії з Photoshop через COM-об'єкти. Скрипти на VBScript дозволяють користувачам автоматизувати такі операції, як обробка зображень, зміна їх властивостей, додавання текстів чи графічних елементів, а також масова обробка документів. VBScript надає змогу автоматизувати такі завдання, як відкриття, редагування та збереження файлів, але на відміну від ExtendScript, ця мова обмежена лише середовищем Windows.

Основною перевагою VBScript є його простота для користувачів, знайомих з Windows-операційними системами та бажаючих використовувати сценарії для автоматизації простих задач у Photoshop без потреби занурюватися в складніші мови програмування. Однак VBScript має значні обмеження у порівнянні з JavaScript, зокрема, відсутність доступу до більш потужних та гнучких можливостей об'єктної моделі Photoshop. Також важливим обмеженням є те, що VBScript працює лише в Windows-середовищі, що значно знижує його універсальність у порівнянні з JavaScript, який є кросплатформним.

AppleScript для Photoshop – це мова сценаріїв, яка використовується на платформах macOS для автоматизації завдань в Adobe Photoshop. AppleScript інтегрується з Photoshop через Apple Event – механізм, що дозволяє зовнішнім додаткам взаємодіяти один з одним. Скрипти на AppleScript дозволяють автоматизувати численні процеси в Photoshop, такі як обробка зображень, налаштування параметрів зображень, створення шаблонів, а також виконання складних обчислень та експорту файлів у різних форматах. Ця мова є відмінним інструментом для користувачів macOS, які хочуть автоматизувати специфічні завдання, не вдаючись до програмування на більш складних мовах.

AppleScript має високу зручність для користувачів Mac завдяки інтеграції з операційною системою, дозволяючи створювати сценарії для запуску додатків, а також взаємодіяти з іншими програмами в екосистемі Apple. Однак вона має певні обмеження, оскільки її використання обмежене тільки операційною системою macOS і не є кросплатформним. Крім того, хоча AppleScript має доступ до основних функцій Photoshop, він не так гнучкий та потужний, як JavaScript (ExtendScript), який забезпечує більш широкі можливості для програмування та автоматизації складних задач. Проте для користувачів macOS AppleScript є простим і ефективним інструментом для автоматизації повторюваних завдань у Photoshop.

JavaScript/ExtendScript має найбільшу гнучкість і підтримку, тому є основним вибором у навчальному процесі. Вибір JavaScript/ExtendScript для студентів-дизайнерів має кілька вагомих переваг, особливо в контексті їхнього навчання на програмуванні мовою C++ на другому курсі. Хоча C++ є потужною мовою, яка формує фундаментальні знання в програмуванні, для студентів-дизайнерів вона може бути занадто складною та абстрактною. Зазвичай, для творчих спеціальностей важче орієнтуватися в мовах, які вимагають глибокого розуміння концепцій, таких як управління пам'яттю, вказівники та складні структури даних. Замість цього, JavaScript/ExtendScript дає змогу студентам зосередитись на практичних завданнях, що безпосередньо пов'язані з їхньою професією, без необхідності занурюватись у складні технічні аспекти.

JavaScript/ExtendScript має набагато простішу синтаксичну структуру, порівняно з C++, що робить його доступнішим для студентів, які ще не мають великого досвіду в програмуванні. Ця мова дозволяє студентам швидко розпочати автоматизацію завдань в Photoshop, таких як зміна розмірів зображень, створення графічних елементів або обробка масових даних. Таким

чином, студенти можуть отримати безпосередні результати своєї праці, що стимулює їхню мотивацію до навчання програмуванню. Використання JavaScript дозволяє зв'язати творчу складову дизайну з технічною, що робить навчання більш інтегрованим і корисним.

Крім того, JavaScript є універсальним інструментом, який можна застосовувати не лише в Photoshop, а й у багатьох інших галузях веб-розробки та програмування. Для студентів-дизайнерів це відкриває додаткові можливості для розвитку їхніх навичок у майбутньому. Якщо вони освоють JavaScript, вони будуть мати перевагу при роботі з іншими програмами Adobe або веб-розробкою, де ця мова є стандартом. ExtendScript дає змогу студентам поступово освоювати основи програмування, використовуючи реальні практичні завдання, що допомагає їм поступово підвищувати рівень своїх знань і розвивати навички, які можуть бути корисними в їхній кар'єрі дизайнерів.

2 Різниця між скриптами, діями та плагінами

Скрипти, дії та плагіни – це три різні способи автоматизації процесів у Photoshop, кожен з яких має свої особливості та застосування. Дії – це набір команд, які записуються в Photoshop і виконуються в певній послідовності. Вони дозволяють автоматизувати рутинні завдання, такі як корекція кольорів, застосування фільтрів або конвертація файлів. Дії зручні для простих процесів, але вони не дозволяють налаштовувати логіку чи умови виконання команд. Вони виконуються без додаткового коду і є найлегшим способом автоматизації для користувачів Photoshop.

Скрипти, на відміну від дій, дають змогу більш детально контролювати процеси в Photoshop за допомогою програмування. Скрипти пишуться на мовах програмування, таких як JavaScript (ExtendScript), і дозволяють створювати складні алгоритми, які можна адаптувати до різних умов. Вони відкривають можливості для гнучкої автоматизації та інтеграції з іншими додатками. Плагіни ж є розширеннями, які можуть змінювати функціональність Photoshop на рівні інтерфейсу або додавати нові інструменти та ефекти. Вони потребують інсталяції та часто створюються за допомогою більш складних мов програмування, таких як C++ або JavaScript. Плагіни можуть бути потужними інструментами для дизайнерів, але їхній процес створення значно складніший, ніж написання скриптів або запис дій.

Отже, скрипти займають середню нішу між простотою дій і складністю плагінів, і тому чудово підходять для навчання основ програмування в контексті дизайну. Скрипти допомагають автоматизувати рутинні завдання, що економить час і зменшує ймовірність людських помилок. Вони корисні для:

- масової обробки зображень (зміна розміру, конвертація форматів, додавання водяних знаків);
- генерації складних ефектів або дизайнів, які важко або неможливо зробити вручну;
- оптимізації роботи дизайнерів, фотографів та ретушерів.

3 Де знайти та як запускати скрипти

Скрипти у форматі .jsx або .js можуть бути запущені в Photoshop через спеціальне меню програми, що дозволяє автоматизувати різноманітні завдання та оптимізувати робочий процес. Підтримка цих форматів в Adobe Photoshop надає користувачам можливість інтегрувати власні автоматизовані рішення без необхідності глибокого втручання в інтерфейс програми. Важливими є як стандартні, так і розширені можливості запуску скриптів, що сприяє гнучкості у роботі з програмою.

У Photoshop є вбудоване меню, яке дозволяє запускати скрипти безпосередньо з інтерфейсу програми. Для цього потрібно зайти в меню Файл > Сценарії > Запустити сценарій (File > Scripts > Run Script). Цей спосіб запуску дозволяє користувачам, навіть без досвіду програмування, швидко і просто виконати заданий сценарій. Вибір відповідного скрипту у форматах .jsx або .js дозволяє Photoshop виконувати автоматизовані завдання, наприклад, обробку зображень, застосування ефектів, створення шарів, зміну розмірів та багато інших операцій:

File → Scripts → Browse... – для запуску зовнішнього скрипта;

File → Scripts → [назва] – якщо скрипт попередньо збережено в папці Presets/Scripts.

Цей процес дозволяє користувачам не лише запускати готові скрипти, а й використовувати власні або сторонні скрипти для автоматизації рутинних задач, що значно економить час і підвищує ефективність роботи в Photoshop.

Інший варіант запуску скриптів у Photoshop – це через використання панелі Дії (Actions). У панелі Дії можна створювати та зберігати дії, що містять послідовність інструментів і команд Photoshop, а також скриптів. Це дає можливість автоматизувати складні робочі процеси за допомогою одного натискання кнопки. Хоча дії переважно використовуються для запису послідовності маніпуляцій у Photoshop, вони також дозволяють запускати скрипти, що значно розширює функціональність стандартних дій.

Для запуску скрипта через Дії відкрийте панель Дії (Window > Actions). Створіть нову дію, натиснувши іконку нового набору дій. У процесі запису дій виберіть Запустити сценарій (Run Script) і додайте скрипт до запису. Тепер при запуску цієї дії, буде виконано не лише стандартні команди Photoshop, але й заданий скрипт. Цей спосіб особливо корисний для професіоналів, які регулярно використовують одну й ту саму комбінацію дій і скриптів для досягнення бажаного результату.

Для більш досвідчених користувачів і розробників Adobe також надає можливість працювати зі спеціалізованою панеллю Сценарії (Script Panel), що дозволяє завантажувати і запускати скрипти безпосередньо з інтерфейсу Photoshop. Цей підхід дає більший контроль над сценаріями, оскільки дозволяє користувачам інтерфейсу програми не тільки запускати, а й редагувати, тестувати та відлагоджувати свої скрипти безпосередньо в середовищі Photoshop.

Одним із основних переваг запуску скриптів є значна економія часу. Якщо скрипт містить серію повторюваних операцій, таких як обробка зображень, зміна розмірів, створення шаблонів або автоматична корекція кольору, запуск цього скрипта може повністю автоматизувати процес, що в іншому випадку зайняв би кілька хвилин або годин ручної роботи. Це дозволяє користувачам зосередитись на більш креативних завданнях і зменшує ймовірність людських помилок.

Ще однією важливою перевагою є використання однакових налаштувань при роботі з багатьма зображеннями. Якщо є необхідність обробити великий обсяг зображень з однаковими параметрами (наприклад, масштабувати всі зображення до певного розміру або змінити їх формат), скрипти значно полегшують цей процес, виконуючи операції на великій кількості файлів за лічені хвилини.

Отже, запуск скриптів у форматах .jsx або .js через меню Photoshop (рис. 1) є потужним інструментом для автоматизації та розширення функціональності програми. Це дає змогу користувачам значно підвищити ефективність роботи та знизити час, необхідний для виконання рутинних завдань. За допомогою стандартних або кастомізованих скриптів можна автоматизувати величезну кількість процесів, що не тільки економить час, але й допомагає уникнути помилок, що можуть виникнути при ручному виконанні однотипних операцій.

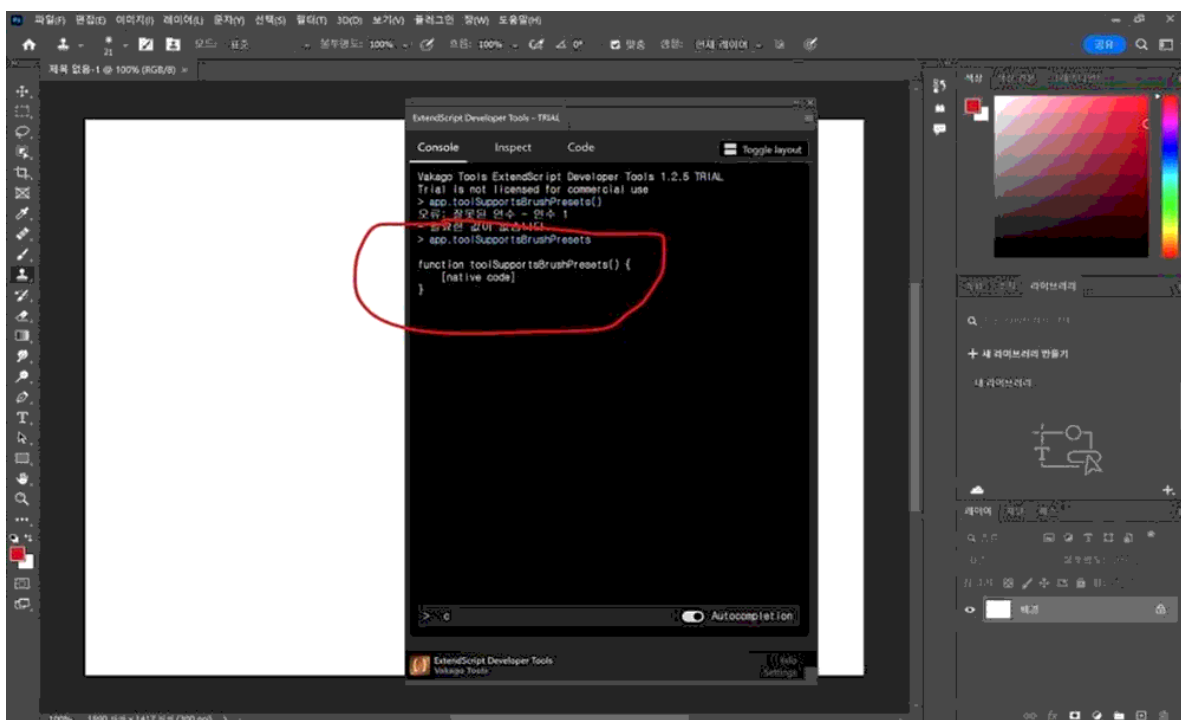


Рисунок 1 – Приклад застосування скрипта в середовищі Photoshop

Існує вбудований Script Editor (ExtendScript Toolkit), де можна писати, тестувати та налагоджувати скрипти (рис. 1). Це вбудоване середовище для написання та налагодження скриптів для програм Adobe, включаючи Photoshop. Воно дозволяє створювати, тестувати і відлагоджувати скрипти на JavaScript (ExtendScript), а також взаємодіяти з програмами Adobe за допомогою об'єктної моделі. Завдяки ExtendScript Toolkit можна писати код, перевіряти його

безпосередньо в середовищі програми, а також виводити налагоджувальні повідомлення, що робить процес розробки значно зручнішим і швидшим.

ExtendScript Toolkit є частиною стандартного пакету Adobe Creative Suite/Cloud, але в останніх версіях Creative Cloud цей інструмент може бути відсутній або замінений на нове середовище (наприклад, Visual Studio Code з додатковими розширеннями для Adobe).

Якщо у користувача встановлено ExtendScript Toolkit, його можна знайти у списку програм Adobe, а саме в папці Adobe Utilities (Windows) або в програмних додатках (Mac). Для запуску достатньо просто вибрати додаток у списку.

Після запуску ExtendScript Toolkit, відкривається інтерактивне середовище, де можна писати код, відлагоджувати його за допомогою панелі налагодження і виконувати безпосередньо на Photoshop або інших програмах Adobe. Для цього в меню «Target» вибирається потрібна програма (наприклад, Photoshop), і код можна тестувати в реальному часі. Цей інструмент також дозволяє виводити налагоджувальні повідомлення через панель "JavaScript Console", що дозволяє перевіряти правильність виконання скрипта та відстежувати помилки.

4 Освітня цінність скриптів

Використання скриптів у Photoshop має не лише технічну, а й важливу освітню цінність. Їхнє впровадження у навчальний процес сприяє розвитку критичного мислення, формує міждисциплінарні навички та допомагає краще зрозуміти принципи цифрової творчості та автоматизації.

Формування алгоритмічного мислення. Скрипти змушують студентів мислити поетапно, структуровано, з урахуванням логіки виконання команд. Це сприяє розумінню алгоритмів і послідовностей дій, здатності вирішувати завдання з використанням умов, циклів, змінних, перенесенню принципів програмування на практичні дизайнерські задачі.

Скрипти є містком між дисциплінами, такими як інформатика (програмування, логіка, структура коду), комп'ютерна графіка (робота з шарами, кольорами, композицією), проєктна діяльність (створення скриптів як частина творчого завдання). Такі завдання сприяють розвитку універсальних компетентностей: аналітичного мислення, здатності до самонавчання, дослідницької діяльності.

Навчання роботі зі скриптами дозволяє скорочувати час на рутинні дії під час виконання практичних завдань, таких, як пакетна обробка зображень, автоматичне перейменування чи розміщення елементів, створення шаблонів і макетів. Це підвищує ефективність роботи студентів і дозволяє зосередитися на творчих аспектах дизайну.

Застосування скриптів сприяє самостійному навчанню. Оскільки багато скриптів доступні у відкритому доступі, студенти можуть самостійно вивчати чужі приклади, адаптувати та модифікувати готові скрипти під свої потреби, створювати власні проєкти, орієнтуючись на потреби реального користувача. Це

стимулює дослідницьку активність та інтерес до програмування навіть у тих, хто навчається у творчих спеціальностях.

У сучасній професійній діяльності дизайнерів часто виникає потреба обробляти великі масиви даних (наприклад, сотні фото), працювати за встановленими шаблонами або брендовими гайдлайнами, інтегрувати Photoshop у більші виробничі процеси. Знання скриптів надає студенту конкурентну перевагу на ринку праці, оскільки він може працювати швидше, ефективніше й креативніше.

5 Практичне використання скриптів у навчальному процесі

Однією з найсильніших сторін використання скриптів у Photoshop є їхня практичність. Навчання через реальні приклади допомагає студентам не лише засвоїти інструменти, а й побачити їхню цінність у реальних робочих ситуаціях. Скрипти можна легко інтегрувати у навчальні проєкти, курсові завдання або лабораторні роботи.

У межах навчального курсу можна почати з простих, але корисних задач:

- автоматичне перейменування шарів. Скрипт, який перейменовує всі шари за заданим шаблоном: Шар_1, Шар_2 і т.д. Таке завдання розвиває навички роботи з циклами та об'єктною моделлю Photoshop;

- масова зміна розміру зображень. Скрипт, що відкриває всі зображення з папки, змінює розмір (наприклад, до 800x800 px) і зберігає в нову папку. Завдання може стати корисним для практик у вебдизайні, маркетингу або верстці;

- конвертація в інший формат (наприклад, PNG у JPG). Завдання для засвоєння базової структури скрипта, роботи з файлами та форматами.

У рамках проєктного або курсового навчання скрипти можуть стати основою для реалізації повноцінних практичних кейсів або мініпроєктів:

- створення шаблонів з динамічними елементами. Наприклад, скрипт, який автоматично вставляє логотип, додає текстову інформацію (ім'я, дату, позицію) та експортує готові зображення – це корисно при створенні бейджів, сертифікатів, афіш тощо;

- генератор колажів чи сіток зображень. Завдання для студентів: створити скрипт, що розміщує обрані фото в задану структуру (наприклад, 3x3) з автоматичним масштабуванням і вирівнюванням;

- аналіз структури документа. Скрипт, який виводить у вікні інформацію про кількість шарів, їх тип, розміри тощо. Таке завдання відзначається більшою складністю, але може бути корисним для розуміння внутрішньої логіки PSD-файлів.

Аналіз готових скриптів є важливою формою навчання для студентів-дизайнерів, особливо коли мова йде про освоєння автоматизації процесів в Photoshop. Вивчення готових скриптів дозволяє студентам з першого погляду зрозуміти, як саме працюють різні функції Photoshop, та отримати знання щодо того, як їх можна автоматизувати за допомогою коду. Аналізуючи структуру скриптів, студенти можуть побачити, як можна змінювати параметри, обробляти зображення, працювати з шарами та застосовувати фільтри. Це також допомагає

зрозуміти, як функціонує об'єктна модель Photoshop і як кожен елемент програми взаємодіє з іншими через скрипт.

Одним із основних переваг такого підходу є покрокове вивчення коду: студенти починають з простих скриптів і поступово переходять до складніших. Спостерігаючи за тим, як невеликі фрагменти коду змінюють роботу програми, студенти здобувають практичні навички і краще розуміють, як реалізувати власні сценарії для автоматизації завдань. Цей підхід дозволяє зняти психологічну перешкоду програмування, роблячи його більш доступним для студентів, що мають творчі спеціальності і не звикли до складних програмістських мов.

Аналіз готових скриптів також сприяє розвитку критичного мислення, адже студенти мають оцінювати код на ефективність, зрозумілість і можливість його вдосконалення. Вони вчаться не лише користуватися готовими рішеннями, а й шукати шляхи їх оптимізації або адаптації під свої потреби. В результаті цього процесу студенти можуть швидше та ефективніше застосовувати отримані знання у реальних проєктах. Такий підхід до навчання створює тісний зв'язок між теорією і практикою, дозволяючи студентам здобути досвід роботи з реальними інструментами, які вони можуть використовувати у своїй професійній діяльності як дизайнери.

Таку задачу можна подати як частину практичного модуля: «Розберіть роботу скрипта й адаптуйте його під індивідуальне завдання». Комбінування власного скрипта з готовими заскриптованими діями є потужним методом для підвищення ефективності обробки зображень у Photoshop. Використовуючи вже створені заскриптовані дії, такі як "copy", "rotate", або "scale", студенти можуть створити свої власні сценарії для автоматизації складних завдань. Наприклад, можна створити скрипт, який спочатку копіює зображення за допомогою команди `app.activeDocument.copy()`, потім повертає його на певний кут з використанням `app.activeDocument.rotateCanvas(90)` і після цього масштабує зображення до потрібного розміру за допомогою `app.activeDocument.resizeImage(800, 600)`. Комбінуючи ці прості дії, студент може розробити більш складний процес обробки зображень, що виконуватиметься одним натисканням кнопки.

Таким чином, власний скрипт дозволяє не лише автоматизувати окремі дії, але й поєднувати їх у більш складний робочий процес, який можна адаптувати до різних потреб. Наприклад, для проєкту, що вимагає одночасної обробки кількох зображень, можна створити скрипт, який застосовуватиме ці дії до кожного зображення в пакетному режимі. Студенти можуть використовувати цей підхід для створення набору автоматизованих дій для серійного оброблення зображень, що значно зекономить час і зменшить кількість помилок. Крім того, можливість комбінувати свої власні скрипти з існуючими діями дозволяє студентам гнучко налаштовувати процеси під конкретні завдання та створювати більш професійні рішення в Photoshop.

Студенти можуть працювати в командах над створенням власного скрипта, а потім презентувати його класу для обговорення, пояснити логіку роботи,

продемонструвати результат у реальному часі. Це стимулює розвиток soft skills – комунікації, командної роботи та вміння пояснювати технічний матеріал доступно.

6 Розробка власного скрипта як навчальне завдання

Створення власного скрипта у Photoshop – це не лише практичне програмування, а й цілісний навчальний процес, який включає аналіз задачі, логічне планування, кодування, тестування та демонстрацію результату. Це завдання можна інтегрувати у формат курсової, лабораторної роботи або командного мініпроєкту.

На початковому етапі студентам пропонується реальна або змодельована проблема, яку можна вирішити за допомогою скрипта.

Приклади типових задач:

- згенерувати серію сертифікатів із різними іменами;
- створити колаж із вибраних зображень у заданій сітці;
- автоматично розмістити логотип та водяний знак на фотографіях;
- масово зменшити розмір зображень та експортувати в інший формат.

Важливо, щоб завдання мало чітку ціль і передбачало автоматизацію дій, які вручну виконуються довго або неефективно.

Планування та алгоритм дій. Перед написанням коду студент має визначити послідовність дій, які виконує скрипт (алгоритм); зрозуміти, які об'єкти Photoshop будуть задіяні (документи, шари, текст, зображення), скласти в довільній формі блок-схему або псевдокод для візуалізації логіки. Цей етап формує аналітичне мислення та закладає основу структурованого програмування.

Робота зі скриптами в Adobe Photoshop за допомогою мови JavaScript (ExtendScript) надає студентам можливість створювати ефективні автоматизовані процеси для виконання повторюваних завдань. Однак, замість того, щоб створювати код з нуля, студенти часто мають можливість взяти готовий код та адаптувати його під свої конкретні потреби. Це підхід дозволяє заощадити час і швидко впроваджувати автоматизацію без необхідності глибокого занурення в програмування.

Одним із основних елементів при роботі з кодом є створення функцій. Студенти можуть використовувати вже готові функції для обробки зображень або маніпуляцій з шарами, таких як `resizeImage()`, `rotateCanvas()`, `duplicate()`, і адаптувати їх для своїх завдань. Наприклад, можна взяти код, який повертатиме зображення на певний кут, і змінити його так, щоб він працював для масового оброблення кількох файлів. Це дозволяє створити більш складний робочий процес, використовуючи уже готові частини коду, що робить програмування простішим для студентів, які ще не мають великого досвіду.

Важливими елементами роботи зі скриптами є оголошення змінних, що дозволяє зберігати значення для подальшої обробки, а також використання умов та циклів для вибору певних операцій в залежності від результатів виконаних дій. Студенти можуть адаптувати ці конструкції до своїх задач. Наприклад, для

повертання зображення на певний кут, типова змінна може бути оголошена як `var rotationAngle = 90;`, де значення 90 – це кут, на який потрібно повернути зображення. В подальшому цю змінну можна використати в методі `app.activeDocument.rotateCanvas(rotationAngle);`, щоб повернути зображення на вказаний кут. Також, для масштабування зображення, може бути використана змінна, наприклад, `var newWidth = 800;` та `var newHeight = 600;`, що задають нові розміри зображення в пікселях. Згодом ці змінні можна передати в метод `app.activeDocument.resizeImage(newWidth, newHeight);`, щоб змінити розміри поточного документа. Використовуючи змінні для таких операцій, студенти мають можливість налаштовувати параметри обробки зображень і легко змінювати їх у майбутньому для різних проектів чи умов.

Такий підхід дозволяє студентам поступово розвивати свої навички в програмуванні, одночасно отримуючи практичні результати, що можна використовувати у їхній професійній діяльності. Цей етап можна поєднувати з індивідуальними консультаціями або роботою в парах.

7 Тестування та усунення помилок

Навчання програмуванню для студентів-дизайнерів включає не лише написання кодів скриптів, але й освоєння базових принципів налагодження (дебагінгу). Це важливий аспект, оскільки навіть досвідчені програмісти часто стикаються з помилками, які потребують ретельного аналізу і виправлення. Один із перших кроків у процесі налагодження – це перевірка логіки виконання коду. Під час виконання скриптів студенти мають вміти визначити, чи працюють усі функції вірно, чи відбувається те, що очікується, чи виконуються всі команди в правильному порядку. Це важливо для того, щоб зрозуміти, чому певні частини коду не дають бажаного результату або не виконуються зовсім.

Одним із найбільш ефективних інструментів для налагодження скриптів є виведення інформації за допомогою команд для дебагу, таких як `alert()` чи `$.writeln()`. Студенти можуть використовувати ці функції для відстеження значень змінних, перевірки того, які частини коду виконуються, і виявлення точок, де виникають проблеми. Наприклад, використання `alert()` дозволяє вивести вікно з повідомленням, що містить значення певної змінної чи результат виконання функції, що є корисним для перевірки роботи коду під час розробки. Команда `$.writeln()` є більш зручним варіантом для виведення даних у консолі, що дозволяє побачити всі повідомлення в текстовому вигляді і здійснювати відслідковування процесу виконання коду без переривання роботи програми.

Під час навчання студенти також ознайомлюються з методами виправлення синтаксичних та логічних помилок. Виявлення помилок у коді може бути складним завданням, особливо для тих, хто тільки починає працювати з програмуванням. Студенти навчаються розрізняти синтаксичні помилки, які виникають через неправильне використання мови програмування (наприклад, забуті крапки з комами чи неправильний порядок аргументів), та логічні помилки, коли код працює, але дає неправильний результат через помилкову

структуру чи неправильну обробку даних. Вміння знайти і виправити такі помилки є ключовим для успішної розробки робочих скриптів.

8 Демонстрація результату

Після завершення роботи зі створенням і налаштуванням скрипта в Photoshop, важливим етапом є демонстрація результату та пояснення його роботи. Цей процес не лише підсумовує виконану роботу, а й дозволяє студентам зрозуміти, як їхній код взаємодіє з програмою, а також допомагає користувачам швидко освоїти інструмент, розроблений студентами. Пояснення і демонстрація дозволяють з'ясувати, як конкретний скрипт вирішує поставлене завдання, та дають можливість передати інші важливі відомості користувачам, які будуть працювати зі скриптом.

Перше, що має зробити студент після завершення розробки скрипта – це продемонструвати, як він працює. Студент запускає скрипт у реальному середовищі Photoshop і показує, як саме відбуваються зміни в документі після виконання коду. Наприклад, якщо скрипт створює новий шар або змінює розмір зображення, студент має показати, що ці операції виконуються автоматично без необхідності ручного втручання з боку користувача. Також важливо продемонструвати, які саме параметри були використані в коді – наприклад, розмір зображення, рівень яскравості чи застосовані фільтри.

Демонстрація включає покрокову ілюстрацію того, як скрипт може бути корисним у реальному робочому процесі. Для цього студент може відкрити кілька різних зображень, щоб показати, як один і той самий скрипт працює з різними типами файлів або даних. Також важливо звернути увагу на те, що скрипт може бути адаптований до інших завдань, якщо це передбачено.

Другим етапом є пояснення дій, які виконує скрипт. Студент повинен наочно продемонструвати, як кожен етап коду відповідає за конкретну операцію в Photoshop. Це включає в себе опис, які об'єкти програми змінюються за допомогою скрипта: чи це шари, чи зображення, чи параметри зображення, такі як розмір або кольорні налаштування.

Пояснюючи код, студент може навести конкретні приклади і обговорити кожен змінну або функцію, що використовуються в скрипті. Наприклад, якщо скрипт змінює розмір зображення, студент повинен пояснити, як працює функція `resizeImage()` і які параметри передаються їй (ширина, висота). Якщо скрипт працює з шарами, важливо пояснити, як використовується об'єкт `app.activeDocument.layers` для доступу до шарів документа.

Крім технічного розуміння того, як працює скрипт, студент повинен вміти чітко і зрозуміло пояснити, які саме завдання виконує його код у середовищі Photoshop. Демонстрація результату, пояснення кожного етапу виконання коду, а також надання інструкції користувача – це важливі елементи навчання, які допомагають не тільки розробляти ефективні скрипти, але й передавати їх іншим користувачам, що зробить їх використання ще більш зручним та доступним.

Оцінювання роботи студентів в межах лабораторної роботи щодо розробки скриптів для Photoshop є важливим етапом навчання, оскільки дозволяє не лише перевірити технічні навички, але й оцінити здатність студента до творчого вирішення задач. Оцінювання зазвичай базується на кількох критеріях, кожен з яких важливий для успішного освоєння програмування та розробки ефективних рішень для автоматизації процесів у Photoshop. Основними критеріями є відповідність скрипта поставленій задачі, коректність та ефективність роботи скрипта, рівень самостійності та креативності, а також оформлення звітнього опису.

Першим і найважливішим критерієм є відповідність скрипта поставленій задачі. Студент має чітко зрозуміти, яке завдання він повинен вирішити, і правильно реалізувати його за допомогою скрипта. Для цього важливо, щоб скрипт не лише виконував основну задачу, а й враховував усі нюанси, які були зазначені в інструкціях чи вимогах. Наприклад, якщо задача полягала в автоматизації зміни розміру зображень, то скрипт повинен виконати цю операцію швидко та ефективно, працюючи з кількома файлами або в певному форматі.

Цей критерій перевіряється через порівняння постановки завдання у звіті та реального функціонування скрипта. Оцінюючи цей критерій, варто звернути увагу на те, чи реалізовано всі функціональні можливості, які були передбачені для скрипта. Якщо студент створив скрипт, що відповідає вимогам, і успішно вирішує поставлену задачу, то оцінка за цим критерієм буде високою. Наприклад, скрипт, який дозволяє швидко змінювати розмір зображення без втрати якості, є правильним рішенням, якщо це була основна мета завдання.

Другим важливим критерієм є коректність та ефективність роботи скрипта. Скрипт має працювати без помилок, не викликати збій програми і не генерувати непотрібних помилок під час виконання. Коректність коду забезпечує, що всі функції та методи працюють належним чином, а не призводять до аварійних ситуацій або непередбачуваних результатів. Оцінка за цим критерієм залежить від того, чи наявні в коді ділянки дублювання операцій або невикористані операції.

Крім технічних аспектів, важливо оцінити рівень самостійності та креативності студента. Важливо, щоб студент проявив ініціативу та здатність розв'язувати складні завдання самостійно, а не просто слідував за запропонованим шаблоном або копіював готові рішення з Інтернету. Оцінка цього критерію залежить від того, наскільки студенти можуть ставити власні задачі, а надалі адаптувати та модифікувати готові скрипти для вирішення конкретних проблем. Це включає як використання стандартних функцій Photoshop, так і можливість написати оригінальний код для вирішення більш складних завдань. В наведеному на рис. 2 прикладі студентка виконала копіювання початкового декоративного елемента з восьмиразовим обертанням та масштабуванням. Обертання виконане навколо центральної точки.

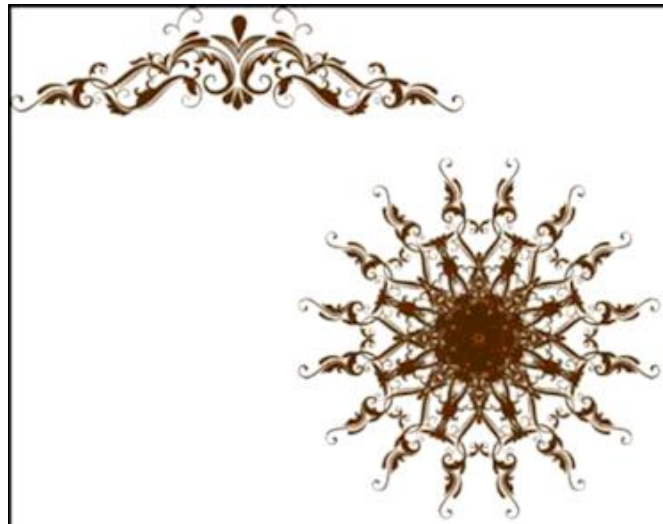


Рисунок 2 – Приклад 1 студентської роботи

Аналогічне завдання виконане в другому прикладі, але в цьому випадку обертання налаштоване навколо кутової точки, закладено 4 ітерації, по 45° (рис. 3).



Рисунок 3 – Приклад 2 студентської роботи

Креативність також оцінюється за тим, як студент додає власні інноваційні елементи до свого проєкту. Наприклад, студент може створити скрипт, який не лише автоматизує рутинні операції, але й пропонує нові, нестандартні рішення або покращення для автоматизації складних задач у Photoshop. Це можуть бути, наприклад, елементи інтерфейсу користувача, які дозволять швидко змінювати налаштування скрипта.

Останнім критерієм оцінювання є оформлення звіту з роботи. Це включає в себе постановку завдання, алгоритм роботи скрипта, структуру коду, коментарі, а також презентацію результату. Добре структурований код з чіткими коментарями дозволяє не тільки іншому розробнику, а й самому студенту згодом легко зрозуміти, як працює скрипт. Коментарі мають бути чіткими та зрозумілими, пояснюючи складні частини коду, особливо якщо вони виконують специфічні або нетривіальні операції.

Оформлення звіту може включати також динамічну презентацію. Студент має представити свою роботу у зрозумілій та професійній формі, описавши

основні моменти та особливості розробленого скрипта. Це може бути коротка презентація в PowerPoint, яка пояснює роботу скрипта на анімованих прикладах.

Загальна оцінка роботи студента базується на балансі між технічними характеристиками скрипта, його функціональністю та творчим підходом. Важливим є те, щоб студент зміг не лише вирішити конкретну задачу, а й продемонструвати розуміння процесу розробки скриптів, вміння оптимізувати код і правильно оформляти звіт. Водночас оцінка за самостійність та креативність стимулює студентів до пошуку нових рішень і адаптації існуючих інструментів для виконання нестандартних завдань.

9 Технічні аспекти та інструменти

Для ефективної роботи зі скриптами в Photoshop студентам необхідно ознайомитися з технічними особливостями середовища розробки, файлами скриптів, методами тестування та базовими інструментами для створення коду. Цей розділ допомагає закріпити практичні знання на надійній технічній основі.

Основний формат скриптів для Photoshop – .jsx (JavaScript Extension). Це текстовий файл, який містить програмний код, написаний мовою JavaScript, адаптованою для Adobe-продуктів.

У типовому скрипті можна зустріти:

- змінні – для збереження параметрів;
- функції – для логічної організації коду;
- об'єкти Photoshop – app, documents, layers тощо;
- оператори умов і циклів – для керування логікою.

Ось приклади простих скриптів для Photoshop, написаних мовою JavaScript (ExtendScript), які виконують масштабування або поворот зображення.

Приклад 1. Масштабування зображення.

Цей скрипт змінює розміри поточного документа в Photoshop на задані значення:

```
// Отримуємо активний документ
var doc = app.activeDocument;
// Задаємо нові розміри (в пікселях)
var newWidth = 800; // нова ширина
var newHeight = 600; // нова висота
// Масштабуємо зображення
doc.resizeImage(newWidth, newHeight);
// Збереження файлу (необов'язково, можна додати додатковий код для збереження)
```

У цьому скрипті використовується метод `resizeImage()`, який масштабує зображення до вказаних ширини та висоти. Студенти мають звернути увагу на змінні `newWidth` та `newHeight` та змінити значення відповідно до своїх потреб.

Приклад 2. Поворот зображення.

Цей скрипт повертає зображення на певний кут (в даному випадку, на 90 градусів):

```
// Отримуємо активний документ
var doc = app.activeDocument;
// Задаємо кут повороту
var rotationAngle = 90; // кут у градусах
// Повертаємо зображення
doc.rotateCanvas(rotationAngle);
// Збереження файлу (необов'язково, можна додати додатковий код для збереження)
```

В другому скрипті метод rotateCanvas() дозволяє повернути зображення на заданий кут, в цьому випадку на 90 градусів. Як і в попередньому прикладі, студенти налаштовують змінну rotationAngle під свої потреби. Як ускладнення це може бути частина циклу, що дасть можливість накопичення повторюваних елементів, повернутих відносно один одного.

Ці скрипти можна запускати в Adobe Photoshop для автоматизації процесу масштабування та повороту зображень. Вони можуть бути легко адаптовані для більш складних завдань, наприклад, для пакетної обробки кількох зображень.

Photoshop автоматично виявляє скрипти, що зберігаються в папці (рис. 4):

Adobe Photoshop > Presets > Scripts.

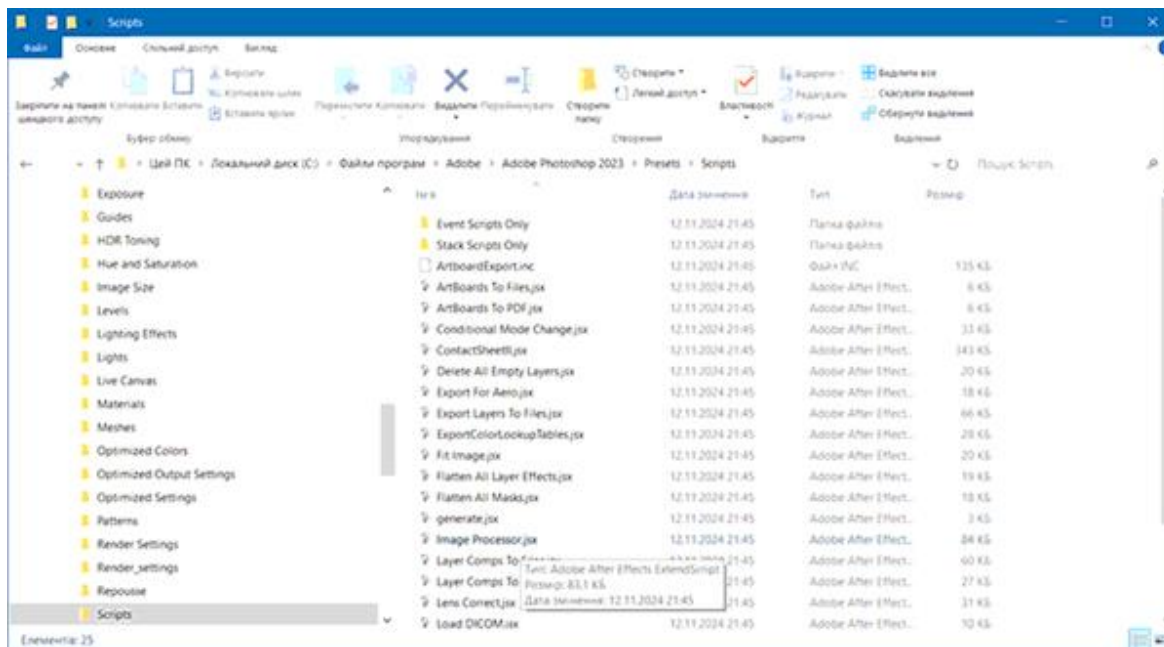


Рисунок 4 – Розташування скриптів в папках Windows

Після збереження файлу .jsx у цій папці, скрипт з'являється в меню: File → Scripts. Також можна запускати скрипти безпосередньо через: File → Scripts → Browse...

функції та ознайомитися з їхнім синтаксисом. Документація забезпечує детальні описи кожного елементу об'єктної моделі, приклади використання та можливі параметри, що знижує ризик помилок. Крім того, це полегшує швидке освоєння нових функцій та методів при роботі з програмами Adobe.

Однією з ключових можливостей офіційного середовища є можливість крокового виконання та виведення логів через методи, такі як `$.writeln()`. Це забезпечує ефективне налагодження та перевірку логіки виконання коду. В середовищі VSCode для ExtendScript можна використовувати консоль для виведення логів під час виконання скриптів, що дозволяє побачити реальний хід виконання коду, значення змінних і інші важливі деталі. Наприклад, студенти можуть додавати в код рядки, як `$.writeln("Розмір зображення: " + app.activeDocument.width);`, що дозволяє вивести в консоль розміри поточного зображення в Photoshop. Це дуже корисно для налагодження, оскільки дає змогу на кожному етапі бачити, чи правильно працюють команди і чи відповідають вони очікуваним результатам.

Крокове виконання також дозволяє покроково проходити через кожен етап команди, зупиняючись на певних етапах виконання для детального аналізу. Це особливо корисно для виявлення логічних помилок, коли програма працює, але дає неправильний результат. Студенти можуть вручну пройти через кожен крок, побачити, де саме виникає проблема, і виправити її, що робить процес навчання більш інтерактивним і зрозумілим.

Отже, офіційне середовище Adobe для роботи зі скриптами надає студентам і розробникам безліч потужних інструментів для ефективного створення, тестування та налагодження скриптів. Підсвічування синтаксису, доступ до документації об'єктної моделі та можливість крокового виконання з виведенням логів дозволяють зменшити кількість помилок, швидше навчатися і ефективно працювати з кодом. Використання сучасного середовища, такого як Adobe VSCode, значно полегшує розробку скриптів і робить їх більш доступними для дизайнерів, які хочуть освоїти програмування для автоматизації процесів у Photoshop та інших програмах Adobe.

Visual Studio Code з розширенням Adobe (рис. 6). У новіших версіях Adobe Photoshop рекомендовано використовувати офіційне середовище Adobe для роботи зі скриптами, що включає використання Visual Studio Code (VS Code) з плагінами Adobe UXP Developer Tools або Adobe ExtendScript Debugger, надає потужний та сучасний інструмент для розробки, налагодження та тестування скриптів для програм Adobe, таких як Photoshop, Illustrator, InDesign тощо. Це середовище значно полегшує роботу з кодом завдяки таким функціям, як підсвічування синтаксису, інтегрована документація об'єктної моделі та можливість крокового виконання скриптів з виведенням логів.

Однією з основних переваг використання VS Code з плагіном Adobe ExtendScript Debugger або Adobe UXP Developer Tools є підсвічування синтаксису.

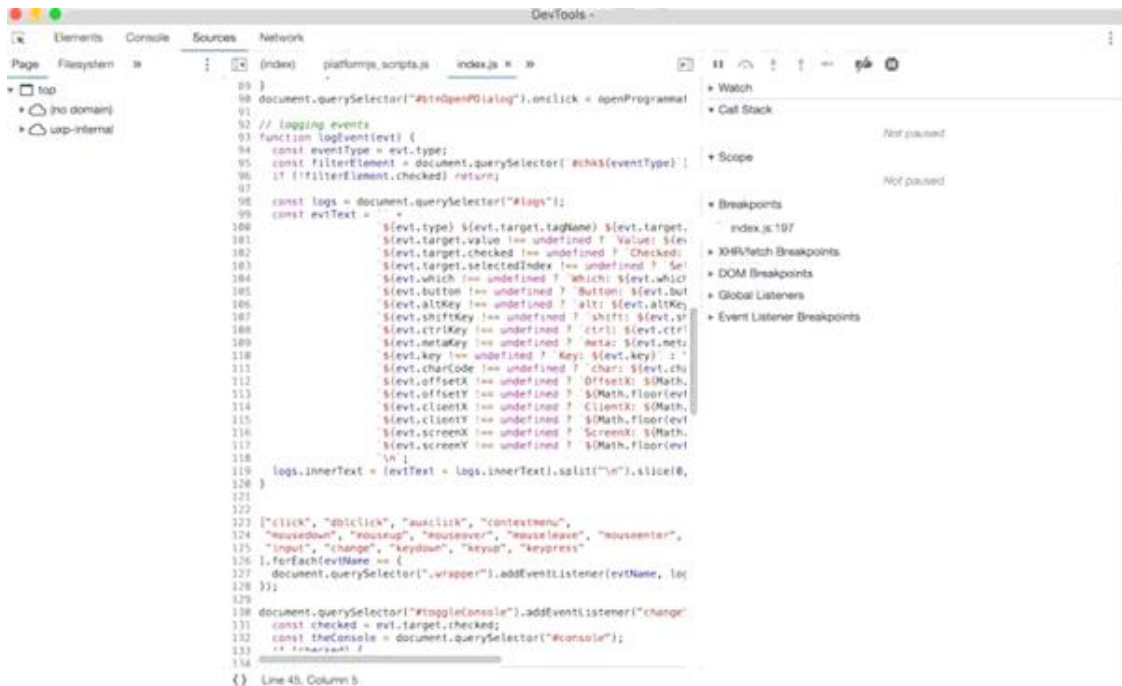


Рисунок 6 – Приклад роботи середовища VS Code

Плагіни для VS Code забезпечують підтримку мови JavaScript (ExtendScript) та JavaScript для UXP, що дозволяє автоматично підсвічувати синтаксичні елементи в коді. Завдяки цьому студенти можуть швидко розпізнати помилки, пов'язані з некоректним використанням змінних, функцій або об'єктів, а також легше орієнтуватися у великому коді. Наприклад, ключові слова та об'єкти Adobe, такі як `app.activeDocument`, `Document`, `Layer` тощо, будуть підсвічені різними кольорами, що дозволяє швидко ідентифікувати їх і уникати синтаксичних помилок.

Ще одним потужним інструментом є доступ до документації об'єктної моделі прямо в середовищі розробки. Плагін Adobe ExtendScript Debugger або Adobe UXP Developer Tools надає можливість інтеграції документації Adobe з Visual Studio Code, що дозволяє студентам і розробникам отримувати доступ до повної інформації про всі доступні об'єкти, методи та властивості. Вони можуть швидко дізнатися, як працює конкретний метод, яке значення параметрів йому передавати, а також подивитися приклади використання цих методів. Завдяки такому доступу студенти не лише автоматично отримують допомогу під час написання коду, а й зменшують ризик помилок завдяки чітким вказівкам документації.

Одна з найбільших переваг при роботі з VS Code – це можливість покрокового виконання коду та виведення логів, що особливо корисно для налагодження (дебагінгу). Плагін Adobe ExtendScript Debugger дає змогу виконувати скрипти по кроках, що дозволяє зупиняти виконання на кожному етапі та ретельно перевіряти, чи все працює так, як треба. Студенти можуть відслідковувати змінні, параметри та значення, що передаються в функції, і на основі цього виправляти помилки. Наприклад, за допомогою методу `$.writeln()` можна вивести в консоль значення змінних або результат виконання функцій на

кожному етапі виконання, що робить процес дебагінгу набагато зручнішим. Завдяки цьому студенти можуть покроково аналізувати код і знаходити помилки в логіці, що особливо важливо, коли мова йде про складніші скрипти з кількома умовами або циклами.

Отже, використання Visual Studio Code з плагінами Adobe ExtendScript Debugger або Adobe UXP Developer Tools є відмінним рішенням для студентів і розробників, які працюють зі скриптами для програм Adobe. Підсвічування синтаксису, доступ до документації об'єктної моделі та можливість крокового виконання з виведенням логів значно полегшують процес програмування і налагодження, роблячи його більш зручним і швидким. Завдяки цим функціям студенти можуть швидко знайти та виправити помилки, краще розуміти структуру коду та більш ефективно працювати з об'єктами Photoshop, Illustrator та інших продуктів Adobe. Використання VS Code з цими плагінами – це сучасний та потужний інструмент для розробки скриптів, що відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації робочих процесів у програмному забезпеченні Adobe.

9.2 Документація та ресурси для навчання.

Надання студентам доступу до офіційних та спільнотних ресурсів є важливою частиною навчального процесу при вивченні програмування для Photoshop та інших програм Adobe. Оскільки студенти, особливо ті, хто не має досвіду в програмуванні, можуть стикатися з труднощами в освоєнні основних концепцій та інструментів, правильно організовані ресурси допомагають їм швидше засвоїти необхідні навички. Відповідні ресурси включають як офіційну документацію Adobe, так і спільнотні платформи, де студенти можуть знайти відповіді на запитання або навіть отримати допомогу від більш досвідчених розробників.

Один з найважливіших ресурсів для студентів, які навчаються програмуванню для Photoshop, це Adobe Photoshop Scripting Guide (PDF) [1]. Це офіційна детальна документація об'єктної моделі, яка містить повний опис всіх об'єктів, методів і властивостей, що доступні в середовищі Photoshop для скриптів. Цей документ дозволяє студентам зрозуміти, як працюють різні компоненти програми, як маніпулювати шарами, зображеннями, стилями тощо, за допомогою коду. Оскільки в програмуванні важливо мати чітке уявлення про те, з якими об'єктами працює код, доступ до такого документа може бути вирішальним для успішного розв'язання задач. Студенти можуть ознайомитися з прикладами використання основних методів і параметрів, що дасть їм змогу швидко освоїти основи скриптування для Photoshop.

Ще одним важливим інструментом для розробки скриптів є Adobe Developer Console [2] (рис. 7). Це офіційний ресурс для розробників, які працюють із UXP (Unified Extensibility Platform), новою платформою для розширень і плагінів в Adobe. Оскільки UXP є наступником ExtendScript, розробка за допомогою цього інструменту дозволяє створювати розширення для

Photoshop, які інтегруються безпосередньо в програму з сучасними можливостями та інтерфейсами. Студенти, які працюють з UXR, можуть використовувати Developer Console для реєстрації своїх розширень, доступу до API та інструментів для тестування та налаштування своїх рішень. Цей ресурс є особливо корисним для тих, хто хоче розробляти більш складні та інтерактивні плагіни, що використовують сучасні можливості Photoshop.

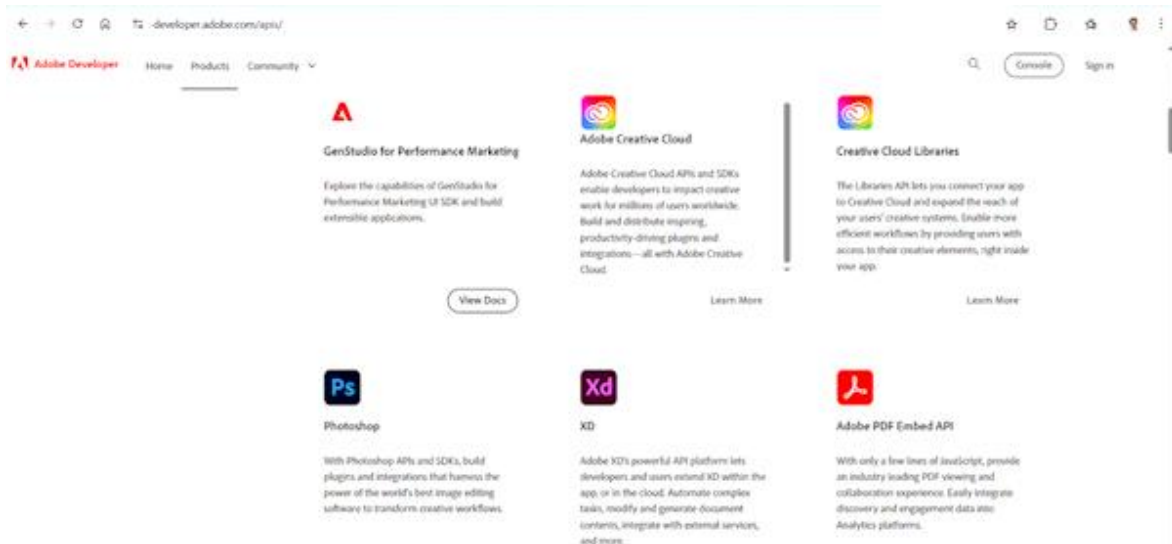


Рисунок 7 – Елементи ресурсу Adobe Developer Console

Спільноти та форуми є важливою частиною навчального процесу, оскільки на них студенти можуть звертатися за допомогою або обговорювати свої ідеї з іншими розробниками. Stack Overflow є однією з найбільших платформ для програмістів, де студенти можуть знайти відповіді на питання, що стосуються конкретних помилок у коді або кращих практик програмування для Photoshop. Оскільки на Stack Overflow вже існують багаточисельні відповіді на різноманітні запитання щодо скриптів для Adobe, студенти можуть швидко знайти рішення на свої проблеми.

GitHub – це не тільки платформа для зберігання та спільної роботи над кодом, але й місце, де студенти можуть знаходити безліч готових проєктів та скриптів для Photoshop. Вони можуть переглядати чужі репозиторії, вивчати код, вносити власні зміни або навіть долучатися до відкритих проєктів (рис. 8). Це дає студентам можливість побачити, як працюють більш досвідчені програмісти, а також отримати зворотний зв'язок щодо своїх власних розробок.

Reddit також є корисною платформою для обговорення тем, пов'язаних зі скриптами для Photoshop, зокрема на спеціалізованих субреддитах, таких як r/Photoshop або r/Adobe. Тут студенти можуть задавати питання, обговорювати нові фічі або отримувати поради від інших користувачів, що працюють в Adobe-середовищі.

Не менш важливим ресурсом для студентів є відеоуроки на YouTube, де можна знайти багато покрокових інструкцій з програмування для Photoshop. Запит за ключовими словами, такими як "Photoshop scripting basics" або "Adobe ExtendScript tutorial", надасть доступ до широкого спектра відео, де показано, як

створювати прості та складні скрипти для автоматизації різних процесів в Photoshop. Відеоуроки часто мають візуальну складову, що дозволяє студентам краще засвоїти матеріал, бачачи, як виконується код і як результат відображається в самому Photoshop. Крім того, на YouTube є багато відео, де обговорюються типові проблеми, з якими можуть зіткнутися новачки, що робить цей ресурс чудовим доповненням до теоретичного матеріалу.

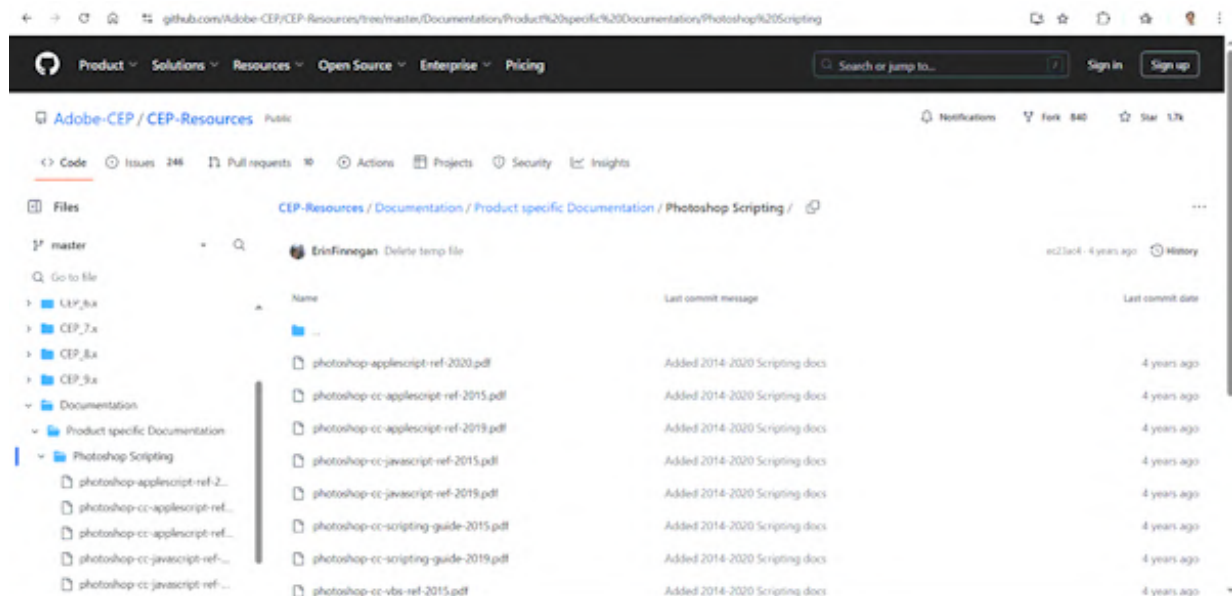


Рисунок 8 – Елементи ресурсу GitHub

Таким чином, надання студентам доступу до офіційних та спільнотних ресурсів є важливим кроком на шляху до успішного освоєння програмування для Photoshop. Adobe Photoshop Scripting Guide та Adobe Developer Console дають чітке розуміння інструментів і об'єктної моделі, а форуми, такі як Stack Overflow, GitHub та Reddit, забезпечують підтримку та можливість навчатися на досвіді інших розробників. Відеоуроки на YouTube пропонують наочні покрокові інструкції, що особливо корисно для тих, хто краще сприймає матеріал візуально. Усі ці ресурси допомагають студентам не тільки навчитися писати скрипти, але й долати труднощі, що виникають на шляху, що робить навчальний процес більш ефективним і доступним.

10 Типові помилки та поради

Порада для студентів: завжди починати зі збереження документа перед запуском скрипта, щоб уникнути втрати даних. Технічна грамотність – ключ до ефективного використання скриптів. Освоєння базових інструментів дозволяє студентам працювати впевнено, самостійно експериментувати та створювати більш складні проекти.

Навчання студентів програмуванню для Photoshop має враховувати не тільки основні принципи написання скриптів, але й типові помилки, які можуть виникнути в процесі розробки. Знання цих помилок і вміння їх виправляти допомагає студентам більш ефективно працювати з кодом, знижуючи кількість

непотрібних перешкод на шляху до розв'язання завдань. Ось кілька основних труднощів, з якими можуть стикатися студенти.

Неправильна структура документа (`activeDocument` відсутній). Однією з найпоширеніших помилок є спроба доступу до активного документа `activeDocument`, коли такий документ відсутній. Це може статися, коли студент намагається виконати скрипт, не відкривши жодного файлу в Photoshop. У такому випадку код, що намагається взаємодіяти з документом, призведе до помилки. Приклад помилки:

```
var doc = app.activeDocument;  
doc.resizeImage(1000, 1000);
```

Помилка: `There is no document open.`

Щоб уникнути цієї помилки, перед виконанням будь-яких операцій з активним документом необхідно перевірити, чи існує відкритий документ:

```
if (app.documents.length > 0) {  
    var doc = app.activeDocument;  
    doc.resizeImage(1000, 1000);  
} else {  
    alert("No document is open!");  
}
```

Цей код додає перевірку, чи є відкриті документи, перш ніж намагатися взаємодіяти з ними.

Помилки при роботі з шарами (невірне посилання на об'єкт). Ще одна поширена помилка виникає при спробі звертатися до шарів. Студенти можуть помилково припустити, що шар завжди існує або що він доступний під певним індексом, що може призвести до помилки при виконанні коду. Особливо це стосується ситуацій, коли шар може бути відсутнім або неправильно названим.

З узагальненого досвіду перебігу виконання лабораторних робіт можна зазначити, що такі помилки виникають, коли студент використовує готовий текст скрипту, але не виправив назви шарів відповідно до своєї ситуації. Деякі з запропонованих студентам завдань містили вставлення елементів зображень в файл, що зазвичай виконується Photoshop з утворенням нового шару. Приклад помилки:

```
var layer = app.activeDocument.layers["LayerName"];  
layer.visible = false;
```

Помилка: `The layer "LayerName" was not found.`

Для уникнення таких помилок слід перевіряти, чи існує шар із заданим ім'ям або індексом, перш ніж виконувати операції з ним:

```
var doc = app.activeDocument;  
var layer = doc.layers.getByIndex("LayerName");  
if (layer) {
```

```

    layer.visible = false;
} else {
    alert("Layer not found!");
}

```

Цей код перевіряє, чи існує шар із заданим ім'ям, перед тим як змінити його видимість.

Відсутність перевірок (if перевірки перед виконанням дії). Іншою типовою помилкою є відсутність перевірок перед виконанням певних дій, що може призвести до непередбачуваних результатів. Наприклад, якщо код спробує виконати операцію на непідготовленому об'єкті, це може спричинити помилку або неправильне виконання скрипту. Приклад помилки:

```

var doc = app.activeDocument;
doc.saveAs(new File("/path/to/file.jpg"));

```

Помилка: Якщо документ не було змінено, або якщо шлях до файлу некоректний, результат може бути непередбачуваним. Така помилка часто трапляється, коли студенти використовують вже готові елементи програмного тексту без адаптації під свої задачі. Щоб уникнути цієї помилки, важливо використовувати перевірки перед виконанням дій:

```

var doc = app.activeDocument;
if (doc.saved) {
    doc.saveAs(new File("/path/to/file.jpg"));
} else {
    alert("Document is not saved!");
}

```

Цей код перевіряє, чи був документ збережений, перед тим як виконати операцію збереження.

Шляхи до файлів у різних ОС (Windows / macOS). Оскільки Photoshop може бути встановлений як на Windows, так і на macOS, важливо правильно враховувати різницю в форматах шляхів до файлів. Водночас Windows використовує зворотні косі риски (\), тоді як macOS використовує прямі косі риски (/). Недотримання цих стандартів може призвести до помилок при збереженні або відкритті файлів. Приклад помилки:

```

var file = new File("C:\\Users\\Documents\\image.jpg");

```

Цей код працюватиме лише на Windows і не буде працювати на macOS.

Щоб уникнути помилки, слід використовувати універсальний формат:

```

var filePath = (File.fs == "Windows" ? "C:\\Users\\Documents\\image.jpg" :
"/Users/Documents/image.jpg");
var file = new File(filePath);

```

Цей код адаптує шлях до файлу відповідно до операційної системи.

Права доступу до системних папок. Останньою поширеною проблемою є права доступу до системних папок. На macOS та Windows користувач може зіткнутися з обмеженнями доступу до певних директорій, наприклад, до папок "Program Files" або "System". Якщо скрипт намагається звертатися до таких директорій без належних прав, це призведе до помилки. Приклад помилки:

```
var file = new File("C:\\Program Files\\image.jpg");  
file.open("r");
```

Помилка: Access denied або Permission error.

Щоб уникнути цієї проблеми, слід перевірити, чи має програма доступ до цієї папки, і обробляти можливі помилки за допомогою блоку try/catch:

```
try {  
    var file = new File("C:\\Program Files\\image.jpg");  
    file.open("r");  
} catch (e) {  
    alert("Access denied to the specified file or directory.");  
}
```

Цей код допомагає обробити ситуацію, коли доступ до файлу або папки заблоковано.

Розуміння і вміння уникати типових помилок є важливою частиною процесу навчання програмуванню для Photoshop. Студенти повинні враховувати можливі труднощі, такі як відсутність активного документа, невірне посилання на об'єкти, відсутність перевірок перед виконанням дій, проблеми з різними шляхами до файлів у різних операційних системах та обмеження прав доступу до системних папок. Знання цих помилок і вміння їх виправляти допоможе студентам створювати надійніші та ефективніші скрипти.

11 Переваги та виклики впровадження

Інтеграція скриптів у викладання Photoshop є перспективною та корисною ініціативою, однак її реалізація вимагає врахування як сильних сторін, так і потенційних труднощів. Впровадження нових підходів до навчання завжди потребує адаптації з боку і викладача, і студентів.

Переваги впровадження скриптів можна звести до наступних – вказані на рис. 9.

Виклики та труднощі, які виникають під час впровадження завдань з використання скриптів, можна узагальнити таким чином (рис. 10).

Рекомендований підхід до подолання викликів. Досвід застосування завдань на вміння працювати з засобами автоматизації в Photosop свідчить, що вводити такі елементи (дії, скрипти) треба поетапно, починаючи з редагування готових рішень. Пояснювати кожен крок можна через аналогії – наприклад, порівнювати структуру скрипта з рецептом.

Розвиток міждисциплінарних навичок	• Студенти одночасно працюють у сфері дизайну й програмування, поєднуючи логічне мислення з креативністю
Автоматизація рутинних процесів	• Завдяки скриптам можна значно скоротити час на повторювані дії — це дозволяє зосередитись на творчих або аналітичних аспектах проекту
Поглиблене розуміння Photoshop	• Робота зі скриптами змушує студентів детально вивчати структуру документів, шари, параметри зображення, взаємозв'язки об'єктів тощо
Підготовка до ринку праці	• Вміння писати скрипти — це додаткова конкурентна перевага у сферах дизайну, продакшену, маркетингу, UI/UX, де автоматизація відіграє велику роль
Індивідуалізація навчання	• Студенти можуть створювати скрипти під власні потреби та інтереси, що сприяє глибшій мотивації та включенню в процес
Можливість проєктної роботи	• Скрипти чудово вписуються у формат курсових і мініпроєктів — це формує досвід реальної практики

Рисунок 9 – Переваги впровадження скриптів в навчальний процес

Недостатній рівень підготовки студентів у програмуванні	• Для багатьох дизайнерів написання коду — нова і стресова сфера. Тому важливо вводити скрипти поступово, з простих прикладів
Необхідність технічної підтримки та адаптації середовища	• Потрібні мінімальні навички роботи з середовищами розробки (ExtendScript, VS Code), що може вимагати додаткових інструкцій чи налаштувань
Застарілість деяких інструментів Adobe	• Частина прикладів у старих навчальних матеріалах ґрунтується на ExtendScript, який у нових версіях замінюється UXP. Це може викликати плутанину
Нестача локалізованих (україномовних) ресурсів	• Більшість документації та гайдів — англійською мовою, що може ускладнити сприйняття для студентів початкового рівня
Низький рівень мотивації без чіткого практичного прикладу	• Якщо студент не бачить практичної користі в скрипті, інтерес до теми швидко знижується. Тому важливо демонструвати реальні приклади
Проблеми з академічною доброчесністю	• Існує спокуса просто скопіювати чужий скрипт, не розібравшись у його логіці. Викладач має створити умови для самостійної розробки з частковим контролем процесу

Рисунок 10 – Виклики та труднощі під час впровадження скриптів в навчальний процес

Бажано використовувати реальні практичні завдання, пов'язані з дизайном афіш, сертифікатів, презентацій тощо. Підтримувати студентів навчальними шаблонами, відеоінструкціями, чек-листами. Застосовувати командну роботу, де студенти вчать один в одного.

Переваги скриптів значно переважають виклики — за умови грамотного педагогічного впровадження та адаптації під рівень студентів.

Висновки та рекомендації

В підсумку можна зробити висновок, що використання скриптів у Photoshop відкриває нові можливості як для викладання, так і для засвоєння матеріалу студентами. Це не лише інструмент автоматизації, а й ефективний засіб розвитку аналітичного, алгоритмічного та креативного мислення.

Скрипти дозволяють оптимізувати рутинні задачі, що особливо актуально в умовах обмеженого навчального часу. Студенти розвивають навички, які поєднують дизайн і програмування, що є важливою перевагою на сучасному ринку праці. Завдяки використанню скриптів у навчальних проєктах формується цілісний підхід до вирішення задач, від ідеї до реалізації.

Як переваги для викладачів слід згадати можливість створювати більш варіативні та інтерактивні завдання. Формування навчального середовища, що стимулює дослідження та самостійність. Легке масштабування завдань: від редагування готових скриптів до написання власних рішень.

Рекомендації щодо впровадження більш детально розкриті пунктом вище. Це порада починати з простого: запропонувати студентам перегляд і адаптацію готових скриптів. Надалі використовувати мікропроєкти, які можна реалізувати за кілька занять. Заохочувати групову роботу, де кожен учасник відповідає за окремий фрагмент коду. Поступово впроваджувати UXР-орієнтований підхід, щоб студенти орієнтувались на нові стандарти Adobe. Включати елементи самоаналізу та презентації результатів – це розвиває soft skills і відповідальність.

Скрипти – це міст між технічною точністю та творчою свободою. І саме освіта може навчити балансувати між цими двома сторонами.

Список літератури.

1. Adobe Developer Website. (n.d.). Adobe Developer Website. <https://developer.adobe.com/>.
2. Adobe-CEP/CEP-Resources. (n.d.). Photoshop Scripting. GitHub. <https://www.adobe.com/content/dam/acom/en/devnet/photoshop/pdfs/photoshop-cc-javascript-ref-2020.pdf>.
3. Дідик, Н.С., & Бізюк, А.В. (2014). Використання Java Script в програмі Adobe Photoshop. Інформаційні системи та технології. (с. 188-189). <http://openarchive.nure.ua/handle/document/6460>.
4. Комлев, В. Вчимося писати скрипти для Photoshop. <https://komliev.studio/p/practice/photoshop-scripting.html>.
5. Стельмах, І.М., Зоренко, О.В., & Осипова, Т.Г. (2011). Апаратні та програмні засоби виготовлення електронних оригінал-макетів журнальної продукції. Технологія і техніка друкарства, 1(31), 14-24. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(31\).2011.53221](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(31).2011.53221).
6. Зигуля, С.М., Зоренко, О.В., Талімонова, Н.Л., & Чепурна, К.О. (2023). Технології видавництва та поліграфії. Курсова робота. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55418>.

АНАЛІЗ ТИПОВИХ СИТУАЦІЙНИХ ЗАДАЧ В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАТИКА»

Бізюк А.В.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** В дослідженні розглянуто впровадження аналітичних задач, сформульованих на основі поліграфічних калькуляторів, у навчальний процес для студентів поліграфічного профілю. Запропоновано використання Microsoft Excel для реалізації обчислень, що дозволяє автоматизувати розрахунки, візуалізувати результати та поглибити розуміння структури вартості друку. Виконання подібних завдань сприяє формуванню ключових цифрових компетентностей, необхідних у сучасному поліграфічному виробництві. Дослідження орієнтовано на провадження навчальної дисципліни «Інформатика» кафедри МСТ ХНУРЕ.*

***Ключові слова:** НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ, ТАБЛИЧНИЙ ПРОЦЕСОР EXCEL, ПОЛІГРАФІЧНИЙ КАЛЬКУЛЯТОР, СОБІВАРТІСТЬ ДРУКУ, АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ.*

Вступ

Напрямок розвитку сучасної освіти вимагає від закладів вищої освіти не лише надання фундаментальних знань, але й формування прикладних компетентностей, тісно пов'язаних із реальними умовами професійної діяльності. Особливо це актуально у випадках, коли освітні програми орієнтовані на потреби конкретної галузі, наприклад, поліграфії або видавничої справи. Саме тому дедалі більшої актуальності набуває питання оновлення методик викладання таких дисциплін, як «Інформатика», з урахуванням специфіки майбутньої професії студентів.

У контексті підготовки фахівців для видавничої та поліграфічної галузі важливим є впровадження у навчальний процес практико-орієнтованих завдань, які дозволяють студентам опанувати не лише базові програмні засоби, але й зрозуміти логіку виробничих процесів. Одним із прикладів таких завдань є використання онлайн-калькуляторів вартості друку, які є типовими інструментами сучасних поліграфічних підприємств. Аналіз параметрів, що впливають на собівартість друкованої продукції, а також моделювання типових розрахунків із використанням табличних процесорів (таких як Excel) дає змогу студентам сформулювати системне уявлення про економічні та технологічні особливості галузі.

У представленій роботі розглянуто сучасний підхід до вдосконалення методики викладання дисципліни «Інформатика» в контексті підготовки студентів поліграфічного профілю. Основну увагу зосереджено на впровадженні практико-орієнтованого навчання шляхом аналізу роботи онлайн-калькуляторів

поліграфічних послуг. Описано принципи роботи таких калькуляторів, які враховують різноманітні параметри: формат продукції, спосіб друку, кількість копій, вид паперу, наявність постдрукарської обробки тощо. Виявлено, що ці інструменти можуть бути корисними у навчальному процесі як джерело для формування реалістичних розрахункових задач.

У рамках дослідження сформульовано низку студентських завдань, що імітують типові ситуації з поліграфічної практики, наприклад, розрахунок вартості друку візиток, буклетів, плакатів із врахуванням змін параметрів. Перехід до виконання цих задач у середовищі Microsoft Excel дозволяє автоматизувати обчислення, аналізувати взаємозв'язки між змінними та ефективно візуалізувати результати.

Окремо визначено перелік необхідних компетентностей з Excel, який включає роботу з формулами, логічними функціями, діаграмами, умовним форматуванням, сортуванням даних тощо. Також наведено приклади конкретних задач, які можна реалізувати в табличному процесорі для поглиблення розуміння студентами структури розрахунків у галузі поліграфії.

Таким чином, робота присвячена удосконаленню методики викладання дисципліни «Інформатика» на кафедрі медіасистем та технологій ХНУРЕ шляхом впровадження тематичних задач, що базуються на практичних прикладах з поліграфії. Метою є не лише підвищення мотивації до навчання через застосування реалістичних кейсів, але й формування у студентів здатності самостійно аналізувати виробничі ситуації та використовувати сучасні цифрові інструменти для прийняття рішень. Застосування Excel у навчанні сприяє як розвитку професійних навичок, так й адаптації студентів до сучасного цифрового середовища поліграфічного виробництва, забезпечуючи практичну підготовку відповідно до вимог галузі.

Мета та задачі дослідження

Суттєвим аспектом поточного дослідження є поліпшення методики викладання навчальної дисципліни «Інформатика» кафедри МСТ ХНУРЕ, в межах відведеного часу відповідно до нагальних потреб видавництва та поліграфічних виробництв регіону. Оптимальним з точки зору поєднання теоретичного та практичного навчання буде опрацювання типових ситуацій, які зустрічаються у повсякденній практиці видавництва стосовно роботи з авторами творів.

В рамках дослідження планується розглянути типові задачі, в яких виникає необхідність проведення типових розрахунків в регулярній таблиці, тобто для яких можна застосувати табличний процесор (Excel, Google таблиці або аналоги) в межах виконання лабораторної роботи студентами першого курсу.

Основна частина

Аналіз роботи онлайн-поліграфічних калькуляторів для застосування в навчальному процесі

Поліграфічний калькулятор – це онлайн-інструмент, призначений для автоматичного розрахунку вартості друкованої продукції залежно від заданих параметрів. Його використовують як клієнти поліграфічних компаній для попередньої оцінки вартості замовлення, так і працівники поліграфії для швидкого створення кошторису. Такий калькулятор допомагає зробити процес оформлення замовлення прозорішим, швидшим та зручнішим.

Основні параметри, які враховуються в поліграфічних калькуляторах, містять: тип друкованої продукції (візитки, листівки, брошури, каталоги тощо), формат, кількість сторінок, тип і щільність паперу, спосіб друку (цифровий або офсетний), кольоровість, кількість копій, а також наявність постдрукарської обробки (ламінування, фальцювання, скріплення тощо). Після введення цих даних користувач одразу отримує орієнтовну вартість.

Поліграфічні калькулятори є важливим компонентом сайтів сучасних друкарень, оскільки дозволяють зекономити час менеджерів і покращити комунікацію з клієнтом. Вони також можуть слугувати основою для навчальних завдань у сфері поліграфії, допомагаючи студентам зрозуміти вплив різних параметрів на собівартість продукції.

Як приклад, можемо навести кілька сайтів з такою послугою.

Друкарня ВОЛЬФ (рис. 1) – одна з провідних поліграфічних компаній України, яка працює на ринку з 1995 року. Компанія спеціалізується на повному циклі поліграфічних послуг, включаючи офсетний, цифровий та широкоформатний друк, а також післядрукарську обробку. Компанія пропонує широкий спектр продукції: від візиток і листівок до глянцевого журналу і сувенірної продукції. Особливістю ВОЛЬФ є використання технології "збірних тиражів", що дозволяє об'єднувати кілька замовлень на одному друкованому аркуші, оптимізуючи витрати та знижуючи вартість для клієнтів.

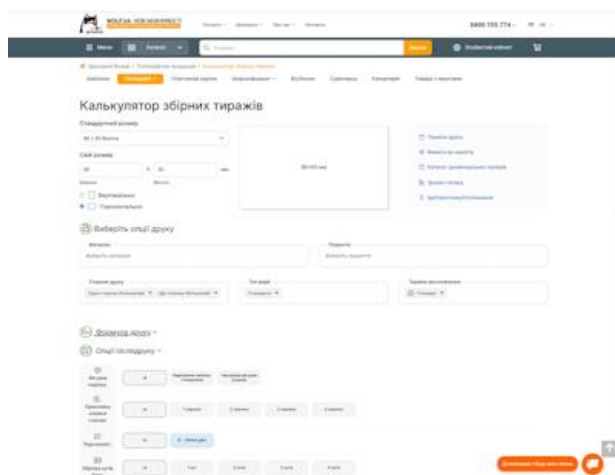


Рисунок 1 – Поліграфічний калькулятор від поліграфічної компанії Вольф

PrintStore Group (рис. 2) – одна з провідних поліграфічних компаній України, спеціалізується на виготовленні високоякісної друкованої продукції, включаючи каталоги, книги, журнали, упаковку та рекламні матеріали. Особливістю підходу до клієнта є пропозиція кількох онлайн-калькуляторів для розрахунку вартості друку різних видів продукції, що полегшує процес замовлення.

The screenshot shows the 'Друк листівок' (Brochure Printing) calculator on the PrintStore Group website. The interface includes a header with contact information and a navigation menu. The main section is titled 'Введіть параметри замовлення' (Enter order parameters). It contains several dropdown menus and input fields for specifying order details: 'Наклад' (Quantity) set to 1000, 'Формат' (Format) set to A5, 'Тип паперу' (Paper type) set to 'пліноцв' (offset), 'Щільність паперу' (Paper density) set to 60, 'Кольоровість' (Color) with options for 'копир' (copy) and 'пліноцв' (offset), 'Обробка' (Processing) with options for 'ні' (no) and 'пліноцв' (offset), 'Операції' (Operations) with options for 'ні' (no) and 'зворотна' (reverse), 'Валюта розрахунку' (Calculation currency) set to 'Гривня' (Ukrainian Hryvnia), 'Терміновість виготовлення' (Production deadline) set to 'Планово' (Planned), and a 'Примітка' (Remarks) field. A red button at the bottom says 'Розрахувати вартість замовлення' (Calculate order cost). To the right, there is a preview area labeled 'Ваше замовлення' (Your order) showing a blank brochure template.

Рисунок 2 – Поліграфічний калькулятор від компанії PrintStore Group

D-Print Online (рис. 3) – сучасна українська онлайн-друкарня, що надає повний спектр поліграфічних послуг.

The screenshot shows the 'Калькулятор офсетного друку' (Offset Printing Calculator) on the D-Print Online website. The interface is more complex than the one in Figure 2, with multiple sections for inputting parameters. It includes fields for 'Кількість' (Quantity), 'Формат' (Format), 'Тип паперу' (Paper type), 'Кольоровість' (Color), 'Обробка' (Processing), 'Операції' (Operations), 'Валюта розрахунку' (Calculation currency), 'Терміновість виготовлення' (Production deadline), and 'Примітка' (Remarks). There are also several buttons for different types of printing services, such as 'Друк на папері' (Print on paper), 'Друк на картоні' (Print on cardboard), 'Друк на тканині' (Print on fabric), 'Друк на металі' (Print on metal), 'Друк на дереві' (Print on wood), 'Друк на склі' (Print on glass), 'Друк на кераміці' (Print on ceramic), 'Друк на полімері' (Print on polymer), 'Друк на металі' (Print on metal), 'Друк на дереві' (Print on wood), 'Друк на склі' (Print on glass), 'Друк на кераміці' (Print on ceramic), and 'Друк на полімері' (Print on polymer). A red button at the bottom says 'Розрахувати вартість замовлення' (Calculate order cost).

Рисунок 3 – Поліграфічний калькулятор від компанії D-Print

Компанія спеціалізується на цифровому, офсетному, сувенірному та широкоформатному друці, пропонуючи клієнтам можливість замовлення продукції через інтернет. Однією з ключових переваг є безкоштовний онлайн-конструктор макетів, який містить понад 3000 шаблонів. Цей інструмент

дозволяє клієнтам самостійно створювати або редагувати дизайн продукції без необхідності використання складних графічних редакторів.

Головним чином в межах дослідження автори були орієнтовані на вітчизняні проекти, проте багато фірм інших країн пропонують аналогічні послуги з розрахунку вартості замовлення. Як приклад, можна навести Fontke Printing Quote Calculator (рис. 4) для розрахунку вартості друку з урахуванням формату, кількості сторінок, типу паперу, покриття, післядрукарської обробки та інших параметрів.

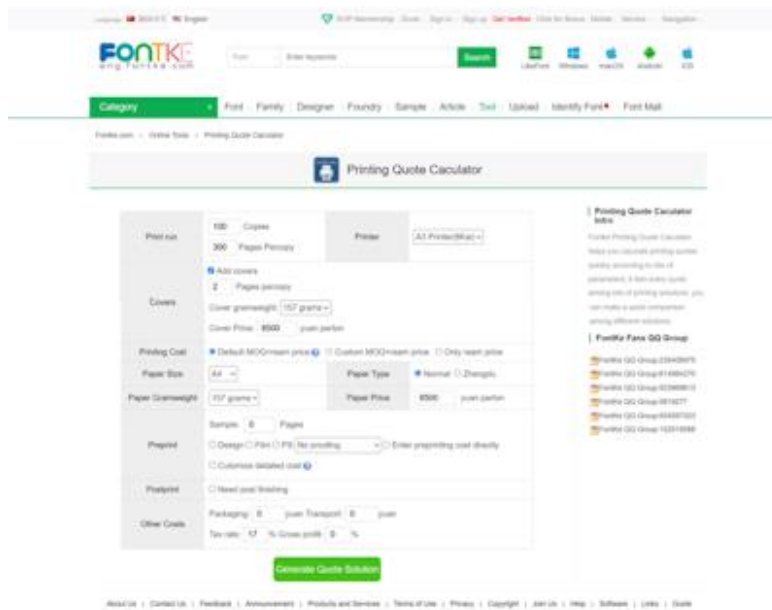


Рисунок 4 – Поліграфічний калькулятор Fontke Printing Quote Calculator

Аналіз поліграфічних калькуляторів на сайтах фірм, що надають поліграфічні послуги, може дати цінну інформацію про типові розрахункові задачі в галузі поліграфії.

Калькулятори зазвичай містять поля для введення таких даних:

- тираж (кількість екземплярів);
- формат продукції (а4, а5, нестандартний);
- тип друку (цифровий, офсетний);
- кількість сторінок / фарб / кольорів;
- тип паперу та його щільність (г/м²);
- наявність постдрукарської обробки (ламінація, брошурування, фальцювання тощо).

Саме ці змінні є ключовими у розрахункових моделях вартості поліграфічних послуг. На підставі введених параметрів калькулятор обчислює вартість. Аналізуючи, як змінюється ціна при зміні параметрів, можна реконструювати типові залежності:

- ціна від обсягу тиражу (з поправкою на оптові знижки);
- залежність ціни від типу друку та формату;
- лінійне або ступеневе зростання вартості з кількістю опцій (ламінування, вирубка, тощо).

Це допомагає побачити, які математичні моделі (лінійні, комбіновані, порогові) застосовуються у реальних задачах галузі.

Врешті решт аналіз поліграфічних калькуляторів в мережі дозволив виокремити типові задачі, з якими працює поліграфіст. Як правило, це розрахунок собівартості друку залежно від тиражу й матеріалів. Порівняння результатів такого розрахунку дозволяє визначитись з оптимальним способом друку (офсет чи цифровий) або оптимальним набором супроводжуючих послуг для досягнення мінімальної ціни. Розрахунок дозволяє здійснити планування ресурсів на післядрукарську обробку.

В межах окремого дослідницького завдання в навчальному процесі студентам перших курсів можна запропонувати аналітичні задачі, сформульовані на основі аналізу роботи поліграфічних калькуляторів. Такі задачі допоможуть студентам зрозуміти типові розрахункові завдання в галузі поліграфії та навчитися використовувати онлайн-інструменти для оцінки вартості поліграфічних послуг.

Нижче наведені кілька типових таких задач.

Завдання 1. Розрахунок вартості друку візиток. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 500 візиток розміром 90x50 мм, односторонній друк, папір щільністю 300 г/м², без додаткової обробки. Мета завдання: Ознайомлення з базовими параметрами розрахунку вартості друку візиток.

Завдання 2. Порівняння вартості цифрового та офсетного друку. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 1000 листівок формату A5 з однаковими параметрами, використовуючи цифровий та офсетний друк. Мета завдання: Аналіз відмінностей у формуванні вартості цифровим та офсетним друком при різних тиражах.

Завдання 3. Аналіз впливу щільності паперу на вартість друку. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 200 буклетів формату A4 з двостороннім друком, змінюючи щільність паперу від 150 г/м² до 250 г/м². Мета завдання: дослідження впливу щільності паперу на загальну вартість друку.

Завдання 4. Розрахунок вартості друку брошур з різною кількістю сторінок. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку брошур формату A5 з кількістю сторінок 20, 40 та 60. Всі інші параметри залишаються незмінними. Мета завдання: дослідження впливу кількості сторінок впливає на вартість друку брошур формним друком.

Завдання 5. Оцінка вартості додаткових послуг ламінування. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість виготовлення 100 плакатів формату A3 з застосуванням ламінування та без нього. Всі інші параметри залишаються незмінними. Мета завдання: дослідження впливу додаткових послуг на загальну вартість замовлення.

Завдання 6. Визначення економічно вигідного тиражу. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку буклетів

формату А4 при тиражах 500, 1000 та 2000 примірників. Визначте, при якому тиражі вартість за одиницю є найнижчою. Мета завдання: Розуміння економії на масштабі в поліграфії.

Завдання 7. Порівняння вартості друку на різних типах паперу. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 300 флаєрів формату А6 на глянцевого та матового папері однакової щільності. Визначте, для якого типу паперу вартість замовлення є найнижчою. Мета завдання: Аналіз впливу типу паперу на вартість друку.

Завдання 8. Оцінка вартості друку з використанням різних кольорових схем. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 150 буклетів формату А5 з однокольоровим, двокольоровим та повнокольоровим друком. Мета завдання: Вивчення впливу кольорової схеми на вартість друку.

Завдання 9. Розрахунок вартості друку з урахуванням фальцювання. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 500 буклетів формату А4 з фальцюванням та без нього. Мета завдання: Оцінка впливу постдрукарської обробки на загальну вартість замовлення.

Завдання 10. Аналіз вартості друку при зміні формату продукції. Використовуючи інтерактивний поліграфічний калькулятор, розрахуйте вартість друку 100 листівок формату А6 та А5. Всі інші параметри залишаються незмінними. Мета завдання: Дослідження впливу формату продукції на вартість друку.

Ці та аналогічні завдання допоможуть студентам в процесі вивчення дисциплін поліграфічного спрямування на практиці ознайомитися з розрахунками у сфері поліграфії. Такі завдання спрямовані на формування розуміння структури розрахунків, логіки залежностей між параметрами та впливу окремих чинників на кінцевий результат (наприклад, визначення вартості друку, розрахунок накладу, площі друку або витрати фарби).

Застосування табличного процесора Excel для розв'язання завдань з області поліграфії

Проте для повноцінного застосування отриманих знань у практичній діяльності студентам необхідно вміти реалізовувати ці розрахунки в цифровому середовищі, що відповідає сучасним виробничим умовам. У зв'язку з цим доцільним є перехід до розв'язання подібних задач із використанням табличного процесора Microsoft Excel, який дозволяє автоматизувати обчислення, забезпечити зручну візуалізацію результатів та варіативність параметрів.

Такий перехід має декілька важливих педагогічних та практичних переваг.

Поглиблення розуміння: перенесення формул та логіки з паперового варіанту до Excel вимагає усвідомлення структури розрахунків, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу.

Навички автоматизації: студенти опановують базові прийоми роботи з формулами, логічними функціями, абсолютними і відносними посиланнями, що є важливими компетентностями для фахівця.

Моделювання варіантів: Excel дозволяє змінювати вхідні параметри та одразу бачити вплив цих змін на результат, що розвиває аналітичне мислення.

Візуалізація даних: можливість побудови діаграм, графіків та таблиць полегшує інтерпретацію результатів та підготовку звітів.

У підсумку, реалізація обчислень у Excel на основі аналітичних задач з поліграфічних калькуляторів є логічним і необхідним етапом підготовки студентів до реальних умов роботи в поліграфічній та суміжних галузях, де цифрові інструменти стали невід'ємною частиною професійної діяльності.

Узагальнення вимог до переліку вмінь у використанні Microsoft Excel

Перелік вмінь в роботі з Microsoft Excel, тобто базових функцій, типових розрахунків, елементів дизайну та оформлення даних формується в межах аналогічних курсів на підставі досвіду викладача про типові дії з програмою. Проте певні джерела інформації дозволяють формалізувати такі вимоги.

Наприклад, програма офіційної сертифікації "Фахівець з Microsoft Office: Excel Associate (Office 2019)" [1] визначає базові навички роботи з Microsoft Excel. Щоб відповідати мінімальним вимогам для цієї сертифікації, користувач повинен уміти:

- працювати з робочими книгами та аркушами; створювати, відкривати, зберігати та друкувати файли Excel; організовувати аркуші, додавати, перейменовувати, переміщувати та видаляти їх;

- використовувати основні формули та функції, застосовувати базові математичні операції; використовувати популярні функції: SUM() – підсумовування чисел у діапазоні, AVERAGE() – обчислення середнього значення, IF() – логічна умова (якщо), COUNT() / COUNTA() – підрахунок заповнених або порожніх комірок; MAX() / MIN() – визначення найбільшого або найменшого значення в діапазоні комірок;

- форматовувати комірки та діапазони, змінювати шрифт, колір, стилі, межі та фон комірок; використовувати форматування чисел (грошові одиниці, відсотки, дати тощо);

- створювати таблиці та керувати ними, форматовувати діапазони як таблиці, сортувати та фільтрувати дані, використовувати автофільтри для пошуку інформації;

- будувати діаграми та графіки, створювати стовпчасті, лінійні, кругові та інші діаграми, налаштовувати підписи, кольори та осі діаграм;

- працювати з даними та організацією інформації, використовувати умовне форматування, застосовувати перевірку даних, вставляти гіперпосилання та примітки.

Цей рівень володіння Excel вимагає розуміння базових можливостей програми та вміння використовувати її в типових офісних завданнях.

Іншим прикладом може бути спеціальна короткострокова програма підвищення кваліфікації "Використання табличного процесора Microsoft Excel в роботі державних службовців, що розміщена на офіційному сайті tax.gov.ua [2].

Ця короткострокова програма підвищення кваліфікації "Використання табличного процесора Microsoft Excel в роботі державних службовців" орієнтована на навчання працівників державного сектору ефективному використанню Excel у професійній діяльності.

Основні вимоги до володіння Excel у цій програмі:

- робота з великими масивами даних, введення, редагування та форматування великих обсягів інформації, використання функцій для швидкого аналізу та узагальнення даних;
- автоматизація розрахунків за допомогою формул і функцій, застосування основних математичних та логічних функцій (SUM, AVERAGE, IF, COUNTIF), робота з посиланнями на комірки та абсолютними й відносними адресами;
- аналіз та обробка даних, Використання зведених таблиць (Pivot Tables) для підсумкового аналізу даних, Фільтрація, сортування та групування інформації, Використання функцій для обробки тексту та чисел;
- підготовка аналітичних звітів та візуалізація даних, побудова графіків, діаграм для представлення статистичних показників, використання умовного форматування для наочного відображення змін у даних.

Ця програма націлена на підвищення продуктивності державних службовців шляхом впровадження ефективних інструментів Excel для обробки, аналізу та представлення даних.

Отже, ключовими можна вважати такі завдання:

- обробка даних за допомогою основних формул та функцій, застосовувати базові математичні операції. У завданні може стояти вимога набрати 10-12 рядків однотипних розрахунків, а також підбиття підсумків через функції SUM, AVERAGE, COUNT або MAX/MIN. Необхідним також є використання абсолютних посилань (розрахунок через однаковий для всіх рядків коефіцієнт або, наприклад, перерахунок грошових даних в іншу валюту). Важливим є проведення умовного розрахунку через функцію IF;
- сортування даних, Формування підсумкових даних – для виконання цих пунктів необхідно включити груповані дані, скоріш за все текстові – наприклад, повторювані назви відділів або типу замовлень;
- побудова ділової графіки, що вимагає наявності кількох стовпчиків з чисельними даними.

Такий підхід є необхідним для розробки заданої кількості рівних за складністю варіантів завдань (від 15 до 25, залежно від обсягу навчальної групи).

Приклади завдань з області поліграфії, які можна розв'язати за допомогою Excel

Нижче наведені приклади типових задач для Excel стосовно розрахунків вартості друку з урахуванням кількості фарби, паперу, накладу та інших параметрів.

Приклад 1. Розрахунок вартості друку тиражу. Завдання: Визначити загальну вартість друку тиражу з урахуванням кількості екземплярів, вартості матеріалів, друку та післядрукарської обробки.

Формула для обчислень:

$$\text{Взам} = K \cdot \text{Ц} + B + D,$$

де Взам, Вартість замовлення – розрахункові дані;
 К, Кількість – число примірників в накладі;
 Ц, Ціна за одиницю – вартість друку одного примірника;
 В, вартість матеріалів – загальна вартість паперу та фарби;
 Д, Додаткові витрати – інші витрати, наприклад, доставка.

Для повної відповідності цього завдання вимогам, що вказані в пункті ..., повний перелік полів може бути, наприклад, таким: *Назва завдання*, *Замовник* (повторюване значення), *Місяць* (повторюване значення), *Наклад* (кількість, К) (500..1000); *Ціна друку* одного примірника, грн (Ц, 20..60 грн); *Вартість матеріалів* (В, 2 000..5 000 грн); *Додаткові витрати* (Д, 300..800 грн); *Вартість замовлення*, грн (розрахункове значення); *Вартість в умовних одиницях* (розрахункове значення через абсолютне посилання); *Знижка* в залежності від обсягу накладу (розрахункове значення через функцію IF) (рис. 5).

№ ор.	Назва замовлення	Замовник (повторюване значення)	Місяць (повторюване значення)	Наклад (кількість, К)	Ціна друку одного примірника, грн	Вартість матеріалів	Додаткові витрати	Вартість замовлення, грн	Вартість в умовних одиницях (абсолютне посилання)	Знижка (IF)
1	Завдання 1	Кливі	січень	800	45,00 €	8 000,00 €	500,00 €	8 900,00 €	178,00	48,51
2	Завдання 2	Кливі	січень	700	60,00 €	8 700,00 €	500,00 €	9 900,00 €	198,00	46,94
3	Завдання 3	Кливі	січень	600	60,00 €	8 400,00 €	500,00 €	9 400,00 €	188,00	44,83
4	Завдання 4	Кливі	березень	500	22,00 €	8 300,00 €	600,00 €	9 400,00 €	188,00	44,83
5	Завдання 5	Кливі	березень	400	52,00 €	8 400,00 €	500,00 €	9 400,00 €	188,00	44,83
				Середня ціна друку	45,00 €					
				Максимальна витрата		8 700,00 €				
				Максимальна вартість			500,00 €	9 400,00 €		
				Всього	45,00 €			9 400,00 €		

Рисунок 5 – Приклад 1. Розрахунок вартості замовлення

Додаткові значення, які необхідно розрахувати: обчислити загальну вартість по кожному замовленню, середній наклад, максимальний розмір витрат, мінімальний розмір вартості замовлення.

Приклад 2. Розрахунок витрат паперу на тираж. Завдання: Визначити кількість аркушів паперу, необхідних для друку всього тиражу.

Формула для обчислень:

$$R_k = \frac{H \cdot C}{C_A},$$

тобто Кількість_екз * Кількість_стор / Кількість_стор_на_аркуші,

де Rк, Розрахункова кількість паперу – розрахункові дані;
 Н, Наклад – загальний обсяг накладу замовлення;
 С, Сторінки - загальна кількість сторінок у виданні;
 С_А, Сторінок на аркуші - залежить від формату друку.

В цьому випадку повний перелік полів може бути, наприклад, таким: *Назва видання*, *Замовник* (повторюване значення), *Місяць* (повторюване значення), *Наклад* (Н, 200..800); *Кількість сторінок* у виданні (С, 60..300), *Кількість*

сторінок на 1 аркуш (C_A , 8 / 16 / 32), Розрахункова кількість аркушів паперу, Розрахункова кількість аркушів паперу з коефіцієнтом браку (розрахункове значення через абсолютне посилання); Знижка (розрахункове значення через функцію IF) (рис. 6).

№ з/п	Назва видання	Формат (повторюване значення)	Місяць (повторюване значення)	Наклад K_H	Кількість сторінок у кожному аркуші C_A	Кількість сторінок на 1 аркуші C_A	Розрахункова кількість аркушів паперу	Розрахункова кількість аркушів паперу з коефіцієнтом браку	Знижка (IF)
1	Журнал Наука	А4	Січень	8000	32	32	25000,00	25000,00	100%
2	Журнал Наука	А4	Січень	700	32	32	2187,50	2187,50	100%
3	Журнал Наука	А4	Січень	500	32	32	1562,50	1562,50	100%
4	Журнал Наука	А4	Січень	500	32	32	1562,50	1562,50	100%
5	Журнал Наука	А4	Січень	500	32	32	1562,50	1562,50	100%

Рисунок 6 – Приклад 2. Розрахунок обсягів паперу

Додаткові значення, які необхідно розрахувати: Необхідні дані для розрахунку: обчислити загальну кількість аркушів паперу, середню кількість сторінок у виданні, максимальний та мінімальний розмір в аркушах паперу. Розрахувати уточнення в кількості аркушів в залежності від обсягу паперу (функція IF).

Приклад 3. Розрахунок собівартості одного примірника. Завдання: визначити, скільки коштує виготовлення одного примірника продукції. В прикладі оцінюється випадок малотиражного друку.

Формула для обчислень:

$$P_c = \frac{B_{pre}}{K_H} + P_1 + \Phi_1 \cdot K_\Phi + \frac{B_{post}}{K_H},$$

- де P_c , Розрахункова собівартість – розрахункові дані;
 B_{pre} – Загальні витрати на додрукарську (prepress) підготовку;
 B_{post} – Загальні витрати на післядрукарську (postpress) підготовку;
 M_1 – Витрати матеріалів (паперу) на 1 примірник;
 Φ_1 – Витрати фарби на 1 примірник;
 K_Φ – Кількість фарб (друкарських форм) на 1 примірник;
 K_H – Загальний обсяг накладу.

В даному прикладі повний перелік полів може бути таким: Назва видання, Замовник (повторюване значення), Місяць (повторюване значення), Наклад (K_H , Кількість примірників 30..200) видання, Витрати паперу на 1 примірник (P_1 , 10..20 грн за аркуш 64x90 см), Витрати фарби на 1 примірник (Φ_1 , орієнтовно 2..5 грн на 100 сторінок), Загальні витрати на підготовку видання до друку (B_{pre} , 10..20 тис. грн на весь наклад), Загальні витрати на післядрукарське опрацювання (B_{post} , 2 000..6 000 грн на весь наклад) (рис. 7).

Додаткові значення, які необхідно розрахувати: собівартість 1 примірника, собівартість 1 примірника в умовних одиницях (абсолютне посилання), середні витрати фарби на замовлення, максимальні та мінімальні витрати паперу, визначення знижки в залежності від собівартості 1 примірника (функція IF).

Окремо можна розглянути розрахунки матеріалів, паперу, фарб.

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу	Всего материалов	Всего материалов за единицу	Всего материалов за единицу	Всего материалов за единицу
1	Листы бумаги	А4	1000	1,50	1500	14 280,00	14 280,00	14 280,00
2	Листы картона	А4	1000	1,50	1500	14 280,00	14 280,00	14 280,00
3	Листы пластика	А4	1000	1,50	1500	14 280,00	14 280,00	14 280,00
4	Листы металла	А4	1000	1,50	1500	14 280,00	14 280,00	14 280,00
5	Листы дерева	А4	1000	1,50	1500	14 280,00	14 280,00	14 280,00
Средняя стоимость 1 единицы						5 828,00		
Максимальная стоимость единицы						14 280,00		
Минимальная цена за единицу						5,50		
Коэффициент на бумагу						1,00		

Рисунок 8 – Приклад 4. Розрахунок вартості витратних матеріалів

Висновок

У ході дослідження було проаналізовано можливості інтеграції реальних прикладних задач поліграфічної галузі до процесу викладання дисципліни «Інформатика» для студентів першого курсу. Показано, що використання онлайн-калькуляторів вартості друкованої продукції як основи для навчальних завдань дозволяє не лише підвищити практичну цінність курсу, але й сприяє формуванню у студентів навичок аналітичного мислення та цифрової грамотності.

На основі типових параметрів поліграфічних калькуляторів було сформульовано низку завдань, орієнтованих на застосування табличного процесора Microsoft Excel. Це забезпечило можливість гнучкого моделювання виробничих ситуацій, розрахунку витрат, аналізу впливу параметрів на вартість друку та прийняття рішень щодо економічно доцільних варіантів виготовлення продукції.

Реалізація таких завдань дозволяє досягти низки важливих педагогічних результатів: поглибити розуміння структури обчислень, сформувати навички автоматизації розрахунків, покращити здатність до візуалізації даних і підвищити загальний рівень цифрової компетентності студентів. Водночас запропонований підхід сприяє орієнтації навчального процесу на потреби регіонального ринку праці та конкретної галузі.

Таким чином, впровадження практико-орієнтованих задач на основі реальних кейсів з поліграфії є ефективним засобом модернізації курсу «Інформатика» й може бути успішно застосоване в освітніх програмах суміжного спрямування.

Список літератури.

1. Microsoft. (n.d.). Фахівець з Microsoft Office: Excel Associate (Office 2019) – Certifications. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. <https://video2.skills-academy.com/uk-ua/credentials/certifications/mos-excel-2019/>.

2. Державна податкова служба України. (n.d.). Спеціальна короткострокова програма підвищення кваліфікації "Використання табличного процесора Microsoft Excel в роботі державних службовців". <https://www.tax.gov.ua/pro-sts-ukraini/robota-z-personalom/rozvitok-personalu/839530.html>.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ГЕНЕРАЦІЇ КОНТЕНТУ: ТЕХНОЛОГІЇ, ВИКЛИКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В ОСВІТІ

Бізюк А.В.

канд. техн. наук, доцент, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Олійник В.М.

аспірант, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** У статті автори досліджують сучасний стан впровадження технологій штучного інтелекту у процеси генерації контенту. Аналізуються ключові напрямки розвитку, технічні виклики та етичні аспекти інтеграції ШІ в цей процес. Розглядається роль моделей машинного навчання, зокрема трансформерних архітектур, у створенні тексту, зображень, аудіо, відео, та презентацій, а також їх здатність підвищувати ефективність і доступність процесу створення контенту для бізнесу, сфери освіти та у творчих індустріях. Автори висвітлюють технічні обмеження систем ШІ, пов'язані з обчислювальними ресурсами, масштабуванням та якістю тренувальних даних, а також значні етичні виклики – від проблем автентичності згенерованого контенту й авторського права, до ризиків дезінформації, упередженості та маніпуляцій у суспільстві. Для забезпечення відповідального застосування ШІ в процесі генерації контенту підкреслюється потреба у створенні комплексних нормативних і етичних правил та стандартів. Прогнозується подальша еволюція галузі в напрямку мультимодальності та гіпер-персоналізації контенту, що відкриває нові перспективи для творчості, але водночас потребує уваги до регулювання та соціального впливу технології. Результати дослідження підкреслюють революційність інтеграції ШІ у генерацію контенту, що трансформує творчі процеси та бізнес-моделі, водночас створюючи нові виклики для сучасного суспільства.*

Ключові слова: ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ГЕНЕРАЦІЯ КОНТЕНТУ, МОДЕЛІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ, ГЕНЕРАТИВНІ ПОПЕРЕДНЬО-НАВЧЕНІ ТРАНСФОРМЕРИ, ОБРОБКА ПРИРОДНОЇ МОВИ, ГЕНЕРАТИВНІ ЗМАГАЛЬНІ МЕРЕЖІ, ЕТИЧНІ ВИКЛИКИ.

Вступ

В останні роки деякі досягнення в галузі штучного інтелекту (ШІ) допомогли технології виконувати більш складні завдання, ніж раніше, наприклад, розуміння вхідних даних і подальше створення контенту. Контент, створений штучним інтелектом (КСІ, від англ. Artificial Intelligence Generated Content – AIGC) – це новий метод створення контенту, який доповнює традиційні підходи до створення контенту, такі як ПСК – «професійно створений контент» (від англ. Professionally Generated Content – PGC) і КСК – «контент, створений користувачами» (від англ. User-Generated Content – UGC) [1, 2].

У сучасному цифровому світі, контент став одним з основних ресурсів у різних галузях, основною метою якого є можливість продавати – продати товар, продати себе як автора, продати аудиторії новий медіаресурс, тощо. Традиційні

методи створення контенту часто є трудомісткими та затратними. З розвитком технологій ШІ виникає можливість частково автоматизувати цей процес, значно підвищуючи ефективність та знижуючи витрати.

Галузь штучного інтелекту трансформувала те, як бізнес, сфера освіти і в цілому будь-які користувачі створюють контент і взаємодіють із інформацією. Основною метою використання технологій штучного інтелекту для генерації контенту є підвищення ефективності та доступності процесу створення контенту. Основний алгоритм роботи будь-яких технологій для генерації контенту за допомогою ШІ – це видалення та розуміння інформації з інструкцій, наданих людиною, та відповідно процес створення контенту.

Серед найпоширеніших застосувань ШІ – генерація тексту, зображень, аудіо, відео, оптимізація контенту, предикативна аналітика та машинний переклад. Впровадження штучного інтелекту в процес генерації контенту відкриває нові горизонти для інновацій, дозволяючи розробляти креативні рішення, які раніше були недосяжними.

Ця стаття досліджує потенціал ШІ у генерації контенту, аналізуючи його економічні переваги та вплив на бізнес-процеси. Значення моделей машинного навчання у створенні контенту полягає в їхній здатності використовувати великі масиви даних і складні алгоритми для створення високоякісного контенту, який резонує цільовій аудиторії. Наприклад, генеративні попередньо навчені трансформатори (GPT) можуть створювати зв'язний текст, що імітує людське письмо, тоді як моделі обробки природної мови (NLP) оптимізують існуючий контент для кращої ефективності в пошукових системах [3]. Це призвело до суттєвого покращення контент-стратегії, залучення аудиторії та рентабельності інвестицій, що робить машинне навчання незамінним інструментом для створення контенту у сучасному світі [4].

Широка доступність такого інструментарію призвели до значного зниження порогу входу до створення якісного контенту для широкої аудиторії. Проте, не зважаючи на свої переваги, впровадження моделей машинного навчання у створення контенту не позбавлене суперечностей. Етичні проблеми, пов'язані з упередженістю результатів роботи штучного інтелекту, потенціалом дезінформації та втратою людського творчого потенціалу, створюють значні перешкоди для відповідального використання цих технологій [5]. Оскільки контент, створений штучним інтелектом, стає дедалі поширенішим, індустрія стикається з пильною увагою до точності та надійності контенту, а також до етичних наслідків роботи автоматизованих систем. Це зумовлює необхідність створення керівних принципів і передових практик для зменшення цих ризиків.

Очікується, що інтеграція машинного навчання у створення контенту розвиватиметься й надалі, тенденції вказують на гіпер-персоналізоване використання контенту [6]. Однак ця своєрідна еволюція галузі створення контенту вимагає постійної уваги, піднімає питання етичних стандартів і нормативно-правової бази для забезпечення відповідального впровадження технологій штучного інтелекту в процес створення контенту.

Поняття штучного інтелекту та його роль у створенні контенту

Як визначає Стандарт ISO/IEC 22989:2022, штучний інтелект це "технічна та наукова галузь, присвячена створенню інженерних систем, які генерують результати, такі як контент, прогнози, рекомендації або рішення для заданого набору цілей, визначених людиною" [7]. Іншими словами, Штучний інтелект (ШІ) - це вивчення та розробка комп'ютерних систем, здатних копіювати інтелектуальну поведінку людини.

Історично, поняття штучного інтелекту формувалось у різні визначення. Рассел та Норвіг у своїй роботі наводять цитати різних науковців які в свій час по-різному визначали поняття ШІ. Вони розділили ці визначення на чотири категорії:

1. Мислити як людина.

За Хаугеландом (1985), штучний інтелект – це «захоплююча нова спроба змусити комп'ютери мислити... машини з розумами, у повному і буквальному сенсі». Беллман (1978) пояснює це як «автоматизацію діяльності, яку ми асоціюємо з людським мисленням – прийняття рішень, розв'язання проблем, навчання...».

2. Діяти як людина.

Курцвейл (1990) визначає штучний інтелект як «мистецтво створення машин, які виконують функції, що при виконанні людьми вимагають інтелекту». Річ та Найт (1991) додають, що це «дослідження методів, що дозволяють комп'ютерам виконувати роботи, у яких наразі люди мають перевагу».

3. Мислити раціонально.

Чарняк і Макдермотт (1985) розглядають ШІ як «вивчення розумових здібностей за допомогою обчислювальних моделей». Вінстон (1992) визначає це як «дослідження обчислювальних процесів, що роблять можливим сприйняття, міркування та дії».

4. Діяти раціонально.

Пул та ін. (1998) підкреслюють, що «обчислювальний інтелект – це дослідження проектування інтелектуальних агентів». Нільссон (1998) зазначає, що ця сфера «займається розумною поведінкою артефактів».

Таким чином, різні підходи до визначення ШІ акцентують увагу на різних аспектах – від імітації людського мислення та поведінки до раціональних дій та аналізу, що дозволяє охопити широку сферу досліджень у цій галузі. Як зазначали Рассел і Норвіг, «система є раціональною, якщо вона робить «правильні речі», враховуючи те, що вона знає» [8].

Широко вживане визначення штучного інтелекту звучить наступним чином: це одна з галузей комп'ютерних наук, яка займається створенням систем, здатних виконувати завдання, що традиційно вимагають людського інтелекту. Ці завдання включають розпізнання і обробку природної мови, зорове сприйняття, прийняття рішень та навчання на основі отримуваного досвіду та інформації. Від найбільш простих алгоритмічних моделей до складних нейронних мереж, ШІ використовує різноманітні техніки для аналізу та інтерпретації даних. Машинне

навчання, глибоке навчання, обробка великих даних є основними техніками що дозволяють створювати інтелектуальні системи, які в свою чергу, здатні адаптуватися до різних умов та можуть покращувати свою продуктивність і ефективність з часом.

Особливістю систем штучного інтелекту є їх здатність до самонавчання, що дозволяє системам розпізнавати шаблони і залежності у великих обсягах даних, що робить інструменти на базі ШІ незамінними в багатьох сферах, включаючи створення контенту. Завдяки колосальній кількості ітерацій тренувань на великих масивах інформації, ШІ може генерувати текст, зображення, відео та інші форми медіаконтенту, які можуть бути схожими на контент створені людиною. Це створює нові можливості та перспективи для автоматизації творчої діяльності, водночас викликаючи питання щодо якості, оригінальності та етичності використання таких технологій.

Основні напрямки розвитку ШІ у сфері створення контенту

Розвиток ШІ у сфері створення контенту охоплює кілька ключових напрямків, кожен з яких спрямований на покращення різних аспектів генерації та обробки інформації. Нижче наведено основні з них.

Генерація тексту та обробка природної мови (NLP).

Генерація тексту та обробка природної мови – це напрямок технологій ШІ, що зосереджується на створенні текстового контенту, наприклад статті, новини, блоги, маркетингові матеріали та навіть літературні твори. У сфері генерації текстів за допомогою штучного інтелекту (ШІ) існує кілька провідних моделей, які демонструють високу когерентність, логічну послідовність та здатність створювати якісний контент.

Нижче наведено огляд найпопулярніших з них, проте, слід зауважити, що наведений перелік є не вичерпним, оскільки галузь ШІ постійно розширюється, а послідовність у цьому списку не має на меті відображати ранжування чи переваги між моделями.

Серія моделей GPT (генеративний попередньо-навчений трансформер (GPT)) від американської компанії OpenAI, які з кожним новим випуском незмінно перевершують свої попередні можливості. Одні з найвідоміших великих мовних моделей, здатні генерувати тексти, що відрізняються високою якістю, узгодженістю та релевантністю до запиту користувача. Остання версія GPT-4.5, випущена в лютому 2025 року, пропонує розширені можливості обробки природної мови та інтеграцію з веб-пошуком, тоді як її попередники GPT-4o і GPT-4o mini досягли успіху в мультимодальній обробці тексту, голосу та зору. Станом на початок березня 2025 року чотири моделі від OpenAI присутні у топ-10 в рейтингу від Chatbot Arena.

Серія моделей від китайської компанії DeepSeek встановили нові орієнтири для інновацій в спільноті навколо ШІ. Станом на початок березня 2025

року, в рейтингу Chatbot Arena, модель DeepSeek-R3 посідає шосте місце в загальному рейтингу та є найкращою моделлю із відкритим вихідним кодом.

Серія моделей Qwen від компанії Alibaba. моделі підходять для широкого кола завдань, включаючи генерацію коду, розуміння структурованих даних, розв'язання математичних задач, а також загальне розуміння та генерацію мови. Деякі моделі серії є у вільному доступі.

Grok AI – це генеративний чат-бот зі штучним інтелектом, розроблений компанією Ілона Маска – xAI. Цей чат-бот інтегрований з платформою соціальних мереж X (колишній Twitter), і пропонує користувачам доступ до інформації в режимі реального часу та розмовний досвід, наповнений дотепністю та гумором. Grok AI призначений для виконання широкого спектру завдань, включаючи відповіді на запитання, розв'язання проблем, мозкові штурми і створення зображень на основі текстових підказок. Станом на початок березня 2025 року посідає перше місце в рейтингу Chatbot Arena.

LlaMA від компанії Meta, яка у грудні 2024 року випустила свою останню модель LlaMA 3.3, що має мультимодальні можливості, що дозволяють обробляти як текст, так і зображення для поглибленого аналізу та генерації відповідей, наприклад, інтерпретації графіків, карт або перекладу текстів, ідентифікованих на зображенні. Станом на початок березня 2025 року, модель входить в топ-4 моделей з відкритим вихідним кодом, проте займають аж 28 позицію в загальному рейтингу Chatbot Arena.

Серія моделей Claude від компанії Anthropic. Найдосконаліша модесь серії, Claude 3.7 Sonnet, поєднує в собі кілька підходів до міркувань, щоб надавати користувачам гнучкість швидкого реагування або поглибленого, покрокового вирішення проблем. Особливістю моделі є її «режим розширеного мислення», який використовує техніку, відому як навмисне міркування або цикли саморефлексії, що дозволяє моделі ітеративно вдосконалювати свій процес мислення, оцінювати різні шляхи міркувань і оптимізувати точність перед тим, як завершити роботу над висновком і представити його користувачеві.

Mistral від однойменного французького стартапу. Моделі які не можуть похизуватись присутністю у топ-30 вже згаданого рейтингу, проте ідеально підходить для застосунків, що вимагають швидких, точних відповідей з низькою затримкою, таких як віртуальні асистенти, обробка даних в реальному часі і управління на пристрої. Менший розмір моделей дозволяє «розгортати» їх на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами без потреби у доступі до інтернету та хмарних технологіях.

Gemini – це серія моделей з закритим кодом, розроблених компанією Google. Модель замінила Palm у живленні чат-бота, який був перейменований з Bard на Gemini після зміни моделі. Альтернативою з відкритим вихідним кодом, від самої ж Google, може бути модель Gemma, яка демонструє можливості майже такі ж, як у Gemini.

Всі перелічені системи штучного інтелекту базуються на архітектурі трансформерів, яка вперше була представлена у роботі «Attention is All You

Need» Васвані та колегами у 2017 році. Ця архітектура нейронних мереж стала основою для більшості сучасних моделей генерації тексту завдяки своїй ефективності в обробці послідовностей даних та здатності до паралельного навчання [9]. Базисом цих моделей є глибокі нейронні мережі, які складаються з великої кількості шарів енкодерів та декодерів, які взаємодіють між собою для обробки інформації на різних рівнях абстракції. Підґрунтям трансформерів є великі набори даних та потужні обчислювальні ресурси, які дозволяють моделям навчатись на величезних обсягах інформації.

Архітектура трансформерів дозволяє моделям одночасно аналізувати великі обсяги даних та підтримувати контекстуальну узгодженість, що є ключовим для створення текстів високої якості. Завдяки механізму уваги (attention mechanism) трансформери можуть фокусуватися на важливих частинах тексту, забезпечуючи логічну послідовність та когерентність генерованого контенту. Саме ці переваги роблять трансформерні моделі флагманськими рішеннями у сфері автоматизованої генерації тексту.

Генерація зображень та відео.

За допомогою методів глибокого навчання, зокрема генеративних змагальних мереж (GAN), ШІ може створювати реалістичні зображення та відеокліпи, які часто важко відрізнити від реальних. Генеративні змагальні мережі (англ. Generative adversarial networks, GANs) – це тип алгоритмів штучного інтелекту, які використовуються в некерованому навчанні. Вони складаються з двох штучних нейронних мереж, що конкурують між собою у грі з нульовою сумою. Ця взаємодія дозволяє одній мережі генерувати нові дані, а іншій – оцінювати їх якість, що сприяє ітеративному покращенню обох моделей у процесі їх навчання. Такий тип моделей був запроваджений Яном Гудфелоу в 2014 році [10]. Загалом, ця методика дозволяє створювати зображення, які часто виглядають як створені людиною, та мають багато реалістичних елементів. Це застосовується в творчості, рекламі, дизайні, відеоіграх та кіноіндустрії для створення візуальних ефектів, анімацій та кастомізованих зображень за запитом. Крім того, такі технології дозволяють автоматизувати процеси редагування та оптимізації візуального контенту, що суттєво економить час та ресурси.

Нижче наведено огляд популярних інструментів ШІ для генерації і роботи з зображеннями, послідовність у цьому списку також не є ранжування чи рейтингом інструментів.

Midjourney – генеративна модель яка була спеціально оптимізована для створення саме художніх зображень. Основною особливістю Midjourney є її здатність генерувати візуально насичені та естетично привабливі зображення. Архітектура моделі використовує глибокі нейронні мережі, які були натреновані на великих наборах художніх творів, що дозволяє Midjourney інтерпретувати складні художні концепції та трансформувати їх у візуальні форми.

DALL-E 3 є останньою ітерацією моделі генерації зображень від OpenAI, яка забезпечує високу сумісність з корпоративними та творчими робочими процесами. Ця модель відзначається покращеними можливостями контекстного

розуміння та генерації зображень, що точно відповідають складним текстовим описам. Інтеграційні API та підтримка різних форматів роблять DALL-E 3 придатним для безшовного впровадження у вже існуючі системи управління контентом, дизайну та маркетингу. Унікальною характеристикою DALL-E 3 є її здатність підтримувати високу роздільну здатність та деталізацію, що дозволяє використовувати згенеровані зображення у професійних медіа-проектах без необхідності додаткової обробки.

Ideogram – спеціалізується на генерації зображень, де ключовим елементом є точне відображення текстових компонентів. Модель використовує розширені алгоритми обробки природної мови, що дозволяють їй не лише точно інтерпретувати текстові запити, але й вбудовувати текстові елементи у візуальні композиції, з чим у багатьох інших моделей, покищо, відсутні проблеми. Це робить Ideogram хорошим вибором для створення інфографіки, рекламних матеріалів та інших візуальних продуктів, де важлива читабельність тексту.

Stable Diffusion – модель із відкритим вихідним кодом, що дозволяє дослідникам, розробникам та художникам вільно використовувати, модифікувати та інтегрувати цю модель у свої проекти. Завдяки відкритій ліцензії, модель підтримує широкий спектр застосувань та сприяє інноваціям у всіх галузі генерації зображень та машинного навчання в цілому. Окрім того, спільнота активно підтримує та удосконалює Stable Diffusion, що сприяє постійному розвитку та адаптації моделей на цій базі до нових, дедалі складніших вимог від користувачів.

FLUX як альтернатива Stable Diffusion. FLUX.1 пропонує альтернативний підхід до генерації зображень, виходячи з принципів, подібних до Stable Diffusion, але з деякими ключовими відмінностями в архітектурі та функціональності. Ця модель спрямована на покращення швидкості генерації та оптимізації ресурсів, що робить її більш ефективною для використання в умовах обмежених обчислювальних можливостей. Деякі моделі серії мають відкритий вихідний код і доступні безкоштовно.

Adobe Firefly спеціалізується на глибинній інтеграції штучного інтелекту в процеси редагування та створення фотографій. Модель використовує передові методи машинного навчання для автоматичного покращення, трансформації та комбінування ШІ-згенерованих елементів із існуючими фотографічними матеріалами. Це дозволяє професійним фотографам та дизайнерам отримувати високоякісні результати з мінімальними витратами часу на обробку фотографій.

Recraft орієнтований на задоволення потреб графічних дизайнерів шляхом надання інструментів для створення та модифікації візуальних елементів з високою точністю та творчою гнучкістю. Модель підтримує різноманітні стилістичні напрямки та дозволяє користувачам інтегрувати власні дизайнерські концепції у процес генерації зображень. Завдяки можливості багаторівневого редагування та адаптації під конкретні проекти, Recraft забезпечує високу ступінь кастомізації, що є важливим для професійного графічного дизайну.

Imagen 3 – передова модель генерації зображень, розроблена компанією Google, яка використовує покращені техніки дифузійних процесів для створення високоякісних та реалістичних візуальних матеріалів на основі текстових описів. Основною характеристикою Imagen 3 є її здатність до глибокого розуміння семантичного контексту текстових підказок, що дозволяє генерувати зображення з високою точністю та деталізацією.

Усі ці генератори зображень на базі штучного інтелекту приймають текстовий опис (так званий, «промпт»), і генерують на його основі відповідне зображення. Це відкриває дійсно безмежні можливості, оскільки промпт може мати будь-який запит. Наприклад, достатньо реалістичний – *«нічне зоряне небо над полем в стилі Вінсента ван Гога»* (рис. 1).



Рисунок 1 – Зображення згенероване сервісом reave.art за текстовим запитом «Night starry sky over a field in the style of Vincent van Gogh»

Оскільки ШІ не перевіряє текст на «реалістичність», а тому, запит *«рудий кіт з молотом Тора верхи на синьому киті в підводному царстві»* теж інтерпретується та втілюється відповідно (рис. 2).

Генератор зображень на базі ШІ навчений інтерпретувати будь-які запити. За останні кілька років, генератори зображень на базі ШІ, здобули величезну популярність, проте раніше їх якість залишала бажати кращого. Хоча технології, що використовувалися для їх розробки, були надзвичайно потужними та вражаючими, принаймні з точки зору науковців, результати їхньої роботи не викликали особливого захоплення [11]. Оригінальний DALL-E, в час свого запуску у 2021 році, був радше «забавною новинкою» і цікавим інструментом, аніж відкриттям, що потрясло світ.

Отже, інструменти генерації і роботи з зображеннями (як, наприклад, Midjourney) – це потужний інструмент для генерації зображень на основі текстових запитів. Його можна ефективно використовувати в навчальному процесі, особливо в мистецьких, дизайнерських та медійних дисциплінах («Обробка графічної інформації», «Основи графічного дизайну», «Візуальні комунікації», «Обробка зображень та мультимедіа»).



Рисунок 2 – Зображення згенероване сервісом Midjourney за текстовим запитом «orange cat with Thor's hammer riding on a blue whale in the underwater kingdom»

Серед переваги використання Midjourney або його безкоштовних аналогів можна вказати швидке створення візуального матеріалу. Студенти можуть швидко отримати різноманітні варіанти зображень, що сприяє генерації ідей та експериментам. Інструмент сприяє розвитку креативного мислення. Робота з Midjourney вчить студентів формулювати точні текстові запити для досягнення бажаного результату. На старших курсах студенти можуть використовувати (і вже використовують) ці інструменти як допоміжні у візуалізації складних концепцій. Інструмент дозволяє легко створювати ілюстрації для наукових проектів, дизайну персонажів або сцен.

Одним із головних недоліків Midjourney є те, що сервіс вимагає передплати. Це може стати перешкодою для студентів, які не готові витратити кошти на доступ до платформи. Університет може вирішити цю проблему, надаючи спільний акаунт або використовуючи пробні версії для ознайомлення.

Одним із цікавих практичних завдань може бути доопрацювання зображень, створених Midjourney. Наприклад, студент генерує зображення за допомогою Midjourney за обраною темою (наприклад, «футуристичний місто», «персонаж у стилі кіберпанк»). Далі він повинен внести правки вручну у графічному редакторі (Photoshop, Illustrator, Procreate тощо). Наприклад, додати деталі, яких не вистачає; виправити недоліки анатомії персонажів; змінити кольорову гаму відповідно до концепту (тонова та колірна корекція). Після цього студент презентує свою роботу, пояснюючи, як змінене зображення відрізняється від оригінального результату Midjourney. Також одним способом застосування Midjourney під час навчання є використання згенерованих зображень як референсів. Це особливо корисно на стадії підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра або магістра, коли студенти можуть брати

створені Midjourney зображення для натхнення, як основу для малювання або як візуальні підказки для створення власного контенту.

Наприклад, студенти можуть використовувати інструмент для генерації ескізу персонажа, а потім намалювати його в реалістичному стилі. Можна створити рекламний плакат, базуючись на згенерованому зображенні. Цікавим, за відгуками студентів, виявилось завдання створити зображення в заданому стилі, наприклад «кантрі» (рис. 3) або «летерінг» (рис. 4).



Рисунок 3 – Приклад згенерованого плакату в стилі "Classic country"

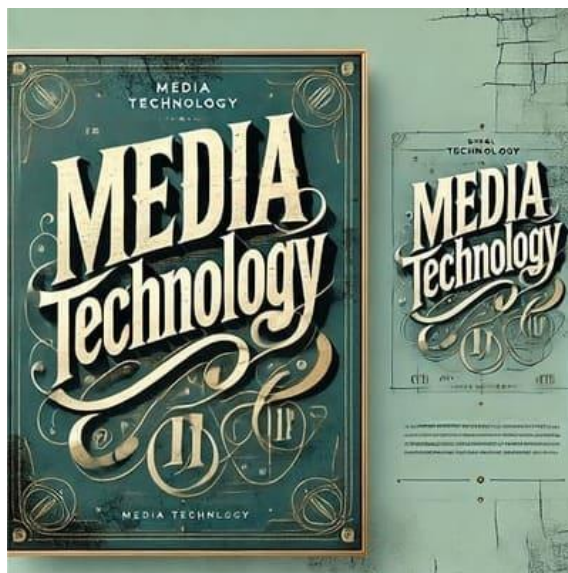


Рисунок 4 – Приклад згенерованого плакату в стилі "elegant hand-lettering"

Таким чином Midjourney та аналоги відкривають широкі можливості для використання в університеті, допомагаючи студентам швидко створювати візуальний матеріал і вдосконалювати свої навички. Незважаючи на платний доступ, цей інструмент може бути дуже корисним у творчому та освітньому процесі, адже для сучасних якісних інструментів плата за використання є розповсюдженою практикою монетизації таких інструментів.

Генерація музичних композицій та звуковий дизайн.

ШІ використовується для створення музичних творів, написання мелодій, акордових прогресій та створення звукових ефектів. Моделі, такі як OpenAI's MuseNet та інші, здатні генерувати музику в різних стилях та жанрах, що може бути корисним для музикантів, продюсерів та рекламних агенцій. Крім того, ШІ може застосовуватися для автоматичного мастерингу звуку, семплування та інших аспектів музичного виробництва.

Наразі найбільш популярними аудіоплатформами за даними пошуку інтернет є ElevenLabs, Speechify, Adobe Podcast.

ElevenLabs – аудіоплатформа яка спеціалізується на синтезуванні людської мови. Завдяки використанню нейронних мереж з глибоким навчанням ElevenLabs створює надзвичайно природні голоси, що ідеально підходять для озвучування аудіокниг, подкастів, відео тощо. Має функціонал клонування власного голосу, та можливість створення аудіо ефектів.

Speechify – аудіоплатформа яка також забезпечує високоякісний синтез голосу з природною інтонацією та чіткою дикцією. Також має функціонал клонування голосу.

Suno – інноваційна платформа, що дозволяє генерувати музичні композиції. Платформа забезпечує високу якість звуку та пропонує набір числових параметрів для гнучкого налаштування музики, що значно підвищує рівень налаштовуваності в порівнянні із звичним текстовим запитом.

Adobe Podcast – спеціалізований сервіс від компанії Adobe, спрямований на спрощення процесу обробки записів голосу. Платформа автоматично покращує якість аудіозаписів, забезпечуючи чистоту звуку і вихідний аудіофайл звучить так ніби голос було записано в професійній студії звукозапису.

SFX Engine – окремий ресурс, що спеціалізується на генерації високоякісних звукових ефектів для відеоігор, фільмів та інтерактивних медіа чи будь-якого саунд-дизайну.

Створення, редагування та монтаж відеороликів

Спеціалізовані сервіси ШІ можуть автоматизувати ряд завдань відеоредагування. Автоматичний монтаж і синхронізація декількох відео та аудіо доріжок, додавання візуальних ефектів переходу, і навіть генеративне продовження відеокліпів. Також, за допомогою вдосконаленого розпізнавання мови та обробки голосу, ШІ здатен створити текст і субтитри до аудіо майже у режимі реального часу. Нижче наведено декілька сервісів для генерації і редагування відеоконтенту:

Adobe Premiere Pro – потужний відеоредактор, який має в собі часткову інтеграцію технологій ШІ для автоматизації деяких завдань монтажу. Інтеграція Adobe Sensei забезпечує автоматичну синхронізацію відео та аудіодоріжок, вибір оптимальних переходів між відрізками відео, автоматичне коригування кольору та генеративне продовження відеокліпів.

Sora – спеціалізована платформа від компанії OpenAI, яка пропонує не тільки генерацію відео з текстового запиту, а ще і об'єднання декількох різних

відео в один кліп, перетворення існуючих відео у безшовні повторювані відео, генеративне розширення відео.

Captions.ai – сервіс, який створює субтитри використовуючи технології розпізнавання мови та обробки голосу.

Створення презентацій

У сучасному світі інформація відіграє ключову роль у навчанні, бізнесі та наукових дослідженнях. Презентації є одним із найефективніших способів передавання і представлення інформації публіці, оскільки вони поєднують текст, графіку та візуальні ефекти. Проте створення якісної презентації потребує суттєвих зусиль: необхідно ретельно структурувати матеріал, підібрати відповідний дизайн, а також доповнити зміст графікою і анімаціями [12].

Штучний інтелект може аналізувати документи або набори даних та створювати слайди, підсумки і візуальні представлення даних (діаграми, графіки), необхідні для ефективної презентації інформації.

Платформи на базі ШІ дозволяють створювати набори слайдів і динамічний візуальний контент, який адаптується до введених користувачем даних. Поєднання тексту, візуальних елементів та синтезованого мовлення забезпечує безшовну інтеграцію у навчальні відео або професійні презентації.

З-поміж протестованих інструментів виділяється ряд інтернет-застосунків які варті уваги:

Gamma.app є безкоштовним інструментом, та досить проста у використанні. Сервіс дозволяє імпортувати документи та підтримує спільну одночасну роботу над документом.

Decktopus є частково безкоштовним, і пропонує лише генерацію текстового плану презентації, а створення слайдів (візуальної частини) є платною опцією. Інтерфейс дуже зручний у використанні, а якість генерованого тексту є цілком прийнятною.

Slidesgo має ліміт на генерацію презентацій безкоштовно, досить простий у використанні. Крім того, сервіс пропонує генератор плану заняття та функціонал для інтерактивного тестування у форматі вікторини, що є зручною функцією як для викладачів та студентів, так і для бізнес сфери для підвищення інтерактивності під час презентації матеріалу.

Prezi також має ліміт на безкоштовне використання. Візуал згенерованих презентацій вирізняється нестандартним підходом, Prezi генерує не просто слайди у формі прямокутників, натомість фінальна презентація є досить інтерактивною. Цей сервіс підтримує інтеграцію з програмами для онлайн-зустрічей, такими як Zoom, Webex або Microsoft Teams, що робить його комплексним рішенням.

Отже, шлях створення презентації за допомогою інструментів ШІ виглядає зручним, швидким та привабливим. Проте створена за допомогою ШІ презентація не містить багатьох елементів, які необхідні для подальшої роботи. Зокрема, ШІ не налаштовує ієрархії текстових елементів, зразків слайдів та

гіперпосилання (рис. 5), які є сутністю опрацювання презентацій для професійної роботи.

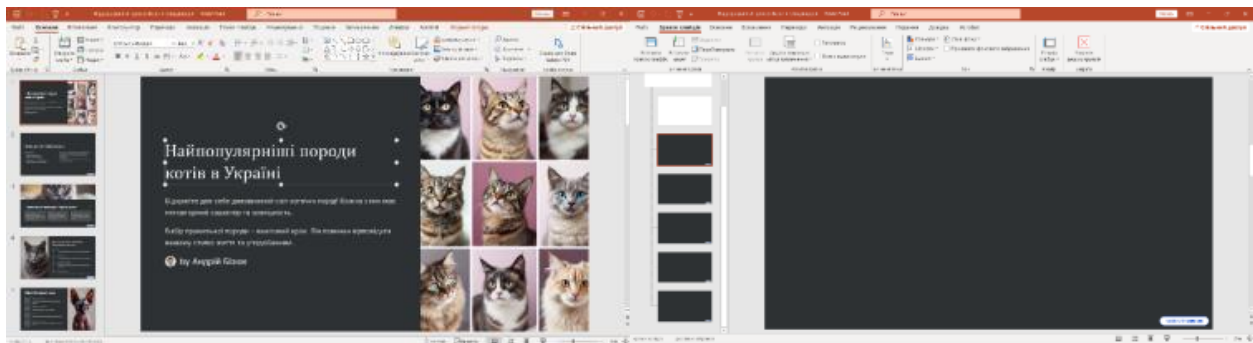


Рисунок 5 – Створена ІІІ презентація в режимі перегляду та в режимі зразка

Зокрема, ІІІ створює кожен текстовий елемент, кожен графічний елемент (зображення, WordArt) як окремий непідпорядкований об'єкт (текстове поле, графічна фігура). ІІІ не використовує елементи стилів або шаблонів презентацій, так званих «Зразків». Внаслідок цього значна кількість операцій з слайдами, створеними ІІІ, залишається обмеженою. Так, дизайн презентації при копіюванні слайдів в іншу презентацію, залишається без змін, оскільки налаштування створені «вручну», а не як властивості стилів або шаблонів (рис. 6). Ліворуч приклад слайду, в якому дизайн окремих елементів змінено вже після копіювання слайду, але оскільки текст «Мейн-кун: Лагідний велетень» в презентації ІІІ не отримав рівень заголовку, то й після перенесення він насприйняв стиль, відповідний тексту «Режими PowerPoint», а залишив встановлені раніше розмір та насиченість.

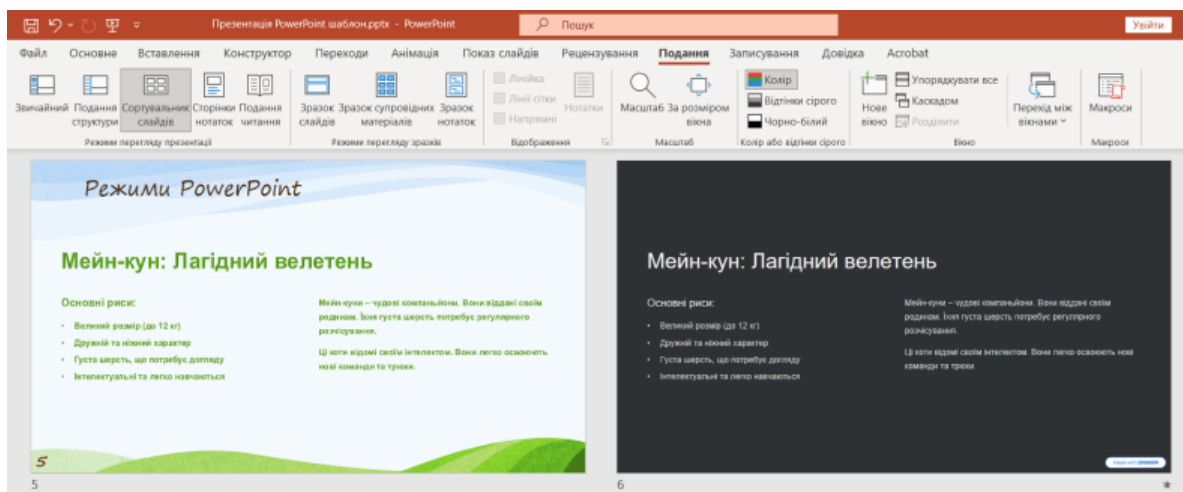


Рисунок 6 – Приклад дизайну слайдів від ІІІ в презентації-реципієнті

Персоналізація контенту

Одним із ключових напрямків є адаптація контенту під індивідуальні вподобання користувачів. ІІІ аналізує поведінкові дані, інтереси та взаємодії користувачів з контентом для створення персоналізованих рекомендацій, пропозицій та навіть динамічно змінюваних сюжетів у цифрових медіа. Це підвищує залученість користувачів та ефективність маркетингових кампаній, оскільки контент стає більш релевантним та привабливим для окремих споживачів.

Автоматизоване редагування та коректура

Використання ШІ для автоматичного виявлення граматичних помилок, стилістичних недоліків та покращення структури текстів дозволяє значно підвищити якість створюваного контенту. Інструменти на базі ШІ можуть пропонувати альтернативні варіанти формулювань, забезпечувати узгодженість термінології та тону, а також оптимізувати тексти для кращої пошукової оптимізації (SEO). ШІ може допомогти в коректуванні і вичитці довгих текстів, перевіряючи орфографію, синтаксис та загальну узгодженість тексту.

Одним із гарних прикладів такої автоматизації яка перейшла на новий рівень може бути сервіс spreadbot.ai. Це – «розумна» платформа, яка за допомогою ШІ автоматизує весь процес створення та публікації контенту. Вона здана генерувати статті на основі лише кількох ключових слів, а текст який створюється добре структурований і професійно оформлений (зображення, таблиці, списки та посилання).

Віртуальні асистенти та чат-боти

Віртуальні помічники, і яких інтегрований ШІ, здатні вести діалог з користувачами, надаючи інформацію, рекомендації або навіть створюючи інтерактивний контент у реальному часі. Такі системи широко використовуються в обслуговуванні клієнтів, онлайн-освіті та розвагах, забезпечуючи інтерактивний та персоналізований досвід для користувачів. Більшість перелічених в попередніх розділах систем ШІ взаємодіють із користувачами якраз у вигляді чату.

Технічні виклики та обмеження, обчислювальна складність

Більшість технічних виклики та обмежень, пов'язані з обчислювальною складністю сучасних систем ШІ. Нижче наведено список із основних технічних складнощів.

Величезні обчислювальні ресурси. Для тренування генеративних попередньо тренованих трансформів (як-от GPT, Gemini, тощо) потрібні спеціалізовані апаратні засоби, які здатні забезпечити паралельну обробку даних на великих частотах роботи. графічні процесори – GPU (graphics processing unit) та тензорні процесори – TPU (Tensor Processing Unit). Час тренувань моделей та витрати на електроенергію зростають експоненційно із збільшенням розміру нейронної мережі (кількість параметрів може сягати сотень мільярдів).

Пам'ять та масштабованість. Моделі ШІ використовують алгоритми уваги, де обчислювальна складність часто зростає як $O(n^2)$ відносно довжини вхідної послідовності, що створює проблеми при роботі з дуже довгими текстами. Адаптація моделей для застосування на локальних пристроях (на персональних комп'ютерах, на мобільних телефонах чи порівняно з хмарними технологіями на невеликих комп'ютерах) є проблематичною через обмеженість обчислювальних потужностей цих пристроїв та великий розмір готових моделей ШІ.

Баланс між масштабом і спеціалізацією. Хоча збільшення розміру моделі може призводити до покращення результатів її роботи, такі моделі іноді стають менш контрольованими (з'являються "емергентні" властивості).

Алгоритмічні та оптимізаційні виклики. Компанії постійно у пошуку оптимальних архітектурних рішень та підходів до оптимізації. Розподілене тренування допомагає подолати обмеження окремих апаратних засобів, але вимагає складної інженерії і, знову, великих обчислювальних ресурсів.

Моделі, що працюють із звуком, мають додаткові вимоги до оперативної пам'яті та обчислювальної потужності вцілому. Для генеративних аудіо-систем (Eleven Labs, чи Suno та ін.), задачі синтезу мови та аудіо потребують не лише повторення певних акустичних особливостей, а й забезпечення реалістичної інтонації та емоційності, що вимагає високої часової роздільної здатності при обробці звукового сигналу.

Також суттєвим викликом є підготовка тренувальних даних. Наприклад, для великих мовних моделей потрібні величезні обсяги текстів, що можуть містити як корисну інформацію, так і шум, що включає в себе недостовірну та хибну інформацію яка може призвести до незадовільних результатів роботи такої моделі. Автор статті в блозі для розробників Марсіо Фрайзе, в приклад не завжди задовільної роботи ШІ наводить GitHub Copilot – інструмент розроблений GitHub та OpenAI для допомоги користувачам Visual Studio Code шляхом автодоповнення коду. GitHub Copilot має слоган «Ваш асистент-програміст на базі ШІ» [13]. Автора зазначає, що це певною мірою дійсно так і є, ніби із ним увесь час програмує людина – але дуже надокучлива людина «яка ні на мить не замовкає». Марсіо Фрайзе уподібнює це до спільного програмування, але з кимось, хто абсолютно нічого не розуміє в проблемі, яку він хоче вирішити. Тобто ШІ це потужний інструмент, але не універсальне вирішення всіх проблем. До того ж, цим, як і будь-яким іншим інструментом необхідно навчитись правильно користуватись.

Підсумовуючи, різні моделі мають свої специфічні архітектурні особливості та підходи до вирішення завдань генерації контенту. Але незалежно від конкретної реалізації, всі вони стикаються з подібними викликами, пов'язаними з масштабуванням, ефективним використанням обчислювальних ресурсів та забезпеченням високої якості й стабільності роботи. Ці виклики є активною областю досліджень, і розробники постійно шукають компроміси між масштабом, ефективністю та практичністю застосування ШІ-систем.

Етичні та соціальні виклики

Важливим є також врахування етичних та соціальних питань, пов'язаних із автоматизацією творчих процесів. Це включає питання прозорості алгоритмів, відповідальності за створений контент та забезпечення балансу між автоматизацією та збереженням творчого потенціалу людських авторів [14]. Інтеграція моделей машинного навчання у генерацію контенту супроводжується рядом викликів та обмежень, які необхідно вирішити для максимізації їхнього

потенціалу. Незважаючи на численні переваги, застосування генеративного ШІ у медіа, видавництві та поліграфічній справі стикається з низкою викликів.

Одним із основних є забезпечення якості та достовірності створеного контенту. ШІ-моделі можуть відтворювати наявні упередження з тренувальних даних, що може призводити до генерування некоректної або дискримінаційної інформації [14]. Крім того, захист авторських прав при використанні генеративних моделей є актуальним питанням, оскільки виникає необхідність визначення прав власності на створений за допомогою ШІ контент. Ключові етичні виклики включають наступне:

Проблему автентичності та авторства. Генеративні моделі ШІ ставлять під сумнів традиційні уявлення про креативність та інтелектуальну власність оскільки, по-перше, були навчені на великих наборах вже існуючих даних, а, по-друге, можуть створювати твори, які важко відрізнити від продуктів людської творчості, що практично унеможливлює визначення авторства.

Ризики маніпулятивного впливу. Завдяки високій якості генерованого контенту, ШІ може використовуватися для поширення чи створення дезінформації і психологічного впливу на людей. Це становить загрозу для соціальної довіри і може неправомірно впливати на суспільну свідомість.

Потенційну дискримінацію. Алгоритми навчання часто базуються на упереджених даних, оскільки машина може аналізувати дані не так як це робить людина, що може призводити до відтворення та навіть посилення існуючих соціальних упереджень.

Самі по собі етичні принципи не можуть гарантувати повної відповідальності штучного інтелекту [5]. Бренд Міттельштадт наголошує на необхідності розробки комплексних механізмів контролю та регулювання етичних аспектів в технологіях штучного інтелекту [15]. В своїй роботі він зазначає про хибність твердження, що недостатнє врахування етики призводить до поганих дизайнерських рішень, які створюють системи, що завдають шкоди користувачам. Багатообіцяючі перспективи ШІ значною мірою пов'язані з його очевидною здатністю замінити або доповнити людський досвід. Ця гнучкість означає, що ШІ неминуче заплутується в етичних та політичних аспектах практик, до яких він застосовується.

Дослідження про вплив новітніх технологій на сучасну науку, зокрема на методи пізнання, аналіз даних та автоматизацію дослідницьких процесів проведене Анатолієм Шевченко, Максимом Вакуленко та Микитою Клименко показує, як ШІ змінює уявлення про наукову об'єктивність, раціональність і творчість, а також виявляють етичні виклики, пов'язані з використанням ШІ у дослідженнях [16].

Одним із суттєвих викликів є схильність контенту, створеного штучним інтелектом, до браку креативності, оригінальності та емоційної глибини, які можуть надати людські творці. Хоча моделі МН можуть створювати зв'язний та контекстуально доречний контент, їм часто важко відтворити тонке розуміння та уявні здібності, властиві мисленню людини [17]. Це обмеження може призвести

до створення контенту, що виглядає формальним або не надихає, підриваючи задуманий ефект матеріалу.

Ще одним важливим питанням є ризик поширення упереджень та стереотипів. Моделі ШІ навчаються на існуючих даних, які можуть містити в собі вроджені упередження, що відображають суспільні стереотипи. Якщо навчальні набори даних - дефектні або упереджені, отриманий контент може ненавмисно підкріплювати шкідливі стереотипи, що призводить до етичних наслідків, особливо в таких сферах, як медійне представлення та реклама [17, 6]. Усунення цих упереджень вимагає постійного контролю даних, що використовуються для навчання систем ШІ, та впровадження стратегій зниження упередженості.

Надійність та точність контенту, створеного ШІ, створюють додаткові виклики. Випадки "галюцинацій", коли моделі продукують неправдиву або беззмістовну інформацію, підкреслюють обмеження в точності фактів та потенціал для дезінформації [18, 19]. Ці проблеми вимагають встановлення надійних процесів перевірки, щоб гарантувати відповідність контенту, створеного ШІ, прийнятним стандартам точності та надійності.

Швидка еволюція технологій ШІ випередила існуючі нормативні рамки, що призвело до відсутності всебічних рекомендацій для етичного використання ШІ в створенні контенту. Хоча деякі організації почали створювати саморегульовані документи для керівництва застосуванням ШІ, існує потреба в створенні уніфікованих нормативних актів, які можуть адаптуватися до швидкозмінюваного ландшафту технологій та суспільних очікувань [20]. Без ефективного регулювання потенціал для зловживання або маніпуляції контентом, створеним ШІ, в зловмисних цілях зростає, викликаючи значні етичні питання щодо технології в цілому.

Нарешті, не можна ігнорувати ширші наслідки систем ШІ для стійкості та суспільних структур. Впровадження застосувань машинного навчання може вплинути на зайнятість, економіку та доступ до якісної інформації [6]. З розвитком технологій машинного навчання, зацікавлені сторони мають враховувати суспільний вплив та надавати пріоритет практикам, які не підривають цілісність фізичних, соціальних та політичних екосистем.

Майбутні тенденції, перспективи та розвиток

Забігаючи наперед, можна сказати, що тенденція до посилення мультимодальності, тобто коли ШІ може інтегрувати та обробляти різні типи даних, такі як текст, зображення та аудіо, – має докорінно змінити спосіб взаємодії користувачів з технологіями. Ця інновація обіцяє сприяти більш природній взаємодії людини з комп'ютером і відкрити нові можливості для персоналізованого навчання та творчого самовираження. Оскільки інструменти штучного інтелекту стають невід'ємною частиною створення контенту, творцям контенту потрібно постійно адаптовуватись і вивчати нові технології, щоб залишатися актуальними в цьому швидкозмінному середовищі.

Поточні тенденції свідчать про те, що технології, такі як обробка природної мови та машинне навчання, дозволять створювати ще більш складні форми контенту, прокладаючи шлях для гіпер-персоналізованого контенту, пристосованого до вподобань окремих користувачів [21, 17]. Цей розвиток технологій також сприяє розвитку платформ, що працюють на основі ШІ, які оптимізують увесь процес виробництва контенту, підвищуючи ефективність та продуктивність у різних сферах застосування, включаючи видавництво та маркетинг [21, 22].

З розвитком технологій ШІ очікується, що генерація мультимедійного контенту – від звичайного тексту до зображень і відео – стане все більш автоматизованою. Ця тенденція, ймовірно, полегшить створення багатих, інтерактивного досвіду, які можуть залучати користувачів новими способами. Крім того, підйом контенту, створеного ШІ, зумовить зміну динаміки в створенні контенту, кинути виклик традиційним ролям у видавничій індустрії [21]. Проте, з інтеграцією ШІ в створення контенту з'являється і необхідність вирішення етичних та нормативних аспектів [5]. Оскільки контент, створений ШІ, стає все більш поширеним, питання, що стосуються авторських прав та відповідальності, вимагатимуть постійного вдосконалення політики для регулювання принципів використання цих технологій. ШІ покликаний грати важливу роль у постійній боротьбі з дезінформацією у середовищі контенту. Використовуючи алгоритми машинного навчання для аналізу і перевірки достовірності інформації, ШІ може допомагати видавцям та творцям контенту підтримувати цілісність своїх матеріалів. Такий напрям застосування ШІ не лише підвищуватиме надійність контенту, але також сприятиме зміцненню довіри до цієї галузі.

Висновки

Процес створення контенту зазнає стрімких змін із розвитком технологій, особливо це відчутно в час коли системи ШІ розвиваються так швидко. Завдяки використанню сучасних моделей ШІ, можна суттєво автоматизувати цей трудомісткий процес генерації тексту, зображень, аудіо, відео та інших форм медіаконтенту. Інтеграція ШІ у виробництво контенту відкриває перспективи і створює нові можливості для економії ресурсів та оптимізації процесів створення медіаматеріалів.

Сучасні технології набули широкого застосування у кількох ключових напрямках: генерація тексту та обробка природної мови забезпечує створення новин, статей, літературних творів, маркетингових матеріалів; генерація зображень, аудіо та відео відкриває можливості для створення візуальних та звукових високоякісних продуктів; більш персоналізований контент на основі аналізу поведінки користувачів забезпечує індивідуалізований підхід; автоматизоване редагування та коректура великих об'ємів тексту, а також застосування віртуальних асистентів.

Наукова база технологій ШІ ґрунтується на архітектурі трансформерів, великих наборах даних та потужних обчислювальних ресурсах. Це дозволяє системам постійно до-навчатись, досягати високої точності та забезпечувати контекстуальну узгодженість.

Незважаючи на очевидні переваги, використання ШІ стикається з численними технічними, етичними та соціальними викликами. Серед них: обчислювальні обмеження, великі витрати на електроенергію та необхідність постійної підтримки та оптимізації і масштабування моделей ШІ; етичні питання, пов'язані з авторством, маніпулятивним впливом та поширенням упереджень і ризиком дезінформації; відсутність єдиної нормативної бази щодо питань ШІ, що ускладнює визначення відповідальності за контент створений ШІ.

Сучасна тенденція до мульти-модальності та гіпер-персоналізації вказує на подальший розвиток технологій, що дозволить ще глибше інтегрувати ШІ у всі сфери виробництва контенту. Це створюватиме як нові можливості і перспективи для не-професіоналів досягати успіхів у створенні різноманітного контенту, проте і потребуватиме роботи в сфері правових та технічних стандартів для забезпечення відповідального застосування технологій ШІ.

Впровадження ШІ в процес генерації контенту є одночасно революційним підходом, здатним суттєво змінити як бізнес-моделі так і творчий процес, і серйозним викликом, що потребує комплексного підходу для дотримання етичних норм та забезпечення безпеки суспільства.

Список літератури.

1. Tu, Z., Wang, Y., Birkbeck, N., Adsumilli, B., & Bovik, A.C. (2021). UGC-VQA: Benchmarking blind video quality assessment for user generated content. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 4449-4464. <https://doi.org/10.1109/TIP.2021.3072221>.
2. Wyrwoll, C. (2014). User-generated content. In C. Wyrwoll (Ed.), *Social media: Fundamentals, models, and ranking of user-generated content* (p. 11-45). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06984-1_2
3. Rahul, K. (2024, April 24). Common AI models and when to use them? *GeeksforGeeks*. <https://www.geeksforgeeks.org/common-ai-models-and-when-to-use-them/>.
4. SpreadBot. (2024, June 3). Transforming content creation: The role of machine learning in predictive content analysis and optimization. *Spreadbot.ai*. <https://spreadbot.ai/blog/transforming-content-creation-the-role-of-machine-learning-in-predictive-content-analysis-and-optimization/>.
5. Олійник, В. (2024). Етичні виклики штучного інтелекту: Проблеми генерації контенту та морально-правові аспекти. *Grail of Science*, (47), 676-678. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.20.12.2024.105>.
6. Liz, R. (2023, August 31). The role of AI and machine learning in content creation. *Ranking Articles*. <https://ranking-articles.com/ai-and-machine-learning-in-content-creation/>.
7. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 22989:2022 Information technology – Artificial intelligence – Artificial intelligence concepts and terminology* (1st ed.). ISO.
8. Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed., pp. 676–678). Pearson.
9. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/1706.03762>.
10. Goodfellow, I. J., Mirza, M., Xu, B., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Networks. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/1406.2661>.

11. Rayner, A. (2016, March 28). Can Google's Deep Dream become an art machine? The Guardian. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2016/mar/28/google-deep-dream-art>.
12. Бізюк, А.В., & Олійник, В.М. (2025). Використання засобів штучного інтелекту в навчальному процесі. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 277-278).
13. Frayze, M. (2023, June 15). What it was like to spend a month using GitHub Copilot and why I plan to not use it (next month). Dev.to. <https://dev.to/marciofrayze/what-it-was-like-to-spend-a-month-using-github-copilot-and-why-i-plan-to-not-use-it-next-month-3ao5>.
14. Sharma, H. (2025, February 13). What is text generation? GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-text-generation/>.
15. Mittelstadt, B. (2019). Principles alone cannot guarantee ethical AI. Nature Machine Intelligence, 1(11), 501-507. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4>.
16. Shevchenko, A., Vakulenko, M., & Klymenko, M. (2022). The Ukrainian AI strategy: Premises and outlooks. In 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (pp. 511–515). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913094>.
17. Van Otten, N. (2022, December 19). Text generation NLP – Everything you need to know. Spot Intelligence. <https://spotintelligence.com/2022/12/19/text-generation-nlp/>.
18. Kharwal, A. (2024, January 22). Text generation model using Python. The Clever Programmer. <https://thecleverprogrammer.com/2024/01/22/text-generation-model-using-python/>.
19. AIContentfy. (2023, November 6). The role of AI in content generation and production. AIContentfy. <https://aicontentfy.com/en/blog/role-of-ai-in-content-generation-and-production>.
20. W3C Group Draft Note. (2024, January 8). Ethical principles for web machine learning. World Wide Web Consortium. <https://www.w3.org/TR/webmachinelearning-ethics/>.
21. Huang, Y., Arora, C., Houn, W.C., Kanij, T., Madulgalla, A., & Grundy, J. (2025). Ethical Concerns of Generative AI and Mitigation Strategies: A Systematic Mapping Study. ArXiv. <https://arxiv.org/abs/2502.00015>.
22. SpreadBot. (2024, April 3). Revolutionizing the publishing industry: How machine learning and AI are pioneering automated content creation. Spread-bot.ai. <https://spreadbot.ai/blog/revolutionizing-the-publishing-industry-how-machine-learning-and-ai-are-pioneering-automated-content-creation/>.

ТРИВИМІРНИЙ СИМУЛЯТОР ОПЕРАЦІЙНОГО БЛОКУ ІЗ ЗАПРОГРАМОВАНОЮ ВАРІАТИВНІСТЮ ГІГІЄНІЧНИХ НОРМАТИВІВ

Ткаченко В.П.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Завгородній І.В.

д.мед.н., професор, кафедра гігієни та екології,
Харківський національний медичний університет

Літовченко О.Л.

Ph.D, доцент, кафедра гігієни та екології,
Харківський національний медичний університет

Лисак М.С.

асистент, кафедра гігієни та екології,
Харківський національний медичний університет

Парамонов А.К.

старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Ліхініна Р.В.

магістр, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** У роботі представлено симулятор операційного блоку з варіативним моделюванням гігієнічних нормативів, що забезпечує різноманіття створюваних віртуальних приміщень. Інструмент реалізує можливість інтерактивного проведення гігієнічної оцінки та відтворення контрольованої кількості порушень нормативів для навчальних цілей.*

***Ключові слова:** СИМУЛЯТОР, 3D-МОДЕЛЮВАННЯ, ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, UNITY, ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА, ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ.*

Вступ

У ХХІ столітті світ переживає масштабну цифрову трансформацію, яка охопила практично всі сфери діяльності, зокрема й освіту. Застарілі моделі навчання поступово модернізуються або замінюються сучасними методами, що активно інтегрують цифрові технології. Серед найбільш перспективних напрямків виділяються імерсивні технології – віртуальна (VR), доповнена (AR) та змішана (MR) реальність. Технології, які спершу застосовувалися переважно в сфері розваг, згодом успішно зарекомендували себе в таких важливих галузях, як інженерія, архітектура, оборонна промисловість, виробництво, а також у медичній сфері.

Медична освіта становить особливо сприятливе середовище для впровадження імерсивних технологій. Ускладнена будова анатомічних систем, потреба у відпрацюванні інвазивних маніпуляцій, висока вартість помилок у реальних клінічних умовах, а також етичні обмеження при взаємодії з пацієнтами обумовлюють необхідність створення безпечних, контрольованих і максимально наближених до реальності навчальних просторів [1]. Сучасна медична освіта зіштовхується з низкою викликів, зокрема інформаційним перенасиченням, потребою впровадження компетентнісного підходу та необхідністю врахування індивідуальних стилів навчання здобувачів освіти. У цьому контексті 3D-технології відкривають нові можливості, сприяючи візуалізації, інтерактивності та персоналізації освітнього процесу. Ефективність їхнього застосування дедалі частіше підтверджується результатами наукових досліджень, які демонструють переваги над традиційними формами навчання [2, 3].

Освітній компонент «Гігієна та екологія» посідає унікальне місце в системі медичної підготовки. Він формує основу профілактичного напрямку медицини, який є не менш важливим, ніж лікувальний. Якщо клінічні дисципліни фокусуються на діагностиці та лікуванні вже існуючих захворювань, то гігієна та екологія спрямовані на вивчення впливу факторів навколишнього та виробничого середовища на здоров'я людини та розробку заходів для запобігання хворобам, збереження та зміцнення здоров'я населення [4].

Зміст гігієни як науки визначається переліком її основних галузей, серед яких: комунальна гігієна (включаючи водопостачання, стан якості повітря, планування міст, окремих споруд та приміщень), гігієна праці (оцінка виробничих ризиків), гігієна харчування (забезпечення безпеки продуктів і здорового харчування), гігієна дітей і підлітків, радіаційна гігієна, військова гігієна і т.д. Знання цих аспектів є критично важливими для медичних фахівців усіх спеціальностей, оскільки навколишнє середовище і спосіб життя відіграють вирішальну роль у розвитку багатьох захворювань, як інфекційних, так і неінфекційних [5].

Історично саме розвиток гігієни та санітарії призвів до значного покращення показників громадського здоров'я. Тому обов'язковість вивчення цього освітнього компонента та його включення до ліцензійних іспитів (зокрема, Крок-2 в Україні) є абсолютно виправданою, підтверджуючи його статус як невід'ємної частини базової професійної компетентності лікаря.

Незважаючи на фундаментальну важливість освітнього компонента, традиційні методи його викладання часто стикаються з низкою суттєвих викликів, що обмежують ефективність засвоєння матеріалу та формування практичних навичок. Серед основних проблем: перевага теорії над практикою, пасивність лекційного формату, інформаційна сталість друкованих матеріалів, логістичні та безпекові труднощі організації реальних виїзних занять, неможливість симуляції різноманітних сценаріїв (особливо небезпечних) та складність об'єктивної оцінки практичних навичок [6]. Це призводить до так

званого «розриву між знанням і дією» («knowing-doing gap»), коли теоретичні знання недостатньо трансформуються в практичну компетентність.

Однією з ключових переваг імерсивних технологій є можливість створення тривимірних, деталізованих та динамічних моделей, які забезпечують глибоку візуалізацію складних систем і процесів.

VR/AR-середовища забезпечують новий рівень активної участі здобувачів у навчальному процесі. Ці технології ефективно долають одну з головних проблем традиційної освіти – складність перенесення теоретичних знань у практичну площину. Імерсивні технології дають змогу створити навчальні ситуації, максимально наближені до реальності. Така інтерактивність активізує навчальну діяльність, розвиває мотивацію до здобуття знань і сприяє більш глибокому розумінню матеріалу. Концепція «навчання через діяльність» (learning by doing), реалізована у VR-середовищах, довела свою ефективність у багатьох педагогічних дослідженнях, особливо в галузях, де важливі практичні навички [7].

Ще однією перевагою VR/AR/3D-технологій є можливість адаптації навчання до індивідуальних потреб здобувача. Кожен може засвоювати матеріал у зручному темпі, повертатись до складних моментів, отримувати зворотний зв'язок про свої дії в режимі реального часу. Навчальні платформи з елементами штучного інтелекту можуть автоматично змінювати рівень складності завдань залежно від успішності здобувача, що забезпечує глибше засвоєння знань і розвиток аналітичного мислення, самостійності, відповідальності. Такий підхід особливо важливий у вивченні освітніх компонентів, що вимагають не лише засвоєння інформації, а й вироблення рішень у змінних обставинах – а саме це й становить суть гігієнічної практики [8].

Одним із найбільш очевидних та ефективних застосувань 3D-технологій у викладанні гігієни є створення інтерактивних симуляцій для відпрацювання навичок гігієнічної оцінки об'єктів. Ці симуляції являють собою реалістичні віртуальні копії різноманітних середовищ (кухні, лікарняні палати, виробничі цехи, житлові приміщення), в які програмно «вбудовані» типові або специфічні гігієнічні порушення [12]. Хоча досліджень конкретно по гігієнічній оцінці ще небагато, успішний досвід використання VR для тренувань в інших сферах, що потребують інспекції та дотримання протоколів (наприклад, пожежна безпека, лабораторна безпека [13], навчання клінічним процедурам [1]), свідчить про високий потенціал цього підходу.

Здобувачі можуть проводити віртуальні інспекції, використовуючи віртуальні інструменти, ідентифікувати порушення норм освітлення, мікроклімату, чистоти, зберігання продуктів, поведінки з відходами тощо.

Переваги таких віртуальних інспекцій включають: абсолютну безпеку при роботі в потенційно небезпечних симульованих середовищах, необмежену можливість повторення для відпрацювання навичок (навмисна практика), контрольованість та гнучкість сценаріїв, стандартизацію навчального досвіду, можливість об'єктивної оцінки дій здобувача за допомогою зібраних системою

даних та потенційну економічну ефективність у довгостроковій перспективі порівняно з організацією реальних виїздів [9, 14].

Потенціал імерсивних технологій у викладанні гігієни та екології далеко не вичерпаний. Майбутні напрямки розвитку включають інтеграцію зі штучним інтелектом для створення адаптивних сценаріїв та надання інтелектуального зворотного зв'язку, розробку колаборативних віртуальних середовищ для командної роботи (наприклад, симуляція розслідування спалаху) та ширше використання гаптичних технологій (з тактильним зворотнім зв'язком) для підвищення реалізму [15].

Однак широке впровадження 3D-технологій стикається і з певними викликами: висока початкова вартість розробки та обладнання, потреба в технічній експертизі, необхідність ретельної педагогічної інтеграції (уникнення використання технологій заради технологій), потенційні побічні ефекти (кіберхвороба) та проблема забезпечення рівного доступу для всіх здобувачів [1, 14].

Підсумовуючи, можна з упевненістю стверджувати, що імерсивні 3D-технології (VR, AR, MR) мають величезний трансформаційний потенціал для викладання освітнього компонента «Гігієна та екологія» в медичних навчальних закладах. Вони дозволяють подолати багаторічні обмеження традиційних підходів, пропонуючи безпрецедентні можливості для візуалізації, активної взаємодії та формування стійких практичних навичок у безпечному, контрольованому та інтерактивному середовищі. Створення та впровадження віртуальних симуляцій для гігієнічної оцінки об'єктів є одним із найбільш перспективних напрямків [11]. Незважаючи на існуючі виклики, переваги використання 3D-технологій для підвищення ефективності навчання, рівня компетентності та впевненості випускників є надто значними, щоб їх ігнорувати. Інвестиції в ці технології сьогодні – це інвестиції в більш кваліфікованих та краще підготовлених лікарів завтра, здатних ефективно відповідати на виклики громадського здоров'я у сучасному світі. Подальший розвиток та інтеграція імерсивних технологій, безсумнівно, визначатимуть майбутнє медичної освіти [10].

Мета та завдання роботи

Метою роботи є розробка тривимірного симулятора операційного блоку з можливістю автоматизованої генерації варіативних просторових моделей відповідно до гігієнічних нормативів та контрольованого відтворення їх порушень як інноваційного інструменту для підвищення ефективності викладання освітнього компонента «Гігієна та екологія» в закладах вищої медичної освіти.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: провести аналіз та формалізацію вимог нормативної документації, створити ряд тривимірних моделей об'єктів, розробити послідовність та логіку генерації об'єктів, розробити сценарії взаємодії користувача з системою, програмно реалізувати симулятор, провести тестування системи.

Основна частина

Функції симулятора

Симуляція є імітацією реального процесу або ситуації, що передбачає відтворення ключових властивостей об'єкта. Ефективна симуляція має забезпечувати таку взаємодію, яка наближена до реальних умов і дозволяє користувачеві досягати навчальних результатів шляхом повноцінного занурення в середовище.

Згідно з метою роботи, розроблений симулятор приміщень операційного блоку орієнтований переважно на студентів медичних закладів освіти та виконує функцію інтерактивного інструменту для відпрацювання практичних навичок. Щоб досягти максимальної ефективності, симулятор має забезпечувати високий рівень інтерактивності, реалістичності та варіативності і різноманіття генерованих моделей медичних приміщень.

З огляду на тематику роботи, усі моделі у створюваному віртуальному середовищі мають відповідати не лише реальним об'єктам, а й чинним нормативним вимогам [16-19]. Дотримання цих вимог дозволяє формалізувати набір необхідних моделей, визначити їх кількість, просторове розташування та властивості поверхонь (текстури), а також однозначно класифікувати реалізації як коректні або такі, що містять порушення нормативів.

Загалом симулятор має виконувати наступні функції:

- зберігати варіанти значень параметрів об'єктів згідно нормативних вимог;
- автоматизовано генерувати тривимірні об'єкти з випадковим варіантом з множини доступних значень параметрів;
- генерувати задану кількість елементів, що суперечать нормативним вимогам;
- формувати перелік помилкових реалізацій, що додані у модель приміщення;
- надавати можливість пересування та перегляду користувачем всіх об'єктів створеного віртуального приміщення;
- надавати можливість взаємодії користувача з моделями об'єктів для отримання інформації та позначення помилкових генерацій;
- надавати можливість перезапуску для повторної генерації блоку приміщень та завершення перегляду приміщення;
- розраховувати оцінку результатів роботи користувача.

Відповідно до визначених функцій симулятора, його архітектуру можна поділити на три функціональні компоненти:

- генератор приміщення – автоматизоване створення тривимірної моделі операційного блоку на основі формалізованих нормативних вимог;
- симулятор віртуального середовища – режим взаємодії користувача з моделлю приміщення у форматі дослідження та навігації;
- опитування результатів – фіксація виявлених порушень та оцінка гігієнічної відповідності користувачем.

Найбільш об'ємною складовою проєкту є генератор віртуального приміщення. Одразу після запуску застосунку він виконує автоматизовану генерацію унікальної моделі операційного блоку на основі параметрів, обраних випадковим чином у межах допустимих значень. При цьому передбачається фіксована кількість об'єктів із навмисно заданими помилками нормативних вимог. Вся інформація про створену модель та вмонтовані порушення, зберігається у файлі опису сцени. Ці дані надалі використовуються для автоматичної перевірки правильності оцінки гігієнічного стану приміщення.

Після завершення генерації застосунком переходить у режим симуляції, який дозволяє користувачеві вільно пересуватись в межах віртуального простору з урахуванням колізій об'єктів, оглядати кімнати та елементи інтер'єру, а також взаємодіяти з ними.

У разі вибору певного об'єкта в приміщенні активується модуль опитування, який надає варіанти відповідей щодо його відповідності нормативам. Після завершення огляду результати, обрані користувачем, порівнюються з реальними характеристиками моделі відповідного об'єкта. На основі цього формується підсумок гігієнічної оцінки приміщення, який автоматично конвертується в оцінку за 100-бальною шкалою.

Етапи створення симулятора

Для розробки віртуального середовища та його подальшого використання система потребує вбудований набір тривимірних моделей частин приміщення, приладів, предметів наповнення та відповідних текстур. Розробка тривимірних моделей медичних приміщень потребує фіксованого переліку необхідних складових об'єктів та їх визначених характеристик (допустимі текстури, колір випромінюваного світла тощо) до початку моделювання. Цей перелік визначається в процесі формалізації нормативних вимог. За цим переліком створюються моделі об'єктів та відповідні текстури. Перед етапом розробки системи генерації приміщень спеціального призначення, необхідно визначитись з логікою генерації, а також розробити сценарій взаємодії з користувачем. Завершальними етапами роботи стануть реалізація системи як єдиного застосунку та його подальше тестування.

Таким чином розробка симулятора медичних приміщень операційного блоку складається з наступних етапів:

- аналіз чинних державних стандартів та нормативних документів;
- формалізація нормативних вимог до об'єктів для створення коректних та помилкових варіацій;
- створення тривимірних моделей і текстур;
- розробка сценарію генерації приміщень;
- розробка сценарію взаємодії з користувачем;
- програмна реалізація системи;
- тестування системи.

Формалізація нормативних вимог

Моделювання приміщень спеціального призначення таких як медичні вимагає не просто геометричного моделювання, а попередньої формалізації нормативних вимог до параметрів моделі. Зі стандартів за основу взято Державні будівельні норми України для громадських будівель та споруд, закладів охорони здоров'я [16], Державні санітарні норми та правила [17] й інші офіційні документи, де описані гігієнічні вимоги до операційних блоків (площі, вентиляція, обробка поверхонь, водопостачання, вимоги до стін/стелі/підлоги, розділення чистих і брудних зон тощо) [18] та оснащення приміщень [19]. Поточні чинні державні норми діють на новозбудовані та реконструйовані будівлі закладів охорони здоров'я (ЗОЗ). Як правило, до них застосовуються різні вимоги, причому до споруд нового будівництва вони вищі та жорсткіші. У створюваному симуляторі блок медичних приміщень слід вважати частиною будівлі ЗОЗ після реконструкції.

Визначені в нормативних документах вимоги до приміщень закладів охорони здоров'я, зокрема операційних блоків, запропоновано поділити на архітектурні та функціональні залежно від їх впливу на модель.

Архітектурні вимоги визначають взаємне розташування, розмір та співвідношення площ кімнат, їх розташування на відповідних поверхах тощо. Компонування приміщень операційного блоку, у відповідності з вимогами, можна формалізувати у конкретні плани блоку та реалізувати у вигляді коректних та некоректних планів. Також вони напряду впливають на створення моделей частин кімнати.

Для визначення розмірів операційної зали, наприклад, згідно загальних архітектурних вимог до будівель ЗОЗ висота приміщень (у просвіті від верху конструкції підлоги до низу конструкції стелі) при новому будівництві надземних поверхів ЗОЗ приймається не менше ніж 3 м, при реконструкції – від 2,5 м. Висота підземного, підвального та цокольного поверхів від підлоги до стелі повинна бути не менше ніж 2,7 м. Згідно архітектурних вимог до приміщень операційних відділень, глибина лікувально-діагностичних приміщень при денному освітленні їх з одного боку повинна бути не більше ніж 6 м. Глибина операційних має бути не менше ніж 5 м. Відношення глибини до ширини лікувально-діагностичних приміщень має бути не більше ніж 2:1, а необхідна площа операційного приміщення 42 м² для нового будівництва та 30 м² для реконструкції [16]. Оптимальним розміром кімнати у такому випадку є 2,7×5×6 м. Ці значення лягають в основу створення тривимірних моделей підлоги, стін та стелі такого типу приміщення.

Функціональні вимоги до приміщень визначають характеристики об'єктів, що безпосередньо наповнюють приміщення, наприклад їх кількість та розташування у кімнатах, покриття поверхонь або колір випромінюваного світла. Вони поділяються на предметні та непередметні.

Вимоги предметного характеру забезпечуються наявністю та відповідністю моделей об'єктів. Наприклад, згідно державних санітарних норм

в приміщеннях клінічних структурних підрозділів ЗОЗ краї підлоги біля стін повинні бути заведені на стіни на висоту мінімум 80 мм; в приміщеннях, в яких необхідно дотримуватися вимог стерильності – на висоту мінімум 150 мм.

Вимоги непередметного характеру, такі як температура, вологість та освітленість, вирішено відтворювати у віртуальному приміщенні за допомогою допоміжних об'єктів, зокрема даних про значення параметрів мікроклімату та вимірювальних приладів, за якими користувач зможе дізнатися ці характеристики. Наприклад, згідно функціональних вимог приміщення повинно мати освітлення, спектр випромінювання якого наближений до спектра природного світла. До некоректних реалізацій в даному випадку буде віднесено відсутність ламп або разюча відмінність кольору штучного світла від сонячного.

У результаті формалізації вимог до операційного блоку отримано таблицю (табл. 1) з даними назв необхідних до створення об'єктів, їх варіацій моделей, матеріалів та інших параметрів.

Таблиця 1 – Фрагмент таблиці формалізації вимог

Назва об'єкту	Коректна реалізація	Помилкова реалізація
Підлога операційного приміщення	Модель 1c1; текстура 0c1, 0c2, 0c3, 0c4, 0c5, 0c6, 0c7 або 0c8	Модель 1w1 або 1w2; текстура 0w1, 0w2, 0w3, 0w4, 0w5, 0w6 або 0w7
Світильник стельовий	Наявність об'єкту; 4, 5 або 6 екземплярів; модель 6c1, 6c2, 6c3 або 6c4; текстура 0c38 або 0c39	Відсутність об'єкту; модель 6w1, 6w2 або 6w3; текстура 0w28, 0w29 або 0w30
Стіл операційний	Наявність об'єкту в межах моделі операційної кімнати; 1 екземпляр; модель 10c1, 10c2 або 10c3; текстура основи 0c29, 0c30, 0c31 або 0c32, робочої поверхні – 0c36, 0c37 або 0c38	Відсутність об'єкту в межах моделі операційної кімнати; 2-3 екземпляри; текстура робочої поверхні 0w33, 0w34, 0w35, 0w36 або 0w37
Рухома хірургічна безтіньова лампа	Наявність об'єкту в межах моделі операційної кімнати; модель 10c4 або 10c5; текстура 10c1c1, 10c1c2, 10c2c1 або 10c2c2	Відсутність об'єкту в межах моделі операційної кімнати
Дифузор ламінарного повітряного потоку	Наявність об'єкту в межах операційної кімнати; модель 5c1 або 5c2; текстура 5c1c1, 5c2c1 або 5c2c2	Відсутність об'єкту в межах моделі операційної кімнати; модель 5w1; текстура 5c2w1
Монітор індикації	Наявність об'єкту в межах операційної кімнати; модель 10c11; текстура 10c11c1 або 10c11c2; відображення значень параметрів мікроклімату	Відсутність об'єкту в межах моделі операційної кімнати
Кран водопровідний	Об'єкт розташовано відповідно до розташування медичної раковини для миття рук; модель 10c16; текстура 0c29 або 0c30	Модель 10w7 або 10w8; текстура 0w31
Кисневий балон	Відсутність моделі	Наявність моделі (модель 12w8, текстура 12w8c1)
Вентиляційна решітка видалення повітря нижньої зони	Наявність моделі; 4 екземпляри; розташування на рівні 0,15-0,32 м вище підлоги; модель 5c4 або 5c5; текстура 0c29, 0c30 або 0c32	Відсутність моделі; 1-3 екземпляри; розташування на 0,4-0,6 м вище підлоги

Для зручності подальшого обігу даних моделі та текстури позначено шифром, де перша цифра позначає номер групи об'єкту, наступна літера – коректний чи некоректний об'єкт (від англ. correct та wrong відповідно), наступна цифра – номер мешу (тривимірної геометрії). Подальша літера (с або w) та цифра позначають коректність та номер текстури, специфічної для цієї моделі. Шифр загальних текстур (пластик, скло, метал тощо) є трицифровим та починається з 0, адже не має конкретної моделі, до яких вони відносяться. Наприклад, 1c1 позначає модель підлоги з заведеними на 15 см краями, 1w1 – на 8 см, 1w2 – без заведених країв.

Підготовка моделей наповнення та текстур

Всі моделі елементів інтер'єру приміщень поділено на 2 категорії [20]: специфічні – тип, положення, характеристики та кількість яких упорядковуються нормативними документами, та загальні – до яких не висунуто державних вимог, але які властиві операційним блокам і додають реалістичності інтер'єру та додатково сприятимуть варіативності отримуваних приміщень. Згідно отриманого переліку формалізованих вимог та необхідних у проєкті об'єктів, для реалізації віртуального середовища операційного блоку було розроблено 119 тривимірних моделей об'єктів.

Створення тривимірних моделей було проведено у програмному пакеті Blender за допомогою методу полігонального моделювання. Такий підхід дозволяє досягти високої точності у формуванні геометрії об'єктів при відносно невеликому розмірі файлу моделі, що зменшує навантаження на обчислювальну та графічну системи при їх обробці та візуалізації сцени.

Під час підготовки файлів геометрії моделі застосовується операція трансформації «Apply All Transforms» з метою уникнення викривлень масштабу або кута обертання моделі після експорту. Також перевіряються нормалі поверхонь та виконується тріангуляція геометрії. При експорті найчастіше використовуються формати FBX та GLTF/GLB. У рамках цього проєкту моделі експортовано у форматі FBX, оскільки саме він використовується тривимірним рушієм Unity.

Вимоги до матеріалів поверхонь реалізовано шляхом текстурування моделей. Основними характеристиками є колір, шорсткість та висотна карта (height map), що формують рельєфність поверхні. Для їх розробки використано інструмент Shader Editor у Blender, який дозволяє створювати процедурні матеріали. Такий підхід забезпечує реалістичне візуальне відтворення матеріалів без необхідності зовнішніх зображень текстур, формуючи властивості поверхні за допомогою математичних алгоритмів. Текстури створено з урахуванням реалістичності та відповідності матеріалам обладнання, зазначеним у нормативній документації. Для підвищення достовірності при моделюванні та текстуруванні використовувалися фотознімки реальних операційних блоків.

Для моделей конструктивних елементів приміщення (підлога, стіни, стеля) переважно використовуються унікальні матеріали. Натомість для предметів інтер'єру найбільш поширеними є матеріали, що імітують білий пластик,

гладкий метал та поверхню екрана. У кольоровій гамі переважають світлі тони, зокрема білий, світло-блакитний та сірий, що сприяють візуальному сприйняттю чистоти й стерильності, а також не викликають візуального навантаження або роздратування у користувача.

Для експорту матеріалів проведено запікання (baking) базового кольору, карти нормалей та карти шорсткості текстур, результати якого збережено у форматах .png та .jpg.

Сценарій генерації

Створення віртуального операційного блоку починається з каркасу приміщень. Сценарій наповнення інтер'єру реалізується у вигляді послідовності кроків, що визначають розміщення моделей у кімнатах. Для кожної з виділених груп об'єктів при генерації використовуються заздалегідь підготовлені набори варіацій тривимірних моделей. Помилкові реалізації та варіанти моделей, що не відповідають нормативним вимогам, застосовуються для навмисного додавання порушень. Кожен об'єкт містить інформацію про допустимі варіації параметрів та відповідні теги причин порушень. За відсутності таких тегів об'єкт не зможе бути позначений як помилковий.

Розробка сценарію генерації починається з визначення категорій об'єктів, кожна з яких має власний перелік доступних елементів для вибору. У даному проєкті генерація як самого приміщення, так і його наповнення відбувається у хронологічному порядку від складових каркасу кімнати (підлога, стіни та стелі) до внутрішніх об'єктів таким чином, аби завжди реалізація поточного етапу була важливіша за наступний, але не була здатна унеможливити (через перетин геометрії моделей) або знизити варіативність його помилкових реалізацій.

Генерація дверей у створеному порожньому каркасі кімнати є пріоритетом через необхідність прохідності сцени (з'єднанням між кімнатами блоку) та відсутність впливу на генерацію системи вентиляції. Отвори притоку повітря можуть бути згенеровані на стінах (відносно невеликі хепа-фільтри) або стелі (ламінарні дифузори повітря, що мають займати до чверті площі стелі), а об'єкти освітлення – лише на стелі. Генерація ламп освітлення першими значно знизить шанс реалізації стельової варіації вентиляційних отворів, що негативно вплинуло б на варіативність помилкових реалізацій. Тому генерація вентиляційних отворів є у пріоритеті перед освітленням.

Параметри, що визначені вимогами, проте не відображаються безпосередньо у вигляді тривимірних моделей, генеруються останніми. Винятком є значення параметрів мікроклімату, які мають використовуватись у відображенні на настінному моніторі індикації (прилад, необхідний в приміщенні операційної зали).

Згідно такої логіки всі об'єкти з переліку формалізованих вимог поєднано у 14 груп-етапів генерації:

- покриття підлоги приміщень;
- стіни приміщень та віконні прорізи;
- стелі приміщень;

- дверні блоки;
- вентиляційні отвори та канали;
- освітлювальні прилади та вимикачі;
- об'єкти протипожежної безпеки;
- медичні газові розетки та трубопроводи медичних газів;
- значення параметрів мікроклімату приміщень;
- обладнання, необхідні для функціонування приміщень;
- електричні розетки;
- предмети інтер'єру (наповнення);
- інформація про досяжність мереж;
- інформація про результати останніх перевірок систем та прибирань.

Перед початком генерації випадковим чином здійснюється вибір етапів, на яких буде реалізовано помилки. Для кожного етапу встановлено фіксований ліміт на кількість допустимих помилок, що дозволяє уникнути надмірної концентрації порушень у межах окремих типів об'єктів. Загальна кількість помилок налаштовується заздалегідь та у процесі генерації є сталою для всіх користувачів, що забезпечує однаковий рівень складності симуляції.

Після розподілу помилок між етапами розпочинається процес генерації приміщення. Для кожної категорії встановлюється загальна кількість екземплярів, що мають з'явитися у сцені. Для забезпечення унікальності створюваних віртуальних операційних блоків сценарій на кожному кроці ітерації випадковим чином обирає: кількість об'єктів поточного етапу, варіант кожної моделі з множини наявних для цього об'єкта, їхні координати, кут обертання та матеріал поверхні. У кожній групі (етапі) спочатку відбуваються помилкові реалізації унікальних об'єктів і цикл продовжується доки не буде створено необхідну кількість об'єктів в даній групі. За наявності кількох тегів порушення з них випадково вибирається один. Кожен вибір значення параметрів характеристик обмежується фіксованими в них правилами та вимогами. Генерація здійснюється за принципом умовної випадковості, з використанням попередньо заданих параметрів коректних та помилкових реалізацій.

Елементи обираються випадковим чином з доступного набору з перевіркою, чи вже використовувався цей елемент у попередніх ітераціях. Модель не може бути розміщена, якщо вибране місце вже зайняте іншим об'єктом. Це дозволяє уникнути перетинів та забезпечити реалістичність сцени. У разі невдалої спроби розміщення виконується повторна генерація. Помилкова реалізація можлива лише за умови, що об'єкт містить хоча б одну визначену помилкову варіацію. У разі успішної генерації такої реалізації фіксуються назва моделі та причина порушення.

Застосовується координатне розташування об'єктів задля забезпечення положення кожної моделі повністю в межах обраної кімнати, обмеженої внутрішніми поверхнями стін, та прилягання до стін, підлоги або стелі.

Розроблений сценарій генерації забезпечує створення приміщень із високою варіативністю результатів при фіксованій кількості помилок. Якщо ця

кількість дорівнює нулю, система формує варіант операційного блоку, який повністю відповідає гігієнічним вимогам. Згідно мети роботи, помилкові реалізації генеруватимуться лише серед специфічних об'єктів та їх параметрів, до яких передбачені вимоги щодо охорони праці в операційних блоках.

Взаємодія з користувачем

Після завершення генерації користувач потрапляє у створене віртуальне середовище. У цьому режимі він може вільно оглядати інтер'єр, пересуватись між приміщеннями та змінювати напрям погляду. Починаючи з початкової позиції, користувач досліджує приміщення з метою гігієнічної оцінки.

Під час взаємодії користувача з віртуальним середовищем, натискання на модель об'єкта призводить до її вибору. На екрані з'являється інформаційне вікно з коротким описом обраного елемента та переліком варіантів відповідей. Ці варіанти становлять список можливих порушень, визначених у вимогах для відповідного типу об'єкта. Користувач може обрати одну з відповідей або в будь-який момент закрити це вікно без відповіді. При наведенні на об'єкт, що може бути відміченим як помилковий, та затримці на ньому понад однієї секунди у центрі екрану з'являтиметься невелике коло, що спонукатиме користувача до дії.

Користувач має постійний доступ до меню, за допомогою якого можна повторно згенерувати нове приміщення або завершити огляд поточного приміщення операційного блоку. Останнє призведе до переходу на окремий екран розрахунку результатів, де його зароблені умовні бали перерахуються та відображатимуться за 100-бальною шкалою. За кожний відмічений варіант відповіді, що збігається з одним із записів в переліку проблем, він отримає один умовний бал. За кожную помилкову відповідь він втрачатиме 1 бал. У результаті він може отримати умовну кількість балів у інтервалі від 0 до кількості згенерованих помилок.

Програмна реалізація симулятора

Програмну реалізацію системи виконано за допомогою тривимірного рушія Unity, що було зумовлено його технічними перевагами та широкими можливостями для міжплатформенного розгортання. Unity забезпечує повноцінну підтримку тривимірної графіки, включаючи імпорт моделей, роботу з матеріалами, освітленням, колізіями та анімацією. Ключовою перевагою є можливість реалізації інтерактивної взаємодії з користувачем, вільної навігації у віртуальному середовищі та складної логіки опитування та оцінки дій. Unity має зручну інфраструктуру подій, UI-систему, систему фізики та підтримку сценаріїв на C#, що дозволяє ефективно реалізувати логіку генерації, обробки помилок і збирання відповідей.

У проєкті середовища Unity створені 3D-моделі додаються до директорії Assets та стають доступними як ресурси – ігрові об'єкти. Кожен об'єкт в Unity, окрім імені, містить дані про призначений матеріал, сітку (mesh), шейдер,

рендерер та інші компоненти, що визначають його вигляд і поведінку у сцені. Крім того платформа Unity дозволяє додавати власно створені компоненти, що здатні не тільки зберігати дані, але й керувати логікою об'єкта. Завдяки додаванню такого програмного сценарію до об'єкта стає можливим керувати його властивостями, обробкою подій, взаємодією з іншими об'єктами сцени та реалізацією складної поведінки у симуляції.

Сценарій генерації віртуальних приміщень реалізовано за допомогою програмних компонентів Spawn (відповідає за генерацію об'єктів) та ObjectData (зберігає дані про об'єкт). Компонент ObjectData прикріплюється до кожного об'єкта, що може бути розміщений у сцені. Він містить структуровану інформацію про об'єкт: перелік допустимих матеріалів, доступні геометричні варіації, допустимі координати розміщення, а також список тегів із причинами можливих порушень згідно з нормативними вимогами. Завдяки цьому кожне найменування може мати власний набір параметрів і обмежень, що зберігаються незалежно від інших об'єктів.

Unity дозволяє зручно керувати параметрами компонентів безпосередньо у вікні редактора. Достатньо перетягнути префаб (об'єкт зі всіма заданими компонентами) з папки Assets до відповідного масиву в інспекторі, і він автоматично буде доданий. Логічні змінні тегів-порушень відображаються у вигляді чекбоксів, що полегшує їх налаштування. Перелік можливих причин порушень визначено на основі формалізованих вимог і включає: текстуру, тип моделі, розташування, кількість, відсутність, наявність, дійсність, температуру, тиск і вологість. Доступні варіанти розташування об'єктів задаються як списки, де кожен елемент містить координати початку та кінця дозволеної зони для генерації.

Також редактор відображає направляючі, що показують початок та кінець коректних та помилкових місць генерації цього об'єкту зеленим та червоним кольором відповідно. Ними можна керувати прямо у вікні редагування (рис. 1). Відображення таких направляючих можна вимкнути у налаштуваннях об'єкту.

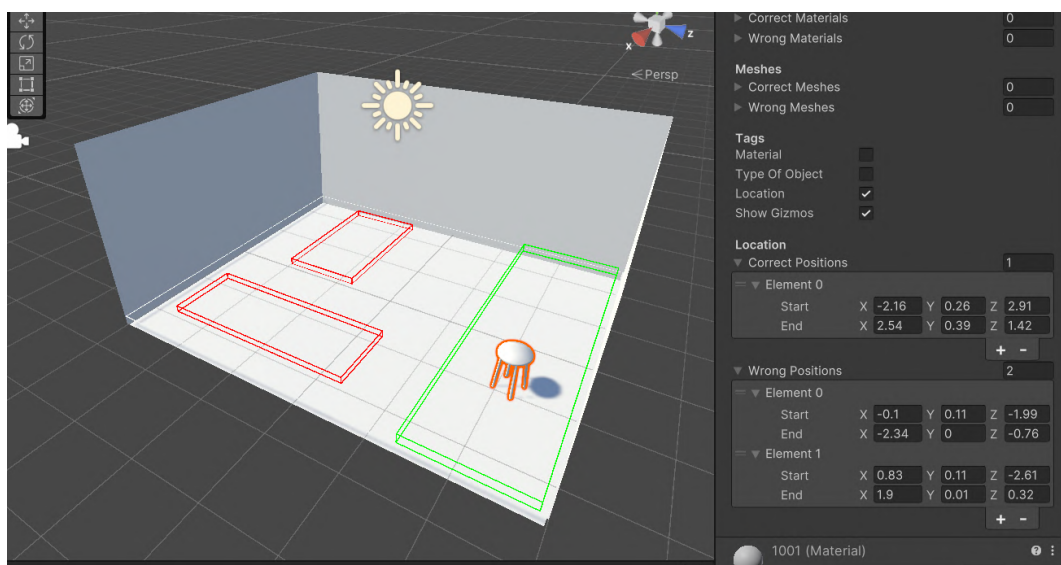


Рисунок 1 – Редагування варіантів коректного та некоректного розташування обраного об'єкта з вікна редагування

Розроблений компонент для додавання даних до об'єктів є універсальним засобом підготовки всіх моделей, необхідних для створення приміщень операційного блоку. Безпосередню генерацію приміщення реалізовано через сценарій `Spawn`, який додається до порожнього об'єкта, що позначає розташування відповідного приміщення. Компонент зберігає кількість помилок, які мають бути згенеровані, дозволяє змінювати це значення та наповнювати масиви об'єктів згідно з етапами (групами) генерації.

Для зберігання інформації про етап створено спеціальний клас групи, що містить, назву, необхідну кількість моделей для генерації, їх перелік, максимально допустиму кількість створених порушень та поточну кількість некоректних реалізацій всередині етапу. Перелік доступних моделей прирівнюється до відповідного масиву об'єктів, доданих у вікні редагування. До запуску значення поточної кількості помилок дорівнює нулю, інші значення додано програмно згідно формалізованих вимог. Зі створених груп всередині сценарію формується перелік етапів для генерації.

Після запуску системи спершу виконується розподіл помилок між етапами. Для цього використовується цикл `while`, який випадковим чином обирає етап доти, доки кількість помилок, що залишились до генерації, більша за нуль. Якщо поточна кількість помилок у вибраній групі менша за її допустимий максимум, значення коригуються: у групу додається одна помилка, а залишок зменшується.

Функція генерації проходить по кожній групі у визначеному порядку етапів. У кожній групі ітерації тривають, поки не буде досягнуто потрібної кількості реалізованих моделей. Насамперед генеруються помилкові реалізації.

Створюється список індексів, що відповідають об'єктам у масиві групи. Він потрібен для запобігання повторному вибору одного й того самого елемента. Поки список не порожній, обирається випадковий індекс, і за допомогою `GetComponent()` отримується об'єкт із відповідним компонентом `ObjectData`. Якщо поточна кількість помилок групи більша за нуль, а об'єкт має хоча б один тег порушення, випадково обирається один з доступних для нього тегів. Після цього індекс об'єкта видаляється зі списку.

Далі формується набір значень, необхідних для генерації, відповідно до обраного тегу помилки. Для вибраного тегу порушення значення параметра обирається з масиву помилкових варіацій, для інших – з коректних. Координати розташування визначаються як випадкова точка в межах дозволеного діапазону. Після цього модель створюється за допомогою `Instantiate()`, а її назва та обраний тег порушення додаються до списку помилкових реалізацій. Поточна кількість помилок у групі збільшується на одиницю. Якщо для об'єкта не передбачено помилкової реалізації, обирається випадковий варіант з переліку коректних.

Сценарій забезпечує генерацію серії моделей у межах заданого приміщення. Додавши його як компонент до порожнього об'єкта сцени та налаштувавши параметри, можна створити будь-яке приміщення операційного блоку згідно з визначеними вимогами.

Результати роботи

У результаті роботи було розроблено автоматизовану систему генерації випадкових наборів тривимірних моделей відповідно до фіксованих вимог. Варіативність отриманих приміщень досягається шляхом випадкового вибору мешу, матеріалу та розташування з наперед визначених списків допустимих варіантів для кожного об'єкта. Для матеріалів також застосовується випадкове задання кольору в межах заданого діапазону. Приклади згенерованих приміщень наведено на рисунку 2.



Рисунок 2 – Результати роботи сценаріїв генерації на прикладі операційної кімнати

Реалізовано також режим огляду моделі (рис. 3). У ньому користувач має змогу керувати власним розташуванням всередині моделі та кутом повороту за допомогою вводу з клавіатури та рухом миші. Об'єкт гравця містить компонент Unity CharacterController та камеру, що передає зображення віртуального приміщення на екран монітора користувача.



Рисунок 3 – Модель приміщення (зліва) та його огляд під час симуляції (праворуч)

Формою зворотного зв'язку від системи слугують механізм зіткнень. Алгоритм постійно проводить перевірки щодо зіткнення об'єкту користувача з межами наявних в сцені моделей аби унеможливити прохід гравця крізь них. Таке обмеження у русі покращує досвід користування та реалістичності, адже створює відчуття фізичної присутності.

Висновки

У ході роботи було реалізовано тривимірний симулятор операційного блоку, що поєднує автоматизовану генерацію просторових моделей з контрольованим відтворенням порушень гігієнічних нормативів. Проведена формалізація вимог нормативної документації дозволила створити логічну структуру генерації об'єктів та закласти основу для масштабованого сценарного моделювання.

Система забезпечує варіативність створюваних приміщень завдяки використанню випадкових значень параметрів моделей у межах допустимих нормативів. Водночас реалізовано механізм інтеграції помилкових реалізацій, що дає змогу формувати навчальні ситуації для перевірки знань з гігієни.

Запропонований підхід до створення моделей приміщень передбачає можливість додавання до кожного етапу генерації як коректних, так і помилкових варіантів реалізації об'єктів. Такий механізм забезпечує гнучке розширення варіативності створюваних сцен без необхідності суттєвих змін у структурі або логіці програмного коду. Це дозволяє швидко оновлювати симулятор у разі змін нормативної бази або розширення сценаріїв навчання.

Використаний тривимірний рушій підтримує експорт проєкту на різні платформи (Windows, Linux, WebGL, мобільні пристрої), що дає змогу масштабувати систему та використовувати її у навчальних закладах із різним технічним забезпеченням.

Функціональність симулятора охоплює повний цикл навчальної взаємодії: генерацію моделей, огляд, фіксацію відповідей, оцінювання результатів. Отримана система є ефективним інструментом для інтерактивного навчання в межах освітнього компонента «Гігієна та екологія» та може бути адаптована для інших типів спеціалізованих приміщень.

Список літератури.

1. Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthcare Journal*, 6(3), 181-185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>.
2. Zhao, G., Fan, M., Yuan, Z., et al. (2021). The comparison of teaching efficiency between virtual reality and traditional education in medical education: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Translational Medicine*, 9(3), 252. <https://doi.org/10.21037/atm-20-5997>.
3. Kyaw, B. M., Saxena, N., Posadzki, P., et al. (2019). Virtual reality for health professions education: Systematic review and meta-analysis by the Digital Health Education Collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, 21(1), e12959. <https://doi.org/10.2196/12959>.
4. Bardov, V.H., Omelchuk, S.T., Yavorovsky, O.P., та ін. (2017). Гігієна та екологія: Підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації. Нова Книга.

5. World Health Organization. (n.d.). Environmental health. <https://www.who.int/health-topics/environmental-health>.
6. Cook, D.A., Hatala, R., Brydges, R., et al. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 306(9), 978-988. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234>.
7. Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549-559. <https://doi.org/10.1002/ase.1696>.
8. Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)*, 1-8. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-00>.
9. McGaghie, W.C., Issenberg, S.B., Petrusa, E.R., & Scalese, R.J. (2010). A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Medical Education*, 44(1), 50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>.
10. Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
11. Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., García, S., & Barcia, J.M. (2015). AR-BOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 119-124. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9526-4>.
12. Clay, V., König, A., & Ropinski, T. (2019). Towards virtual reality chemical safety training. *Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. (p. 884-885). <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8797868>.
13. Smith, S., Ericson, E., Quillin, J., et al. (2021). Virtual reality simulation in safety and clinical skills training for health professional students: A scoping review. *Nurse Education Today*, 105, 105044. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105044>.
14. Bracq, M.S., Michinov, E., & Jannin, P. (2019). Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: A systematic review. *Simulation in Healthcare*, 14(3), 188-194. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347>.
15. Antoniou, P.E., Arfaras, G., Pandria, N., et al. (2020). Augmented reality, virtual reality, and mixed reality in education: A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 10(10), 283. <https://doi.org/10.3390/educsci10100283>.
16. Міністерство розвитку громад та територій України. (2022). ДБН В.2.2-10:2022. Будівлі і споруди. Заклади охорони здоров'я. Київ: Мінрегіон. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/dbn-v.2.2-10-2022.pdf>.
17. Міністерство охорони здоров'я України. (2012). Державні санітарні норми і правила влаштування, обладнання та експлуатації закладів охорони здоров'я (ДСанПіН 2.2.3.4-2012). Київ: МОЗ.
18. Міністерство охорони здоров'я України. (2023). Наказ № 562 від 02.03.2023 «Про затвердження Санітарно-протиепідемічних вимог до новозбудованих, реконструйованих та реставрованих закладів охорони здоров'я». Офіційний вебсайт Верховної Ради України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0562-23>.
19. Міністерство охорони здоров'я України. (2023). Наказ № 439 від 07.03.2023 «Про внесення змін до наказів МОЗ України від 31.10.2011 № 739 та від 11.04.2005 № 158». Офіційний портал Верховної Ради України. <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0439282-23>.
20. Ліхніна, Р.В. (2024). Про задачу розробки електронного комплексу зі створення наборів тривимірних моделей спеціального призначення. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті*. Т. 6. (с. 940-941).

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МЕДИКО-ПСИХОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дейнеко Ж.В.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Літовченко О.Л.

Ph.D, доцент, кафедра гігієни та екології,
Харківський національний медичний університет

Стукалкина Д.С.

науковий співробітник, кафедра гігієни та екології,
Харківський національний медичний університет

Завгородня Н.І.

к.мед.н., доцент, кафедра сексології, психотерапії
та медичної психології,

Харківський національний медичний університет

Парамонов А.К.

старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Бельмачов О.А.

бакалавр, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Робота присвячена проектуванню веб-платформи для проведення медико-психологічних досліджень, що забезпечує персоналізоване проходження комплексу опитувальників в інтерактивному форматі. Розроблена платформа дозволяє здійснювати багаторазове проходження груп анкет, забезпечує анонімність респондентів та надає зручні інструменти для опрацювання результатів.*

***Ключові слова:** ВЕБ-СИСТЕМА, ТЕСТУВАННЯ, ПСИХОЛОГІЯ, ДИЗАЙН, LARAVEL, БАЗА ДАНИХ.*

Вступ

У сучасних умовах багаторівневого психоемоційного навантаження на населення, зумовленого комбінацією глобальних (пандемія), та локальних кризових факторів (військова агресія, соціально-економічна нестабільність, зміни в укладі життя, особисті втрати та інші щоденні стресогенні події), спостерігається стрімке зростання кількості звернень за допомогою у сфері психічного здоров'я [1]. Так, за період січень-липень 2024 року понад 250 тисяч українців звернулися до лікарів первинної ланки з приводу ментального здоров'я. Найпоширенішими причинами для візиту були відчуття тривоги, нервування або напруженості (більше 100 тисяч осіб) та порушення сну (більше 70 тисяч людей). Задля поліпшення стану населення

в Україні з'явилася низка важливих ініціатив у сфері ментального здоров'я. Одним з прикладів є онлайн-платформа «Розкажи мені» [2], де надається можливість отримати безкоштовну психологічну допомогу, яка вже була надана близько 50 тисячам людей. Вищезазначене не лише ілюструє масштаб проблеми, а й підкреслює глобальні виклики у сфері охорони здоров'я. Зокрема маркантним є те, що наразі бракує засобів попередження та ранньої діагностики психологічних станів, але дедалі більше людей потребують допомоги спеціалістів. Особливу занепокоєність викликає стан психічного здоров'я представників професійних груп, діяльність яких пов'язана з високим рівнем міжособистісної взаємодії, тобто професій, що функціонують у системі «людина–людина» (медичні працівники, педагоги, соціальні працівники тощо). Саме ці фахівці найчастіше потрапляють у зону ризику розвитку ментальних розладів, типовим проявом яких є професійне (емоційне) вигорання. У таких умовах потреба у профілактичних, діагностичних та реабілітаційних заходах стає критично важливою не лише для збереження ефективності праці, а й для забезпечення стійкості систем соціального забезпечення в цілому. Це, у свою чергу, вимагає розробку оперативних ефективних інструментів медико-психологічної діагностики з їхнім подальшим впровадженням.

Вище зазначене адресує Закон України «Про систему охорони психічного здоров'я» № 4223-IX від 15.01.2025 р. [3], який визначає мету державної політики у цій галузі як створення умов для зміцнення психічного здоров'я, сприяння психологічному благополуччю населення та запобігання психічним розладам шляхом надання своєчасних, комплексних і науково обґрунтованих послуг. Це вимагає застосування інструментів, які базуються на результатах сучасних досліджень і найкращих міжнародних практиках. Одним із ключових етапів реалізації Закону є якісний та кількісний збір первинної інформації, а також її подальша статистична обробка.

Проведення подібних масштабних досліджень вимагає перегляду та оптимізації традиційних підходів до збору інформації, структурування та обробки первинних даних. У роботі [4] показано, що стандартні методи, зокрема паперове анкетування або використання кількох Google-форм, що не інтегровані між собою, мають низку обмежень. Такі методи вимагають значних часових та трудових витрат на внесення отриманих даних до електронних баз даних (наприклад, у таблиці Excel), що збільшує ймовірність помилок. Паперові анкети часто супроводжуються додатковими проблемами, як-от пропущені або подвійні відповіді, що призводить до втрати частини інформації або зниження її якості і надійності даних, що може вплинути на валідність подальших висновків. Крім того, використання Google-форм не дозволяє автоматизувати попередній аналіз даних або порівняння результатів із попередніми опитуваннями. Подібні методи ускладнюють оперативне прийняття рішень щодо психоемоційного стану респондента, затримують отримання зворотного зв'язку для опитуваних та обмежують можливості для своєчасного проведення профілактичних або підтримуючих заходів.

У сучасних умовах активного розвитку цифрових технологій подолання вищезазначених проблем та підвищення ефективності дослідницької діяльності у сфері медичної психології відбувається за рахунок використання веб-інструментів та методів для дистанційного проведення психологічних та медико-соціальних досліджень [5]. У міжнародному контексті цифрові рішення активно впроваджується в системи громадського здоров'я. У Німеччині є платформа MindDoc функціонує на тісній співпраці з лікарями та страховими компаніями й базується на наукових дослідженнях. Вона дозволяє користувачам щоденно відстежувати свій стан, отримувати адаптивні поради й за потреби звертатися до фахівців. У рішенні поєднано дані самозвітування, алгоритми аналізу шаблонів психологічного стану та мобільну інтеграцію в систему охорони здоров'я. У Великій Британії є сервіс SilverCloud, що успішно інтегрований у систему NHS (Національної служби охорони здоров'я) й активно використовується для підтримки психічного здоров'я як у молоді, так і в дорослого населення. Він містить різні науково-перевірені опитувальники та власний «журнал стану», допомагає зменшити навантаження на клінічні служби, дозволяючи проводити первинний скринінг, підтримку між візитами або навіть як частину терапевтичного процесу. Такий досвід демонструє, що впровадження цифрових платформ є ключовим моментом у системі охорони здоров'я, що сприяє своєчасному виявленню проблем та покращує доступність допомоги.

Вже наявні в Україні веб-платформи, такі як PsyToolkit, Mind Garden, PsyMag, здебільшого орієнтовані на вільний вибір користувачем окремих тестів без системної логіки і без отримання комплексного висновку. Тому актуальним є створення спеціалізованої веб-платформи для проведення комплексних медико-психологічних досліджень, в яких використовуються пов'язані групи опитувань.

Мета та завдання роботи

Метою роботи є створення веб-платформи для проведення медико-психологічних досліджень, що забезпечує персоналізоване проходження комплексу опитувальників в інтерактивному форматі. Веб-система спрямована на автоматизацію процесу збору, обробки, аналізу та експорту даних під час багатоанкетних опитувань. Вона також має на меті підвищення зручності участі в дослідженнях, забезпечення конфіденційності для респондентів та спрощення доступу до результатів для аналітиків.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: сформулювати перелік анкет опитувань; розробити архітектуру веб-платформи; виконати UI/UX-дизайн інтерфейсу; спроектувати систему ролей користувачів та розмежування прав доступу; розробити інформаційну структуру платформи та схему навігації; реалізувати реєстрацію та аутентифікацію респондентів з підтвердженням електронної пошти; реалізувати веб-платформу, провести її тестування та підготувати до розгортання в робочому середовищі.

Під час проектування платформ оцінки психологічного здоров'я треба дуже ретельно підходити до UI/UX-дизайну інтерфейсу [6]. Він повинен бути зручними, інтуїтивно зрозумілими та адаптованими під користувачів із різним рівнем цифрової грамотності. Для платформ, де користувачі проходять чутливі анкети, наприклад про стрес, тривожність, важливо враховувати психологічний стан користувачів та вплив на нього дизайну інтерфейсу.

Також згідно з [7] для точності і повноти відповідей треба забезпечити логічну структуру онлайн опитувальників, надання чітких інструкцій та простоту їх заповнення. Персоналізація опитувальників підвищує релевантність даних і мотивацію респондента. Онлайн-опитування повинні мати функції повернення до незавершених анкет, адаптація порядку тестів, врахування вже введених даних та можливість зворотного зв'язку.

Основна частина

Підбір опитувальників

Передбачається використовувати веб-платформу для дослідження психоемоційного стану медичних працівників, робочого стресу, вигорання тощо. Набір психодіагностичних інструментів має бути збалансованим, мати наукову валідність, релевантність до умов професійної діяльності цільової аудиторії та можливість використання в онлайн-форматі.

Обрані анкети є професійними, міжнародно визнаними та науково обґрунтованими, що гарантує їх надійність. Вони використовуються переважно експертами у великих університетських дослідженнях, у психотерапевтичній практиці або у великих корпоративних компаніях різних країн світу. Саме тому вони не розміщені у відкритому доступі. Прикладом опитувальників, використовуваних у дослідженнях стану працівників, є наступні: MBI-GS (англ. The Maslach Burnout Inventory – General Survey – Опитувальник вигорання Маслач – Загальне опитування), ERI (англ. The Effort-Reward Imbalance Questionnaire – Анкета дисбалансу зусиль та винагороди), WAI (англ. Work Ability Index – Індекс працездатності), GHQ-12 (англ. General Health Questionnaire – Анкета загального здоров'я), AVEM (нім. Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster – Моделі поведінки та досвіду, пов'язані з роботою), DSI (англ. Dependability and Safety Instrument – Інструмент надійності та безпеки) та інші.

Між певними окремими опитувальниками існують вже встановлені валідовані зв'язки, що свідчить про інтегральність оцінки. Наприклад, ризик професійного вигорання часто тісно пов'язаний із дисбалансом між зусиллями, які людина вкладає в роботу, та отриманою винагородою (матеріальною чи емоційною). Крім того, критичне перевантаження може мати негативний вплив на психічне здоров'я та підвищити ризик професійного вигорання [8]. Іншим прикладом взаємозв'язку між психодіагностичними інструментами є шкали AVEM та DSI. Найсильніша негативна кореляція спостерігається між індексом

задоволеності життям за шкалою AVEМ та здатністю до стабілізації внутрішнього стресу за шкалою DSI [9]. Це може свідчити про те, що у людей з високим суб'єктивним благополуччям активовано менше внутрішніх механізмів подолання стресу. Відповідно, без ефективної стабілізації емоційного стану існує ризик тривалого, а в деяких випадках і хронічного перебігу стресових реакцій. Вищенаведений підхід анкетування не лише покращує точність діагностичних висновків, а й дозволяє сформувати індивідуалізовані профілі ризиків та надати первинні рекомендації.

Ці анкети використовуються за принципом поетапного персоналізованого проходження опитувань. Перед основними опитувальниками збираються загальні соціодемографічні дані: стать, вік, фах тощо. Інші анкети автоматично адаптуються відповідно до цих даних, що виключає повторне їх введення. Всі опитування респонденту дозволяється проходити у будь-якій послідовності.

Архітектура веб-платформи

Розробка веб-платформи передбачає створення масштабованого, безпечного та зручного у підтримці програмного рішення. Веб-платформа для медико-психологічних досліджень базується на клієнт-серверній архітектурі з чітким розмежуванням відповідальності між клієнтською, серверною частинами і базою даних. Було обрано реалізовувати веб-платформу з використання сучасного PHP-фреймворку Laravel [10], що підтримує модульну структуру, системи міграцій та багатомовність, забезпечує високу продуктивність, швидкість та масштабованість системи.

Клієнтська частина реалізується за допомогою Blade-шаблонів Laravel із підтримкою адаптивного дизайну та налаштування мови інтерфейсу. Серверна частина реалізується на PHP (Laravel) та відповідає з логіку роботи платформи, взаємодію з базою даних, авторизацію, обробку анкет і формування результатів. В якості системи керування базою даних обрана MySQL. У базі даних зберігаються сутності користувачів, ролі, дані анкет, відповіді тощо.

Підтримка додатків на мові PHP (Laravel) та наявність MySQL є майже стандартною функціональністю для більшості сучасних веб-серверів і хостинг-провайдерів. Тому створювана веб-платформа, може бути розгорнута практично на будь-якому сервері без необхідності придбання спеціалізованого хостингу. Такий вибір технологій істотно розширює можливості для розгортання системи від бюджетних хостингів до хмарних інфраструктур або контейнеризованих середовищ (Docker, Kubernetes). Це знижує вартість володіння системою, спрощує технічне обслуговування та масштабування.

Структура бази даних моделює основні сутності та їх взаємозв'язки. Для забезпечення гнучкості, масштабованості та незалежності логіки анкет вирішено реалізувати модульну модель з окремими таблицями відповідей для кожної анкети. Такий підхід спрощує підтримку нових анкет, дозволяє їх додавати/видаляти без впливу на інші частини системи та забезпечує цілісність даних. Основні таблиці користувачів та анкет:

- users – базові дані облікового запису (email, пароль, роль, дата створення, підтвердження пошти);
- profiles – додаткові поля, обов'язкові для респондента (вік, стать, країна, спеціальність, активність);
- roles та permissions – таблиці пакету Spatie для керування ролями;
- questionnaires – реєстр анкет з ключем, назвою, описом, типом (GHQ, WAI, тощо), часом проходження;
- questions_<code> – таблиці з питаннями для кожної анкети (наприклад, questions_ghq12, questions_mbi);
- answers_<code> – таблиці з відповідями для кожної анкети (наприклад, answers_ghq12, answers_mbi).

Дизайн інтерфейсу користувача

Веб-платформа отримала назву TakeCareNow. Створення дизайну почалася з вибору колірної схеми (рис. 1). Користувачі наголосили на бажаності використання кольорів, що асоціюються з офіційною айдентикою ХНМУ [11], зокрема темно-зеленого, темно-синього, насиченого жовтого, білого та сірого.

Сайти, призначені для психологічного тестування, мають викликати у відвідувачів відчуття спокою, розслаблення та не створювати зайвого навантаження на сприйняття. Тому вирішено обрати більш м'які й нейтральні відтінки як основні. Таким чином, основним фоном обрано білий і світло-сірий кольори, які використовуватимуться для створення комфортного і зрозумілого інтерфейсу. Для елементів хедера та футера був обраний темно-зелений колір, який додає строгості та професійності дизайну (рис. 2).

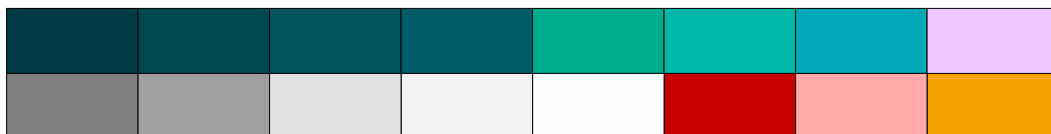


Рисунок 1 – Колірна схема дизайну інтерфейсу

Декоративні елементи вирішено виділяти за допомогою блакитних, м'ятних, синьо-зелених та тепло-жовтих відтінків. Вони надають сайту певної динаміки та виразності, але при цьому не заважають загальному спокійному враженню. Колір тексту було вирішено зробити темно-зеленим або білим, в залежності від того, на якому фоні він розміщується. Це забезпечує належний рівня контрасту та зручності читання.

Оскільки потрібна підтримка декількох мов, включаючи українську, англійську, німецьку та в подальшому інші, при виборі гарнітури важлива багатомовна підтримка. Беручи до уваги цільову аудиторію сайту (медичний персонал віком від 30 років і старше), гарнітура має бути зручною для читання та водночас максимально комфортною для сприйняття. Також бажана схожість на Arial, бо саме цей шрифт зазвичай використовується в офіційних документах та бланках тестування у паперовому форматі. Оптимальним рішенням стала гарнітура Moderustic.



Рисунок 2 – Головна сторінка

Під час створення логотипа враховувалися чіткі побажання замовника, які передбачали використання світлих кольорів, мінімальну кількість деталей та створення символу, що нагадує нейронні клітини. Також серед вимог було побажання включити в логотип елемент блакитного полум'я, який би символізував позитивну енергію та натхнення. Крім того, особливо підкреслювалося, що логотип не повинен містити елементів, які не асоціюються з медициною чи психологією. Для досягнення бажаного результату було вирішено скористатися сучасними можливостями штучного інтелекту. Після вивчення принципів правильної постановки завдань для генеративного штучного інтелекту, було сформульовано детальний запит за певними критеріями. Під час генерування різноманітних варіантів логотипа оцінювалися різні концепції, з яких обиралися найбільш вдалі елементи та символи. Після ретельного відбору окремих компонентів, які найкраще відображали задум замовника, було створено новий запит для генерації остаточного варіанта логотипа. Отримані результати ретельно аналізувалися, і серед декількох варіантів було обрано найоптимальніший, який найточніше поєднував побажання замовника та графічно правильне виконання.

Для забезпечення якісного сприйняття інформації та підвищення зручності користування платформою, вирішено використати піктограми (рис. 3) як додатковий елемент візуалізації. Вони допоможуть швидше орієнтуватися в інтерфейсі та сприймати інформацію, не відволікаючись на надмірні текстові пояснення.



Рисунок 3 – Піктограми

На сторінці «Список тестів» кожен тест має статус із відповідною іконкою: «Не пройдено» (червоний знак оклику), «Пройдено» (зелена галочка), «Очікує проходження» (годинник), «Очікує перепроходження» (бірюзове перо). Для таблиць з респондентами й тестами аналітики бачать піктограми у вигляді жовтого аватара (рис. 5) чи іконки тесту. У списку персоналу застосовуються піктограми ролей (аналітик, адміністратор), що допомагає розрізняти категорії користувачів.

Особлива увага приділена персоналізації. Для респондентів у «Особистому кабінеті» використовується аватар залежно від статі. Для аналітиків та адміністраторів після входу на платформу на сторінці вибору дій відображається інфографіка, що асоціюється з їх діяльністю (рис. 6). Інфографіка (рис. 4) створювалася з використанням генеративного ШІ, з урахуванням необхідної колірної гами, мінімалізму та відсутності зайвих елементів, які не мали відношення до концепції веб-платформи. Інфографіка доповнює інтерфейс і допомагає візуально орієнтуватися в ролях та завданнях.



Рисунок 4 – Персоналізовані аватари

На початковому етапі створення макетів сторінок було визначено стилі та кольори, які планувалося використовувати на сайті. Кожен колір був чітко закріплений за певними елементами: текст, фонові області, кнопки, логотип, декоративні елементи, а також важливі акценти. Всі ці елементи були ретельно продумані, щоб створити гармонійний та структурований дизайн. Крім того, було розроблено стилі для текстів, що включали такі характеристики, як кегль, накреслення та гарнітура. Це дозволило створити єдиний підхід до оформлення текстових блоків та забезпечити їх читання на всіх сторінках сайту.



Рисунок 5 – Сторінка «Список респондентів»



Рисунок 6 – Фрагмент сторінки дій аналітика

Розробка макетів здійснювалася з використанням модульної сітки. Хоча стандартна сітка зазвичай містить 12 стовпців, у цьому проєкті було вирішено використати сітку з 21 стовпцем, оскільки сайт здебільшого текстовий. Це дозволило створити більш гнучке розташування всіх елементів та забезпечити їх зручне розміщення. Для створити візуально приємне оточення та акцентувати увагу користувачів на основному вмісті застосовувались відступи від країв до основного блоку контенту в 2 колонки.

Для того, щоб зацікавити респондента пройти всі тести, на платформі було додано елемент гейміфікації у вигляді рангової системи. Мета цієї системи полягає в тому, що за пройдени тести на сторінці «Список тестів» (рис. 7) шкала прогресу підвищується. Коли шкала досягає максимальної позначки, Респонденту присвоюється новий гумористичний ранг, після чого шкала прогресу скидається до початкового стану. Це додає мотивації користувачам та сприяє регулярному використанню сайту.

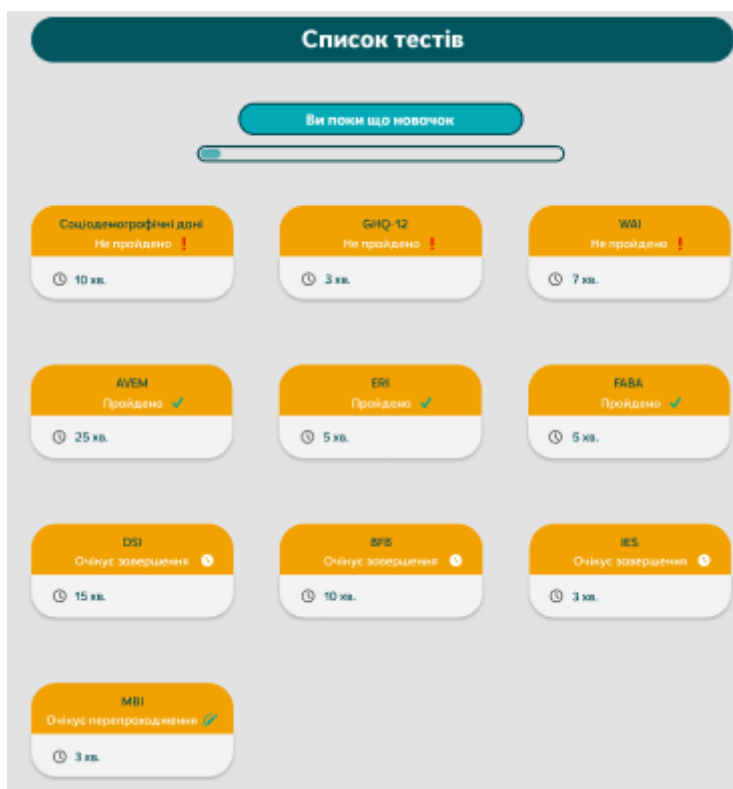


Рисунок 7 – Фрагмент сторінки «Список тестів»

Інформаційна структура та навігація

Система навігації розроблена відповідно до ролі користувача (респондент, аналітик чи адміністратор) та має три варіанти (рис. 8-10). Користувач, що не зайшов на платформу, може переглядати тільки головну сторінку. Після авторизації користувач потрапляє на дашборд, що є початковою точкою взаємодії. Звідти доступні всі дозволені роллю функції.

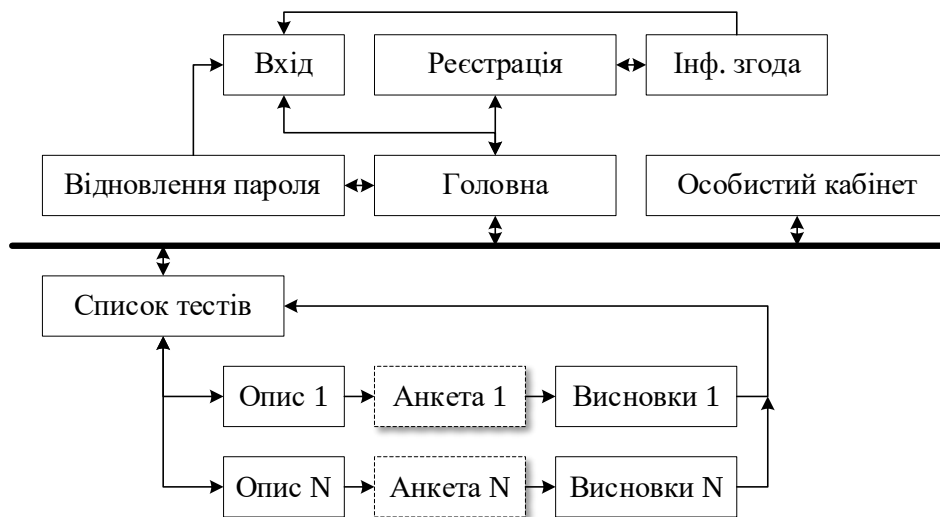


Рисунок 8 – Схема навігації респондента

Список тестів – це основна сторінка, з якою працює респондент. Вона містить інформацію про проходження опитувань. При натисканні на блок тесту відбувається перехід на сторінки тесту залежно від його статусу. Якщо тест завершений, то виконується перехід на сторінку з результатами. Якщо тест очікує завершення, то на сторінку з питаннями, які ще без відповіді. Інакше на сторінку інформації про цю анкету і далі безпосередньо на сторінка з питаннями. Анкета в залежності від кількості питань може займати декілька сторінок.

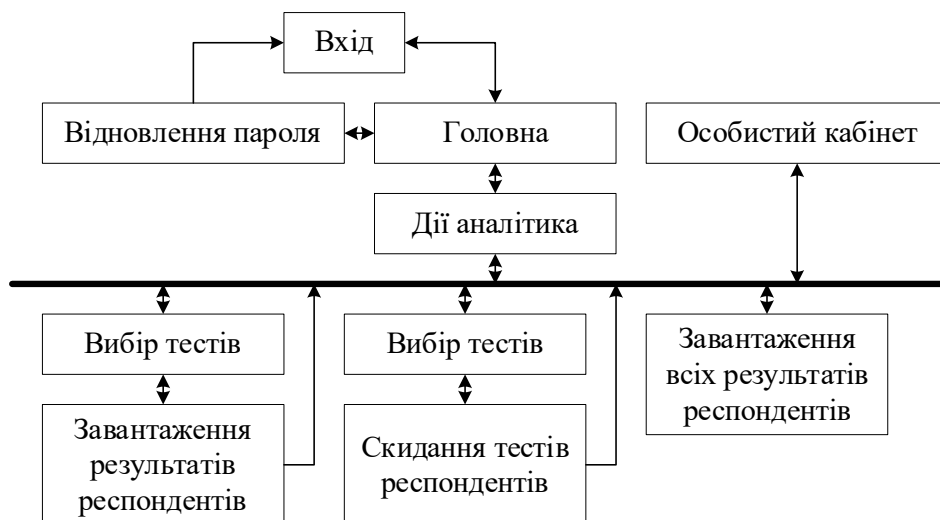


Рисунок 9 – Схема навігації аналітика

Аналітики та адміністратори додаються тільки адміністраторами. У них немає можливості самостійної реєстрації. Основною сторінкою для них є сторінка дій. Аналітики можуть завантажувати результати обраних на сторінці «Вибір тестів» опитувань або скидати їх проходження для певних респондентів. Для вибору респондентів та завантаження їх результатів за всіма тестами слугує сторінка «Завантаження всіх результатів респондентів».

Адміністратор на сторінках «Респонденти» та «Персонал» може обирати й видаляти відповідно респондентів та співробітників. Для додавання персоналу є окрема сторінка з формою.

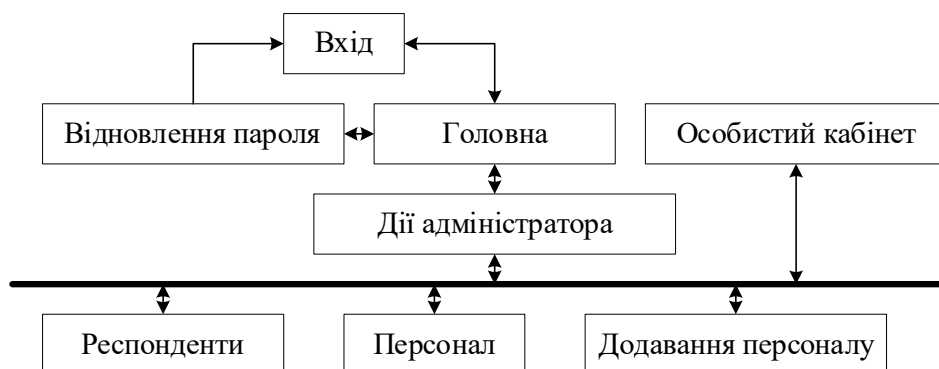


Рисунок 10 – Схема навігації адміністратора

Взаємодія з користувачем

Вхід/реєстрація. Користувач вводить свої дані для входу або реєстрації в системі. Якщо при авторизації дані введені невірно, система відпрацьовує попередження про помилку та можливість змінити/відновити пароль за допомогою підтвердження по електронній пошті.

Респондент реєструється за електронною поштою з обов'язковим прийняттям інформаційної згоди з умовами використання. Після реєстрації на пошту надсилається лист для верифікації адреси – лише після підтвердження обліковий запис активується. Процес автентифікації реалізовано з використанням захищених сесій Laravel. Підтримуються функції: повторна відправка листа-підтвердження, відновлення пароля, зміна пароля в особистому кабінеті. Для адміністративного персоналу створення облікових записів здійснюється через окрему форму з одноразовим паролем.

При реєстрації респонденту надається унікальний ідентифікатор, який далі використовується в системі для відображення респондента. Його електронна пошта використовується тільки в програмному коді та не відображається нікому.

Після входу в систему респондент має обов'язково заповнити профіль, що містить такі поля: стать, вік, країна, спеціальність, рівень фізичної активності. До моменту заповнення всіх полів доступ до опитувальників блокується. Це рішення забезпечує збір мінімально необхідної демографічної інформації, яка буде використана для статистичного аналізу та налаштувань анкет.

На сторінці «Список тестів» респондент бачить всі доступні анкети з коротким описом, орієнтовним часом проходження і статусом (не пройдено, очікує завершення, завершено, очікує перепроходження). Підтримується сторінка опису анкети, багатосторінкові анкети, перевірка валідності введених даних, можливість збереження часткових відповідей. Кожен набір відповідей зберігається окремо в базі даних, з прив'язкою до сесії тестування, що дозволяє повторне проходження з фіксацією дати та результату.

Після проходження анкети респондент бачить сторінку результатів. Якщо для тесту передбачено автоматичне формування висновку – на сторінці відображаються бали, діагностичний висновок і короткі рекомендації. Також після проходження всіх тестів в особистому кабінеті відкривається поле для

відгуку, яке дає змогу респонденту залишити коментар щодо свого досвіду використання веб-платформи.

Адміністратор має доступ до службової панелі, де може додавати нових співробітників (роль, ПІБ, email, тимчасовий пароль), переглядати список респондентів та співробітників, видаляти облікові записи. Доступ до результатів тестування адміністратори не мають.

Аналітик після входу потрапляє на сторінку дій з трьома основними функціями: завантаження результатів респондентів (із фільтрами), завантаження результатів по тестах (покроковий вибір анкет і респондентів), скидання результатів певних тестів (з підтвердженням дії). Вибір респондентів можливий з фільтрацією за статтю, спеціальністю, країною, типом анкети, датою проходження.

Результати роботи

У процесі реалізації веб-платформи TakeCareNow було інтегровано всі ключові функціональні компоненти, включаючи систему автентифікації та підтвердження пошти; механізм обов'язкового заповнення профілю для респондентів; систему анкетування з можливістю збереження й повторного проходження; панель аналітика з фільтрами та експортом результатів; службову панель адміністратора для керування персоналом; адаптивний інтерфейс із гейміфікаційними елементами та інфографікою.

Система була успішно розгорнута у тестовому середовищі за допомогою контейнеризації (Docker), що забезпечило повну відтворюваність і стабільну роботу в різних середовищах. Були створені два основні контейнери:

- takecarenow_app – PHP/Laravel-додаток із Blade-шаблонами;
- takecarenow_db – MySQL з попередньо заповненою структурою таблиць і тестовими даними.

Для забезпечення швидкого розгортання та CI-процесів застосовано .env-конфігурацію, скрипти запуску та міграції, а також початкові seed-файли (TestSeeder, StatusSeeder, UserSeeder).

Функціональність платформи була перевірена вручну відповідно до попередньо визначених сценаріїв для кожної ролі: реєстрацію, підтвердження пошти, вхід та відновлення пароля; блокування доступу до анкет без заповнення профілю; проходження тестів з усіма типами питань; відображення результатів та відгуків; дії аналітика: фільтрація, експорт, скидання; права доступу для адміністратора.

Було реалізовано понад 10 шаблонів сторінок відповідно до макетів: головна, список тестів, анкети, перегляд результатів, особисті кабінети, сторінки дій та ін. Кожна сторінка містить хедер, футер і структуру, побудовану на модульній 21-колоночній сітці. Також стилі оформлення були адаптовані під мобільні екрани.

Висновки

Запропонований нами інструмент реалізує інтегрований підхід проведення опитувань: всі залучені психодіагностичні методики взаємодоповнюють одна одну, забезпечуючи комплексну оцінку стану респондента. Анкети, які використовуються, є професійними, міжнародно визнаними та науково обґрунтованими, що гарантує їх надійність. Вони переважно використовуються експертами у великих університетських дослідженнях, у психотерапевтичній практиці або у великих корпоративних компаній різних країн світу. Тому вони не розміщені у відкритому доступі, що вказує на їхню глибину. Крім того, між окремими опитувальниками існують вже встановлені валідовані зв'язки, що свідчить про інтегральність оцінки. Такий підхід не лише покращує точність діагностичних висновків, а й дозволяє сформувати індивідуалізовані профілі ризиків та надати первинні рекомендації. Окрім того, якщо респондент вже проходив опитування на даному веб-ресурсі, можна легко відстежити зміни стану і визначити, що саме мало більшу частку впливу.

Створена веб-платформа дозволяє:

- респондентам проходити комплекс опитувальників у зручному темпі;
- автоматично обробляти результати та надавати інтерпретацію з рекомендаціями;
- інтегрувати різні психодіагностичні методики для комплексної оцінки стану.

Цей підхід відповідає сучасним потребам у сфері охорони психічного здоров'я, забезпечуючи ефективність, доступність та оперативність у зборі та аналізі даних. Така власна платформа має низку переваг для проведення опитувань, бо дослідники можуть зосередитися на аналізі результатів, а не адміністративних завданнях на кшталт мануального налаштування кожної анкети. Окрім цього, завдяки автоматичній обробці результатів зменшується навантаження на науковий персонал і прискорює зворотній зв'язок з респондентами. Важливою є також можливість адаптувати веб-ресурс під різні цільові верстви населення, які проходять опитування, роблячи цей досвід персоналізованим і комфортним.

При розширенні вибору мов на платформі, даний ресурс стає універсальним і надає можливість охопити додатково соціально значущі групи населення інших країн, зокрема Європейського Союзу. Мультинаціональне використання створює підґрунтя для міжнародних співпраці, спільних досліджень та обміну даними. Таким чином, це дає можливість порівнювати не лише досвід інших держав з Україною, а й більш детально вивчати вплив певних соціально-демографічних, культурних і навіть політичних чинників на ментальну складову благополуччя як населення загалом, так і окремих професійних груп.

Використання фреймворку Laravel у поєднанні з контейнеризацією Docker забезпечило гнучкість, масштабованість і простоту розгортання. Завдяки

застосуванню розповсюджених технологій можливо досягти порівняно низької вартості володіння веб-платформою, що відповідає потребам медичних установ та університетів.

Список літератури.

1. Ранок, V. (2023). Актуальні проблеми охорони психічного здоров'я українського народу в часи війни: питання теорії і методології. *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 5(2), 1-9. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2023.5218>.
2. Tellme. (n.d.). Безкоштовні психологічні консультації. Ваша підтримка поруч! <https://tellme.com.ua/>.
3. Про систему охорони психічного здоров'я в Україні, Закон України № 4223-IX (2025) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4223-20#Text>
4. Ebert, J.F., Huibers, L., Christensen, B., & Christensen, M.B. (2018). Paper- or Web-Based Questionnaire Invitations as a Method for Data Collection: Cross-Sectional Comparative Study of Differences in Response Rate, Completeness of Data, and Financial Cost. *Journal of medical Internet research*, 20(1), e24. <https://doi.org/10.2196/jmir.8353>.
5. Reips, Ulf-Dietrich. (2021). Web-Based Research in Psychology. *Zeitschrift für Psychologie*, (229), 198-213. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000475>.
6. Ecleo, J.J.M., Tinam-isan, M.A.C., Galera, K.M.E., Balaton, R.A.C., Mordeno, I.G., & Vilela-Malabanan, C.M. (2025). Evaluation of the Usability and User Experience of a Digital Platform for Mental Health Assessment. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 16(3), 100-107. https://thesai.org/Downloads/Volume16No3/Paper_10-Evaluation_of_the_Usability_and_User_Experience.pdf.
7. Regmi, P.R., Waithaka, E., Paudyal, A., Simkhada, P., & van Teijlingen, E. (2017). Guide to the design and application of online questionnaire surveys. *Nepal Journal of Epidemiology*, 6(4), 640-644. <https://doi.org/10.3126/nje.v6i4.17258>.
8. Kuhrmeier, M., Darius, S., Lysak, M., et al. (2024) Zusammenhang zwischen Overcommitment und Burnout-Risiko bei ukrainischen und deutschen Kindertagesleiterinnen. *Zbl Arbeitsmed*, (74), 77-84. <https://doi.org/10.1007/s40664-023-00519-8>.
9. Böckelmann, I., Zagorodnii, I., Litovchenko, O., et al. (2024) Personal resources for addressing the work demands of Ukrainian oncologists in stressful crisis situations. *BMC Public Health*, (24), 792. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18315-1>.
10. Laravel. (n.d.). Laravel – The PHP Framework for Web Artisans. <https://laravel.com/>.
11. Kharkiv National Medical University. <https://knmu.edu.ua/>.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ДИЗАЙНУ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ З УРАХУВАННЯМ ВПОДОБАНЬ КОРИСТУВАЧІВ

Бізюк А.В.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кулішова Н.Є.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Сидоренко Г.Ю.

к.т.н., доцент, кафедра «Системного аналізу
та інформаційно-аналітичних технологій»,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Білець Д.Ю.

к.т.н., старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** У розділі досліджено сучасні підходи до автоматизації процесів створення стилістичного оформлення веб-ресурсів із урахуванням теорії кольору, психології сприйняття та принципів UX/UI дизайну. Описано використання кластеризації зображень і машинного навчання для аналізу кольорних палітр. Розглянуто вплив кольору на емоційне сприйняття користувачів і ефективність інтерфейсу. Значну увагу приділено інтеграції автоматизованих інструментів у навчальний процес для формування професійних навичок дизайнерів у сфері цифрової комунікації та веб-технологій.*

***Ключові слова:** ВЕБ-ДИЗАЙН, КОЛІРНА ПАЛІТРА, UX/UI ДИЗАЙН, КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ СТИЛІВ.*

Вступ

У процесі еволюції суспільства та розвитку науки значно розширилися уявлення про природу друкованих видань. Комп'ютерні технології суттєво трансформували індустрію друку, кардинально змінивши її структуру та функціональні можливості. Сьогодні важко уявити життя без Інтернету, тоді як електронні публікації поступово витісняють традиційні друковані форми. Сучасні електронні видання визначаються як спеціалізовані документи, що проходять редакційно-видавничий процес і розповсюджуються у незмінному вигляді через різні носії та формати.

Одним із ключових різновидів електронних видань є веб-ресурси. Створення цифрових публікацій відкриває унікальні можливості електронного формату, зокрема інтеграцію гіперпосилань, мультимедіа та функцій взаємодії з аудиторією. Процес розробки веб-ресурсів потребує значних витрат часу й

ресурсів на етапі планування: від розробки концептуального дизайну до підбору кольорової гами. Часто замовники не мають чіткої візії щодо фінального вигляду сайту, тому дизайнеру необхідно враховувати їх побажання й забезпечувати високу якість виконання.

Підготовка текстового контенту для веб-ресурсів суттєво відрізняється від створення матеріалів для друкованих видань. Важливо брати до уваги особливості сприйняття тексту на екрані: добір шрифтів, міжрядкових інтервалів і композиційних рішень сторінки. Оптимізація користувацького досвіду на веб-сайтах передбачає активне використання можливостей цифрового середовища – зокрема кольорових акцентів у текстах, інтерактивних елементів та гіперпосилань.

Кольорове рішення займає центральне місце у створенні дизайну, базуючись на принципах теорії кольору та враховуючи психологічні й символічні аспекти впливу на емоційне сприйняття користувачів. Сучасні вимоги до графічної та цифрової комунікації вимагають від дизайнерів глибокого розуміння типографіки, гармонійного поєднання шрифтів, вибору кольорових схем і стилістичних деталей. У цьому контексті використання спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизації створення дизайн-стилів – включаючи підбір палітри кольорів, шрифтів і їх розмірів – є невід’ємною складовою професійної підготовки майбутніх фахівців.

Застосування автоматизованих інструментів дозволяє, перш за все, ефективно проводити експерименти з великою кількістю варіацій оформлення, що сприяє глибшому розумінню взаємозв'язку типографічних параметрів. Наприклад, системи, які автоматично підбирають оптимальні комбінації шрифтів і кольорів, допомагають студентам виявляти та аналізувати стилістичні закономірності, які на початкових етапах навчання складно розпізнати вручну.

Крім того, програмні рішення, орієнтовані на принципи UX/UI дизайну, дають можливість моделювати реальні умови використання шрифтів у веб- і мобільних додатках. Це сприяє інтеграції курсу «Шрифтові технології» з іншими напрямками підготовки, такими як графічний, цифровий і комунікаційний дизайн. Використання програмного забезпечення, розробленого для проектування дизайну інтернет-ресурсів з урахуванням вподобань користувачів, також суттєво покращить навички студентів при роботі з колірним колом Іттена на курсі «Основи теорії кольору та кольоровідтворення». Завдяки інтерактивному середовищу навчання, студенти зможуть візуально експериментувати з поєднаннями кольорів – комплементарними, аналоговими, тріадичними тощо – що є основою роботи з колірним колом. Програма дозволить динамічно змінювати кольори відповідно до психофізіологічного сприйняття користувачів, враховуючи умови освітлення та індивідуальні особливості зору. Це поглибить розуміння гармонії кольорів, контрастів і принципів композиції, які Іттен описував як ключові для візуального балансу. У результаті студенти навчатимуться не лише теоретично аналізувати колірні схеми, а й застосовувати їх практично у цифровому дизайні, що відповідає вимогам сучасної професійної підготовки.

Часткова автоматизація робіт під час створення варіантів дизайну електронних видань, застосування методів машинного навчання полегшує прийняття комплексних інженерно-дизайнерських рішень. Цьому також сприяє розгляд процесу розробки дизайну сайту як системного явища, якому притаманні специфічні системні властивості. Розроблені макети оцінюються за допомогою експертних методів, які виявляються дуже ефективними в завданнях, де доводиться враховувати багато важливих та суперечливих критеріїв. Таким чином студенти можуть ознайомитися з прикладами того, як впровадити положення дисципліни «Системний аналіз та підтримка прийняття рішень» в повсякденну практику фахівця дизайн-бюро, видавничо-редакційного центру або ІТ компанії, яка розробляє сайти.

Таким чином, автоматизація процесів дозволяє раціоналізувати навчальний час: студенти можуть більше уваги приділяти аналітичній, творчій та концептуальній роботі зі шрифтом як важливою складовою візуальної комунікації, замість виконання рутинних технічних завдань. Крім того, використання сучасного програмного забезпечення сприяє розвитку професійних компетенцій, що відповідають актуальним вимогам ринку праці, де дизайнери дедалі частіше працюють із системами штучного інтелекту, автоматичної верстки та рекомендаційних механізмів.

Інтеграція автоматизованих засобів створення стилів у навчальний процес не лише поглиблює розуміння студентами теоретичних аспектів типографіки, але й значно підвищує практичну цінність курсу, адаптуючи його до сучасних потреб дизайн-індустрії.

У сучасну епоху комп'ютерних технологій активно створюються різноманітні мультимедійні продукти - від вебсайтів і мобільних додатків до відеоігор. Щодня мільйони людей користуються Інтернетом для отримання новин, пошуку інформації для роботи чи особистих потреб, а також для спілкування з друзями. Для задоволення цих потреб постійно з'являються нові сайти, основною метою яких є залучення та утримання уваги користувачів.

Одним із ключових чинників, що формує перше враження про сайт, є його візуальне оформлення. Згідно з сучасними дослідженнями, користувач протягом кількох секунд приймає рішення - залишатися на сторінці чи закрити її. Тому надзвичайно важливо, щоб дизайн інтерфейсу одразу викликав інтерес і зацікавленість потенційного відвідувача. Серед основних елементів, які впливають на це рішення, виділяють колірну гаму сайту. Водночас правильне вирівнювання зображень, відео та текстових блоків сприяє створенню привабливого веб-дизайну.

Загалом веб-дизайн сайту істотно впливає на формування іміджу компанії й є важливим чинником її успіху [1-6].

Мета та задачі дослідження

Метою даного дослідження є розробка програмного забезпечення для автоматизації процесу створення стилістичних оформлень веб-ресурсів, що також може бути використане для формування сучасних професійних навичок студентів у процесі їх навчання.

Інновації у сфері веб-дизайну сприяють підвищенню якості цифрових продуктів та стимулюють розвиток галузі створення веб-сайтів, яка залишається однією з найбільш динамічних і технологічно розвинених у світі. Актуальність дослідження визначається тим, що психологічні аспекти сприйняття кольору мають вирішальне значення для дизайну та маркетингу, а швидкий розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості для створення сучасного мультимедійного контенту.

Об'єктом дослідження виступає колірне оформлення веб-сайтів, предметом – методи кластеризації зображень, застосування теорії кольору для опису кольорів у різних колірних просторах, розробка та використання колірних палітр, а також експертні методи оцінки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання.

1. Проаналізувати особливості сучасного веб-дизайну з урахуванням теорії кольору, типографіки та психології сприйняття кольору.

2. Дослідити існуючі підходи до автоматизації створення стилістичних оформлень веб-ресурсів, включаючи застосування CSS, фреймворків та інструментів UX/UI.

3. Вивчити можливості кластеризаційних методів обробки зображень (зокрема методу k -середніх) для визначення домінантних кольорів на веб-сторінках.

4. Розробити програмне забезпечення для автоматизованого підбору кольорових схем і шрифтів відповідно до принципів адаптивного дизайну.

5. Провести експериментальну оцінку розробленого рішення, включаючи тестування на прикладах сайтів освітніх установ, із урахуванням демографічних та культурних особливостей аудиторії.

6. Сформулювати практичні рекомендації щодо вибору кольорів і типографіки для підвищення ефективності візуальної комунікації на веб-ресурсах.

Основна частина

Вплив кольору на зацікавленість користувачів сайту

Останнім часом психологія сприйняття кольору стала однією з найбільш актуальних тем у сфері дизайну та маркетингу [7-12]. У статті [13] представлено дослідження, присвячене вивченню впливу кольорових рішень у дизайні сайтів маркетингової спрямованості (зокрема сайтів для онлайн-торгівлі) на емоційний стан користувачів. В умовах зростаючої конкуренції традиційні методи просування продукції втрачають ефективність, тому залучення нових клієнтів і

підтримка зацікавленості постійної аудиторії стає одним із ключових завдань для будь-якого інтернет-ресурсу.

Дизайнери, спираючись на знання про емоційний вплив кольорів, активно використовують їх для формування необхідних вражень у споживачів, допомагаючи виробникам стимулювати купівельну активність через грамотний підбір кольорової палітри. При виборі кольорового оформлення розробники вирішують дві основні задачі:

- вибір кольору для об'єкта (наприклад, елемента інтерфейсу, тексту чи зображення);
- вибір кольору для фону.

У межах кожного з цих завдань на силу впливу кольору впливають такі параметри, як яскравість, контрастність, колірна гамма та розмір кольорової площини.

Застосування яскравих і насичених кольорів може призводити до спотворення сприйняття глибини об'єктів: елементи, що знаходяться на однаковій відстані, через різні насичені відтінки можуть візуально здаватися розташованими на різних рівнях простору. Таке оформлення може викликати ефект "плавання" об'єктів перед площиною екрана або за нею. Ще одним обмеженням використання яскравих кольорів є їхня здатність відволікати увагу користувача від інших важливих елементів композиції.

У дослідженні [14] визначено ключові вимоги до створення веб-сайту освітнього закладу, охарактеризовано специфіку таких сайтів відповідно до їхнього призначення та запропоновано поетапний план дій. Автори підкреслюють, що колір є одним із найважливіших елементів веб-дизайну, здатним ефективно привертати увагу користувачів. Правильний підбір кольорової палітри розглядається як своєрідний інструмент впливу, який допомагає утримати відвідувача на сайті та мотивувати його до певних дій. Також розглянуто правила використання таких кольорів, як червоний, блакитний, зелений, фіолетовий і помаранчевий.

У роботі [15] наголошується на важливості кольору для створення інклюзивного й доступного цифрового середовища.

Дослідження [16] присвячене аналізу впливу колірного оформлення веб-сторінки на показники її конверсії. Розроблений графік залежності активності користувача від обраної кольорової гами (рис. 1) демонструє, що зі зміною кольору від червоного до фіолетового активність користувачів знижується, тоді як зелений колір асоціюється із нейтральним емоційним станом.

Як результат розробки методу оцінювання та виявлення домінуючих кольорів на веб-сторінках, автор [16] робить висновок, що кольори, які переважають у контенті сайту, мають значний вплив на його конверсію.

Відомо, що колір справляє психоемоційний вплив на людину. У праці [17] наводяться приклади того, як основні кольори (зокрема червоний, жовтий, синій) впливають на емоційний стан і когнітивні процеси людини.

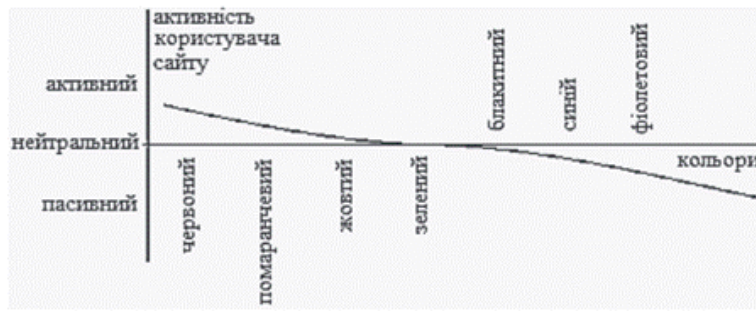


Рисунок 1 – Графік залежності активності користувача сайту від обраної кольорової гами дизайну

Ці висновки підтверджуються також у дослідженні [18], де розглядається вплив кольору як складової web-дизайну на сприйняття надійності користувачами. Дослідники врахували контекст веб-сайтів, оскільки емоційне сприйняття кольорів може змінюватися залежно від тематики ресурсу.

У межах експерименту було оцінено перше враження про достовірність сайтів різного спрямування (фінансового, медичного та юридичного профілю) залежно від використаної кольорової гами. Учасникам пропонували однаковий за структурою сайт, що відрізнявся лише кольоровим оформленням: червоним, синім, чорним або зеленим. Результати показали, що зміна кольорової схеми істотно впливала на рівень сприйняття надійності сайту (рис. 2).



Рисунок 2 – Представлення дизайну веб-сайту юридичних послуг у різних кольорових варіантах

Автори [18] дійшли висновку, що хоча колір чинить статистично значущий вплив на довіру до веб-сайтів, він має меншу вагу порівняно з іншими чинниками. При цьому синя кольорова схема визнавалася найбільш надійною, тоді як чорна – найменш надійною. Додатково, американський дизайнер Джо Халлок (Joe Hallock) провів опитування щодо кольорових уподобань залежно від статі та віку [19]. Узагальнені результати були представлені у вигляді діаграми (рис. 3).

Згідно з даними діаграми, більшість респондентів обрали синій колір як найбільш привабливий. Варто зазначити, що синій часто асоціюється у людей із такими поняттями, як довіра, надійність і безпека.

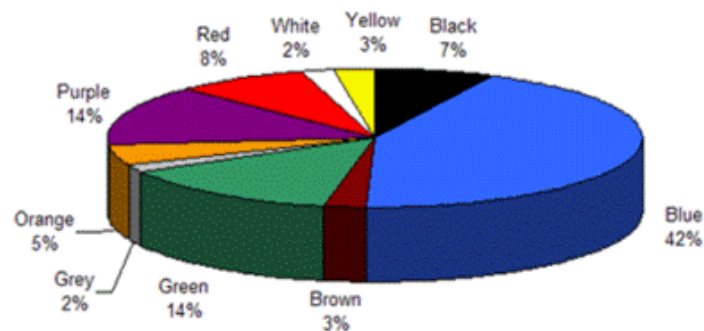


Рисунок 3 – Вподобання кольорів користувачами сайтів за результатами опитування Джо Халлока

Під час розробки сайту важливо звертати увагу не лише на вибір кольорової гами, але й на якість контенту - текстову інформацію, ілюстрації та інші складові. В умовах сучасного інформаційного суспільства дані відіграють ключову роль, а цифрові зображення стають важливим джерелом інформації про навколишній світ. У роботі [20] наведено рекомендації щодо вибору технологій обробки кольорових зображень залежно від поставлених завдань.

Таким чином, при створенні дизайну мультимедійних продуктів, зокрема веб-сайтів, необхідно приділяти увагу як контентному наповненню, так і ретельному підбору кольорової палітри з урахуванням особливостей цільової аудиторії - її вікових, гендерних, культурних характеристик і актуальних трендів.

Методи Cascading Style Sheets для налаштування оформлення інтернет-ресурсів

Створення веб-додатків для динамічного змінення оформлення сайтів охоплює використання різноманітних методів і інструментів, що дозволяють будувати гнучкі та адаптивні інтерфейси з можливістю легкого налаштування під індивідуальні потреби користувачів. Сучасні фреймворки та технології надають розробникам можливість оперативно змінювати кольори, шрифти, стилі та загальний вигляд веб-сторінок без необхідності прямого редагування коду. Нижче наведено основні інструменти й підходи, що використовуються для реалізації подібних рішень.

CSS (Cascading Style Sheets) є основним засобом для керування стилями веб-додатків. Сучасні можливості CSS, зокрема використання змінних, CSS Grid, Flexbox і медіа-запитів, дозволяють створювати адаптивні макети, які змінюються відповідно до параметрів користувача чи особливостей пристрою. Змінні CSS дають змогу централізовано задавати кольори, шрифти та інші властивості стилю, що значно спрощує процес їх оновлення. Завдяки цьому легко впроваджувати зміну тем (наприклад, світлої та темної) шляхом редагування мінімальної кількості параметрів.

Flexbox і CSS Grid полегшують розробку адаптивних інтерфейсів, дозволяючи змінювати розташування елементів залежно від розміру екрану, а медіа-запити забезпечують можливість гнучко змінювати стилі під різні умови, такі як ширина пристрою чи його орієнтація. Ці підходи сприяють створенню

динамічних веб-додатків, що відповідають сучасним вимогам до зручності користування та гнучкості дизайну.

JavaScript разом із бібліотеками для динамічного управління стилями є ще одним важливим інструментом, який дозволяє змінювати зовнішній вигляд сайту в режимі реального часу. За допомогою JavaScript можна змінювати CSS-стили – наприклад, адаптувати кольорову тему залежно від налаштувань користувача, використовуючи зміну CSS-змінних або додавання нових CSS-класів до елементів сторінки. Сучасні фреймворки значно спрощують реалізацію таких функцій.

Сучасні CSS-фреймворки для роботи з темами оформлення пропонують зручні інструменти для створення різноманітних варіантів дизайну. Вони містять готові компоненти, які легко адаптуються та змінюються відповідно до потреб конкретного проєкту.

Bootstrap: цей фреймворк забезпечує великий набір стилів та інструментів для оперативної розробки адаптивних веб-додатків. Його компоненти дозволяють змінювати кольорові схеми та інші параметри дизайну через систему змінних, що полегшує налаштування зовнішнього вигляду.

Щоб забезпечити індивідуальний досвід користувачів, сучасні веб-додатки можуть автоматично змінювати оформлення залежно від системних налаштувань, таких як вибір світлої або темної теми чи режиму підвищеної контрастності. Це реалізується через спеціальні API для взаємодії з налаштуваннями користувача, зокрема:

- prefers-color-scheme: медіа-запит CSS, який дозволяє автоматично підлаштовувати кольорову тему сайту відповідно до вибору системної теми користувача;

- prefers-reduced-motion: інструкція для обмеження або вимкнення анімацій на сторінці для користувачів, які віддають перевагу спрощеному відображенню контенту.

Ці інструменти сприяють створенню більш доступного, зручного та чутливого до індивідуальних потреб користувача дизайну.

Крім того, системи керування контентом (CMS) - такі як WordPress, Joomla та Drupal - надають широкий вибір тем і плагінів для зміни зовнішнього вигляду сайту без необхідності програмування:

- плагіни для зміни теми: дозволяють швидко адаптувати кольори, шрифти, макети та інші елементи дизайну;

- редактори тем: більшість сучасних CMS мають вбудовані редактори для оперативного налаштування кольорових схем, фонових зображень та стилів тексту.

Існуючі аналоги розробки сайтів

Сьогодні існує велика кількість програмних інструментів, які істотно полегшують процес створення та адміністрування веб-ресурсів. Завдяки цим засобам розробники можуть автоматизувати побудову та обслуговування сайтів, забезпечуючи при цьому генерацію HTML-коду відповідно до міжнародних стандартів та загальноприйнятих вимог. Багато сучасних рішень також

дозволяють редагувати властивості CSS-документів без прямого втручання в HTML-структуру, що дає змогу змінювати зовнішній вигляд сайту без порушення його логіки.

Окрім базових функцій для створення й редагування веб-сторінок, ці інструменти часто пропонують додаткові можливості, такі як візуальні конструктори, SEO-модулі, засоби інтеграції з базами даних, аналітичні інструменти тощо. Це значно підвищує продуктивність роботи і дозволяє користувачам розробляти потужні веб-ресурси навіть без глибоких технічних знань.

Серед найпопулярніших платформ для створення та керування сайтами варто виділити такі системи, як Shopify, Contao, Wix та Webflow. Вони забезпечують зручні, інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, що полегшують процес розробки навіть для початківців. Наприклад, Shopify широко використовується для створення інтернет-магазинів і дає змогу без зайвих труднощів налаштовувати платіжні системи та керувати процесами продажу. Натомість Wix і Webflow пропонують багатий функціонал для розробки креативних сайтів із підтримкою мультимедійного контенту та адаптивного дизайну.

Shopify є потужною платформою для електронної комерції, яка пропонує широкий вибір шаблонів, адаптованих під різні сфери бізнесу. Вона дозволяє швидко створити привабливий і зручний для користувачів сайт, незалежно від того, йдеться про продаж одягу, електроніки чи товарів для дому. Крім того, Shopify надає розвинені інструменти для управління каталогом товарів – додавання, редагування та організації продукції здійснюється легко та ефективно.

Крім того, Shopify забезпечує інтеграцію з різними платіжними сервісами, що дозволяє безперебійно приймати платежі та пропонувати покупцям широкий вибір способів оплати. Функціонал доставки дає змогу автоматично розраховувати вартість доставки й інтегрувати магазин із численними логістичними компаніями, значно полегшуючи процес відправки замовлень. Для роботи з клієнтами платформа пропонує інструменти для обробки замовлень, збереження контактних даних і надання підтримки через чат, електронну пошту чи інші канали комунікації. Це рішення дозволяє швидко запустити інтернет-магазин із повноцінною інтеграцією інструментів для управління товарами, продажами та аналітикою.

Водночас, незважаючи на численні переваги, Shopify має й певні недоліки, які варто враховувати при виборі платформи. Серед основних недоліків:

- вартість. Shopify пропонує кілька тарифних планів, які можуть бути досить дорогими, особливо для малого бізнесу або стартапів. Хоча базові плани доступні, розширені функції вимагають підписки на дорожчі пакети, що може стати суттєвим фінансовим тягарем;

- обмеження в дизайні. Незважаючи на наявність багатьох шаблонів, для глибшого налаштування дизайну потрібні навички веб-розробки. Хоча є можливість редагувати код, для користувачів без досвіду програмування це може бути складним завданням;

- додаткові витрати на додатки. Багато розширених функцій доступні лише через платні додатки. Це може значно підвищити загальні витрати,

оскільки, наприклад, маркетингові інструменти, розширене SEO або підтримка багатомовності часто потребують окремої оплати;

- обмеження персоналізації. Хоча Shopify надає низку можливостей для кастомізації, деякі користувачі можуть вважати, що вона менш гнучка порівняно з такими платформами, як WordPress або Magento, які дозволяють ширші можливості для індивідуального налаштування.

Хоча для багатьох ці недоліки можуть виявитися незначними, для окремих користувачів вони можуть стати вирішальними при виборі платформи для свого інтернет-магазину.

Contao є потужною та універсальною системою керування контентом, яка вирізняється великою кількістю вбудованих функцій у своїй базовій версії. Це значно полегшує початок роботи із платформою, оскільки користувачам не потрібно встановлювати численні додаткові модулі чи плагіни.

Серед основних переваг Contao можна виділити такі ключові особливості:

- інтегрований файловий менеджер, що забезпечує зручне управління медіаконтентом і документами без використання сторонніх засобів;
- вбудована пошукова система, яка дозволяє швидко знаходити необхідні матеріали в адміністративній панелі;
- автоматичне створення форм, що спрощує розробку контактних форм, анкет і різних інтерактивних елементів без потреби в програмуванні;
- багатомовна підтримка інтерфейсу, яка дає можливість зручно працювати з багатомовними сайтами й адаптувати адміністративну панель під різні мови через шаблони;
- шаблонна архітектура, що забезпечує створення чистого XHTML-коду і дозволяє гнучко налаштовувати зовнішній вигляд сайту;
- функція LiveUpdate, яка автоматично оновлює систему, підтримуючи її у актуальному стані.

Разом із перевагами Contao має й певні недоліки:

- високий поріг входження: для ефективного використання системи потрібно витратити чимало часу на освоєння функціоналу та інтерфейсу, що може бути складним для новачків;
- недостатньо розгорнута документація: попри активну спільноту, офіційна документація іноді виявляється неповною, що ускладнює вирішення специфічних питань;
- складність налаштування стилів: зміна зовнішнього вигляду може вимагати багато часу та зусиль, оскільки стилі потрібно редагувати вручну, що особливо відчутно при роботі над великими проектами.

Попри зазначені недоліки, Contao залишається популярною CMS серед розробників, які цінують високу гнучкість, розширений базовий функціонал і готові інвестувати час у глибше вивчення платформи.

Wix - це популярна платформа для створення веб-сайтів, що використовує інтуїтивний редактор з функціональністю "перетягни й відпусти" (drag-and-drop). Користувачі можуть обирати серед сотень готових шаблонів, які

адаптовані для різних цілей: бізнес-проектів, портфоліо, блогів або інтернет-магазинів. Завдяки інструменту Wix ADI (Artificial Design Intelligence) процес створення сайту значно спрощується - система генерує оптимальні варіанти оформлення на основі відповідей користувача. Для більш глибокого налаштування елементів можна використовувати Wix Editor, що дозволяє змінювати розміщення блоків, кольори, шрифти та інші візуальні параметри. Серед обмежень платформи варто зазначити невелику кількість доступних плагінів і шаблонів, а також певні обмеження у безкоштовному тарифі та відсутність розширених можливостей кастомізації.

Webflow – це потужний конструктор сайтів, орієнтований на дизайнерів і розробників, які прагнуть отримати максимальний контроль над виглядом і функціональністю проєкту. Платформа надає широкі можливості для кастомізації, дозволяючи працювати з HTML, CSS та JavaScript через візуальний редактор без необхідності ручного кодування. CMS Webflow дає змогу створювати динамічний контент, наприклад блоги, портфоліо або каталоги. Платформа також підтримує інтеграцію з інструментами аналітики та має вбудовані засоби для SEO-оптимізації. Webflow ідеально підходить для користувачів з досвідом у вебдизайні, які хочуть створювати складні й унікальні сайти без програмування. Основними недоліками є відносно висока вартість для доступу до розширених функцій, а також необхідність додаткових інтеграцій для реалізації таких можливостей, як багатомовність або особисті кабінети користувачів.

Застосування HyperText Markup Language для відображення інформації

Коли користувач відкриває сайт в інтернеті, його браузер спочатку завантажує HTML-файл – текстовий документ, що містить інформацію про структуру веб-сторінки. Саме завдяки цьому файлу браузер визначає порядок відображення заголовків, текстів, а також місце розташування зображень, відео та скриптів. HyperText Markup Language (HTML) є однією з основних технологій для представлення інформації у веб-просторі. Це базова мова розмітки, яка дозволяє формувати структуру і оформлення веб-сторінок. За допомогою HTML можна змінювати вигляд тексту, використовуючи різні шрифти, кольори та інші елементи дизайну. Основна задача HTML полягає у правильній організації та структуризації контенту на сайті. Завдяки простоті та універсальності HTML залишається незамінним інструментом для створення веб-контенту. HTML був розроблений для того, щоб розробники могли легко структурувати веб-сторінки за допомогою спеціальних тегів, які дозволяють розбивати інформацію на заголовки, абзаци, списки та інші логічні блоки. Крім того, ця мова дає змогу додавати до сторінок мультимедійний контент – зображення, відео, фотографії – та створювати інтерактивні гіперпосилання для зручної навігації між сторінками або зовнішніми ресурсами.

Варто зауважити, що HTML сам по собі не встановлює жорстких правил щодо вигляду елементів – кінцеве відображення контенту залежить від браузера, через який здійснюється перегляд. Різні браузери можуть інтерпретувати один і

той самий HTML-код дещо інакше, тому зовнішній вигляд сайту може змінюватися залежно від пристрою чи програмного забезпечення. Щоб змінювати оформлення сайту без редагування HTML-коду, використовуються таблиці стилів – Cascading Style Sheets (CSS). Якщо стильові параметри, такі як кольори або шрифти, задані безпосередньо в HTML, вони матимуть пріоритет перед CSS-налаштуваннями.

CSS у веб-дизайні. CSS відіграє надзвичайно важливу роль у формуванні візуальної частини веб-сторінок. Це спеціалізована мова для опису стилів, яка дає змогу налаштовувати кольори, шрифти, розташування елементів, розміри блоків та інші аспекти оформлення. Головною ідеєю створення CSS стало розділення структури (визначеної в HTML) і оформлення веб-сторінок. Такий підхід дозволяє зменшити кількість коду, зробити його більш впорядкованим і полегшити процес редагування в майбутньому.

Розмежування функцій між HTML і CSS надає розробникам більше гнучкості та можливостей для індивідуального налаштування веб-ресурсів. Завдяки цьому можна створити один HTML-файл, але оформити його по-різному залежно від потреб: наприклад, для перегляду на екрані, друку, озвучення через голосові помічники або читання за допомогою шрифту Брайля. Така адаптивність сприяє кращій доступності сайтів для різних категорій користувачів і пристроїв.

Графічні елементи є невіддільною складовою сучасних веб-додатків і онлайн-публікацій. Вони роблять контент більш привабливим, наочним та зручним у сприйнятті. Існує велика кількість форматів графічних файлів, проте тільки деякі з них підтримуються більшістю браузерів. Кожен формат має свої особливості та переваги. Наприклад, можливість прозорості дозволяє зображенням частково або повністю зливатися з фоном, що широко використовується для створення ефектів накладання. Стиснення допомагає зменшити розмір файлів без суттєвої втрати якості, обробляючи пікселі групами.

Серед важливих характеристик графіки варто виділити також чергове завантаження: зображення спочатку відображається у вигляді контурів (непарні рядки), а потім деталізується. Це дає користувачам можливість швидше бачити попередню версію зображення. Анімація дозволяє створювати динамічні ефекти, використовуючи послідовність кадрів, наприклад, у форматі анімованого GIF, який підтримується практично на всіх пристроях без додаткового програмного забезпечення.

Ще однією корисною особливістю є поступове завантаження: зображення завантажується поетапно, що забезпечує раннє відображення основних елементів ще до завершення повного завантаження. Такі функції значно підвищують ефективність використання графіки у веб-дизайні та покращують взаємодію користувача з контентом.

Розробка кольорової гами для веб-дизайну

Правильний підбір кольорової палітри для веб-сайту є одним із ключових завдань дизайнера, адже від нього залежить, як користувач сприйматиме

контент. Важливо враховувати основи теорії кольору, поєднуючи естетичні аспекти з символічним значенням відтінків. Гармонійна комбінація кольорів і їхнє правильне розміщення на сторінці допомагають створити зручний для сприйняття та привабливий інтерфейс.

Кольорова палітра або система вибору кольорів - це набір відтінків, які використовуються для оформлення веб-сайтів, цифрових або друкованих матеріалів. Вона має безпосередній вплив на емоційне сприйняття інформації, викликає певні відгуки у користувачів та сприяє зручності взаємодії з продуктом. При створенні палітри особливо важливо враховувати контрастність, теплоту чи холодність відтінків, а також застосовувати акцентні кольори для виділення важливих елементів інтерфейсу (рис. 4).



Рисунок 4 – Принцип побудови кольорового кола Іттена

Колірне коло, розроблене Іоганнесом Іттенем, складається із 12 основних кольорів, які найкраще сприймаються людським оком і є базовими для створення усього спектру відтінків. До первинних кольорів належать жовтий, синій та червоний - саме з їхнього поєднання формуються інші кольори [21].

Колірне коло є незамінним інструментом для підбору гармонійних кольорових комбінацій. Існує шість основних правил побудови кольорної гармонії: монохромна, комплементарна, аналогова, аналогово-комплементарна, подвійна комплементарна та тріадна (рис. 5). Ці принципи реалізуються за допомогою різних кольорових моделей, що дає змогу дизайнерам ефективно працювати з кольором у найрізноманітніших проєктах.



Рисунок 5 – Палітри, що відображають принципи колірної гармонії

Монохромні кольори. Це комбінація одного кольору в різних варіаціях насиченості та прозорості. Такі палітри легко застосовуються, створюючи м'яке та спокійне враження, хоча іноді їм може бракувати емоційної виразності.

Комплементарні кольори. Це пари відтінків, розташованих навпроти один одного на колірному колі. Їхнє поєднання забезпечує максимальний контраст, що робить дизайн яскравим та динамічним.

Аналогові кольори. Це кольори, що розташовані поруч у спектрі. Завдяки схожим довжинам хвиль світла вони гармонійно поєднуються, утворюючи плавні переходи.

Аналогово-комплементарні кольори. Це поєднання двох протилежних кольорів (А і В) із додаванням сусідніх до одного з них відтінків (В(л) і В(п)). Така композиція дає змогу створити цікаві гармонійні рішення, особливо при варіаціях яскравості.

Подвійні комплементарні кольори. Для кожного з кольорів пари підбираються їхні протилежні відтінки, що дозволяє сформулювати ще більш контрастні й динамічні комбінації.

Триадні кольори. Це три кольори, розташовані рівномірно через три сектори колірного кола. Такі комбінації вимагають уважного підбору пропорцій, але при правильному використанні виглядають ефектно. Менш насичені тріади, особливо на базі вторинних і третинних кольорів, створюють м'які, гармонійні палітри [22].

Метод Іттена у використанні колірного кола орієнтується на підбір гармонійних поєднань через роботу з такими характеристиками, як яскравість, контраст і площа кольорового покриття. Зазвичай рекомендується використовувати від 2 до 4 кольорів, підбираючи їх за правилами колірної гармонії. Навіть незначна зміна яскравості чи контрасту здатна суттєво змінити загальне враження від дизайну.

Особливу увагу слід приділяти ахроматичним кольорам – відтінкам без насиченості, що охоплюють градації від чистого білого до глибокого чорного. Вони є важливим інструментом для створення візуальної рівноваги та акцентування ключових елементів інтерфейсу. Правильне використання білого й чорного кольорів може значно підвищити контрастність і зробити дизайн більш виразним і помітним. Проте надлишок ахроматичних кольорів може перевантажити користувача, погіршуючи сприйняття інформації. Збалансоване застосування відтінків сірого додає композиції глибини та багатшаровості, роблячи її привабливішою та гармонійнішою [23].

Для привернення уваги до основних елементів і створення яскравого та виразного дизайну важливо застосовувати контрастні колірні поєднання. Використання комбінацій теплих і холодних кольорів значно підсилює візуальний ефект, надаючи композиції глибини й динамізму. Додавання акцентів білим або чорним кольором допомагає не лише виділити окремі елементи інтерфейсу, а й зробити текст, геометричні форми та інші деталі чіткішими та структурованішими. Такий підхід покращує не тільки естетичні характеристики дизайну, але й його функціональність, спрямовуючи увагу користувачів на найважливіші частини візуальної композиції.

Для створення спокійних, стриманих і врівноважених інтерфейсів, що підходять для професійних або офіційних проектів, рекомендовано використовувати монохромні колірні схеми. Такі палітри базуються на одному кольорі з варіаціями

яскравості та насиченості, що дозволяє сформувати гармонійний і впорядкований візуальний стиль. Використання монохромії допомагає уникнути перевантаження інтерфейсу, роблячи його більш структурованим і зручним для сприйняття. Крім того, такий підхід акцентує увагу користувачів на змісті та функціональності ресурсу, мінімізуючи відволікаючі фактори.

Одним із важливих принципів побудови інтерфейсів є обмеження кількості використовуваних кольорів. Рекомендується застосовувати не більше п'яти основних відтінків, оскільки надмірна кількість кольорів може призвести до візуального перевантаження та хаосу. Надлишок кольорів ускладнює сприйняття інтерфейсу та орієнтацію в ньому, відволікаючи увагу користувача від важливої інформації. Дотримання балансу й поміркованості у виборі кольорової палітри сприяє створенню привабливого, організованого й інтуїтивно зрозумілого дизайну, що ефективно акцентує ключові елементи.

Поєднання яскравості, тону та контрастності кольорів визначає загальний візуальний ефект, сприйманий як єдина композиція. Маніпулюючи такими характеристиками, як насиченість і яскравість відтінків, можна отримати широкий спектр варіацій, що відповідають різним завданням дизайну. Завдяки грамотному використанню цих параметрів дизайнер має можливість точно налаштовувати візуальний образ проекту відповідно до поставлених цілей.

Отже, грамотне та обдумане використання властивостей кольору має вирішальне значення для створення дизайнів, які не лише привертають увагу та мають привабливий вигляд, але й відповідають практичним завданням. Це дозволяє розробляти рішення, що одночасно є естетично гармонійними й функціональними, повністю задовольняючи потреби проекту та очікування аудиторії.

Одним із важливих аспектів у роботі з кольором є його активність. Наприклад, червоний колір зазвичай асоціюється з енергійністю та стимулюванням, тоді як зелений викликає відчуття спокою і стриманості. Водночас сприйняття активності кольору може змінюватися залежно від рівня його насиченості та яскравості. Навіть відтінки одного кольору можуть сильно різнитися за візуальним впливом: насичені відтінки здаються більш яскравими та динамічними, тоді як менш насичені - більш спокійними.

Яскравість кольору також істотно впливає на його сприйняття. Наприклад, зі зниженням яскравості синій колір темніє, наближаючись до чорного, а зі збільшенням - світлішає, переходячи у відтінки білого. Такі зміни у яскравості й насиченості мають важливе значення для створення потрібних візуальних і емоційних ефектів у дизайні.

Слід зазначити, що характеристика кольору в реальних об'єктах багато в чому залежить від суб'єктивних факторів, пов'язаних із психологією сприйняття. На інтерпретацію кольорів впливають індивідуальні особливості людини, її емоційний стан, а також культурні контексти, що формують різні реакції на певні кольори в різних умовах.

Насиченість визначає ступінь віддаленості хроматичного кольору від нейтрального сірого і може розглядатися як "глибина" кольору, що впливає на

інтенсивність і виразність відтінків. Два відтінки одного кольору можуть суттєво відрізнятися за рівнем насиченості, що визначає їхню близькість до чистого або приглушеного кольору.

Навіть при однаковій яскравості та насиченості кольори з різними тонами можуть сприйматися як різні за світлістю. Наприклад, жовтий здається значно світлішим за синій. Один зі способів оцінити яскравість тону - уявити або спостерігати колір за умов слабкого освітлення. При цьому, наприклад, світло-рожеві відтінки при великому масштабі важче відрізнити від білого, тоді як темні сині відтінки на малих зображеннях зливаються з чорним.

Проблемам оцінки якості кольорових зображень присвячено багато робіт викладачів та студентів кафедри МСТ ХНУРЕ. Зокрема, подальшого розвитку набуло дослідження використання віртуальних метрик для оцінювання такої якості в роботі В.П. Ткаченко, А.С. Гордєєва [24]. Це дослідження базується на застосуванні метрик PSNR і MSE, а також структурних показників SSIM і MSSIM, що враховують масштаб. Встановлено оптимальні значення метрик, які відповідають зображенням із найвищою різкістю - подібні до результатів візуального експертного оцінювання. Розглянуті показники ґрунтуються на аналізі різкості зображення. Запропонований метод рекомендовано застосовувати для попередньої перевірки якості зображень перед їх друком. Метрика PSNR враховує особливості контрастної чутливості людського зору. При подальшому друці тестових зразків спостерігається згладжування меж пунктирних ліній порівняно з оригінальним файлом: з одного боку, у напрямку друку лінії стають ширшими, а з іншого – розтікання чорнила усуває нерівності їх країв.

Проектування шрифтових елементів дизайну

Шрифт – це візуальна форма подання текстових символів, яка формує цілісну стилістичну систему. У поліграфії термін "шрифт" позначає набір літер, цифр і знаків певного розміру та форми, призначений для набору тексту. Якщо шрифти мають спільний стиль, але відрізняються за розміром або насиченістю, вони об'єднуються у гарнітуру.

Основні характеристики шрифтів включають розмір, ширину, накреслення, чіткість, ємність, насиченість і контрастність. Розмір шрифту (кегель), що вимірюється у пунктах, впливає на загальне сприйняття тексту. Ширина може бути стандартною, вузькою або розширеною, що визначає ступінь горизонтального розтягнення символів. Накреслення може бути прямим або курсивним, змінюючи емоційний відтінок тексту. Чіткість визначає, наскільки різкими чи розмитими виглядають літери. Ємність залежить від ширини символів та інтервалів між ними, що впливає на обсяг тексту на сторінці. Насиченість відображає співвідношення товщини штрихів до ширини просвіту букв і може варіюватися від легкого до напівжирного чи жирного. Контрастність описує співвідношення товщини основних і допоміжних штрихів, що додає динамічності шрифту.

Читабельність тексту забезпечується правильним вибором гарнітури, кегля, накреслення і форматування. Рекомендовано використовувати пряме

накреслення, стандартну ширину літер і світлий штрих. Оптимальна пропорція ширини до висоти літер становить 3:4. Покращити читабельність також допомагає збільшення міжрядкового інтервалу, хоча це може зменшити кількість тексту на сторінці.

Великі шрифти та розширені літери значно полегшують читання, особливо для дітей і людей із порушенням зору. Наприклад, шрифт розміром 16 пунктів із шириною рядка 7,5 квадрата вважається комфортним для читання.

При створенні інтерфейсів сайтів і мобільних додатків потрібно враховувати як колір, так і типографіку. Колір формує емоційний фон і повинен підбиратися обережно, щоб уникнути небажаного враження. Водночас головною функцією інтерфейсу залишається передача інформації, тому шрифти повинні бути добре читабельними та гармонійно інтегрованими у загальний дизайн.

Якісний шрифт вирізняється багатством стилів, правильним кернінгом, підтримкою різних мов і гарно опрацьованими гліфами. Типографіка охоплює не лише вибір шрифтів, але й розміщення та організацію текстових елементів.

Основні елементи типографіки включають підбір гарнітури, визначення розміру шрифту, встановлення міжрядкового інтервалу (leading), налаштування кернінгу та вибір способу вирівнювання тексту. Гарнітура шрифту має важливе значення, оскільки різні стилі передають різні емоції та настрої. Існують такі категорії шрифтів, як антиквенні (з засічками), рублені (без засічок), рукописні та декоративні, і вибір між ними залежить від контексту.

Розмір шрифту істотно впливає на легкість читання: надто великий або надто малий розмір ускладнює сприйняття тексту. Міжрядковий інтервал визначає відстань між рядками і має бути достатнім для комфортного читання, особливо в текстах великого обсягу. Кернінг регулює відстані між окремими літерами, що сприяє гармонійному та зрівноваженому вигляду тексту. Вирівнювання тексту (за лівим краєм, центрування, за правим краєм або вирівнювання по ширині) суттєво впливає на загальну композицію сторінки та її сприйняття читачем.

Макротипографіка відповідає за загальну організацію сторінки - розташування заголовків, колонок та інших основних елементів, тоді як мікротипографіка зосереджується на тонких налаштуваннях, таких як міжлітерний інтервал і кернінг.

При розробці веб-ресурсів необхідно враховувати кілька ключових вимог до шрифтів. Перш за все – забезпечення високої читабельності на екранах різних розмірів, щоб шрифт залишався чітким і легко сприймався незалежно від пристрою. Другою важливою вимогою є адаптивність шрифтів до різних платформ, що дозволяє зберігати їх зручність та естетичність як на комп'ютерах, так і на мобільних гаджетах. Шрифт має гармонійно поєднуватися з іншими візуальними елементами сайту – кольорами, піктограмами та зображеннями.

Вибір шрифту також суттєво впливає на емоційне враження користувачів: він допомагає формувати загальний стиль і настрій сайту. Наприклад, геометричні шрифти добре підходять для сучасних веб-проектів, тоді як класичні шрифти із зарубками (серифні) краще пасують традиційним або корпоративним ресурсам.

Правильно підібраний шрифт підвищує комфорт використання сайту та покращує взаємодію користувача з інтерфейсом. Кегль, що визначає розмір літер разом із простором для виступаючих елементів (наприклад, у літерах "g" чи "y"), зазвичай становить 10–14 пунктів у веб-дизайні. Надто малий кегль ускладнює читання, особливо на екранах мобільних пристроїв.

Щільність шрифту також має значний вплив на зручність сприйняття тексту. Висока щільність підходить для компактного розміщення тексту (наприклад, Arial Black, Impact), тоді як шрифти з низькою щільністю створюють відчуття простору й краще підходять для об'ємних текстових блоків (наприклад, Georgia).

Під час проектування інтерфейсів варто уникати шрифтів із надмірно щільним або, навпаки, надто розрідженим накресленням, оскільки це ускладнює сприйняття тексту та погіршує користувацький досвід. Вибір оптимальної щільності шрифту особливо важливий для створення комфортного і ефективного сприйняття інформації на веб-ресурсах.

Визначення колірної палітри оформлення сторінок сайтів методом кластеризації k-середніх

При визначенні кольорів, що формують палітру зображення, важливо враховувати, що кількість пікселів у зображеннях сягає мільйонів, тому їх обробка потребує автоматизації. Сьогодні для цього широко застосовуються різні методи машинного навчання, які охоплюють етапи попередньої обробки, аналізу градацій, структурних компонентів, а також завдання вищого рівня - такі як класифікація, кластеризація, розпізнавання об'єктів і встановлення логічних взаємозв'язків між ними, контекстний аналіз тощо.

Колірні простори також відіграють важливу роль у процесах кластеризації та сегментації зображень. У дослідженнях найчастіше використовуються такі простори, як RGB, HSI, CMY, CMYK, YIQ, CIEXYZ та CIELab* [25]. Проте наразі не можна однозначно стверджувати, що якийсь один із них має явну перевагу при вирішенні завдань, пов'язаних із аналізом кольорового контенту зображень.

Методи визначення колірної палітри зображень можна поділити на дві основні категорії [26]:

- традиційні ручні методи;
- методи, що базуються на автоматичній обробці зображень за допомогою комп'ютерних технологій.

Ручні методи ґрунтуються на суб'єктивних оцінках кольору, художньому досвіді, естетичних міркуваннях та інтуїції спеціаліста. Вони вимагають значних витрат часу та залучення висококваліфікованих фахівців, що робить їх фінансово й трудомістко витратними. Натомість методи автоматичної обробки зображень, засновані на комп'ютерних алгоритмах, є більш економічними, оперативними, надійними та об'єктивними. Саме тому більшість практичних задач аналізу кольорового вмісту зображень вирішуються за допомогою таких методів. До них належать алгоритми обробки гістограм, методи кластеризації та алгоритми на основі штучних нейронних мереж.

Алгоритми визначення колірної гами через аналіз гістограм зображень вирізняються високою швидкістю роботи, простотою реалізації та надійністю. Їх основна перевага полягає у можливості аналізувати окремі зображення без необхідності в додаткових навчальних наборах або тривалому навчанні. Проте такі алгоритми мають і обмеження: вони не забезпечують зіставлення змісту різних зображень, не враховують яскравість кольорів і мають труднощі при роботі в тривимірних колірних просторах.

Кластеризаційні методи є основним напрямком у підходах до аналізу кольорового змісту зображень. Згідно з цим підходом, у колірному просторі виділяються окремі регіони, і під час аналізу пікселі зображення відносяться до відповідного регіону залежно від свого кольору. Різні кластеризаційні методи відрізняються між собою способами визначення меж регіонів у колірному просторі та критеріями оцінки відмінностей між кольорами пікселів. Незважаючи на ці варіації, кластеризаційні підходи залишаються основним інструментом для швидкого, економічного та надійного автоматичного аналізу кольорів у зображеннях.

Методи на основі штучних нейронних мереж останніми роками набувають популярності завдяки успіхам у розвитку генеративного штучного інтелекту. Їх головною перевагою є можливість вирішувати складні завдання, наприклад, автоматичний пошук відповідності між текстовими описами зображень та їх окремими елементами і кольорами. Втім, на сьогодні нейронні мережі ще не отримали широкого застосування для визначення колірної палітри великої кількості зображень. Основною перешкодою є необхідність тривалого навчання моделей на великих наборах даних, що містять мільйони ретельно підготовлених зображень. Попри заяви розробників щодо мінімізації контекстної залежності результатів навчання від навчальної вибірки, така залежність існує і може впливати на якість аналізу.

Таким чином, для аналізу колірного вмісту сторінок вебсайтів доцільніше застосовувати саме кластеризаційні методи автоматичної обробки зображень.

Для розв'язання поставленого завдання обробки колірних даних пропонується використовувати один із методів неконтрольованого навчання. Цей підхід у машинному навчанні застосовується у випадках, коли необхідно виявити важливі закономірності або структури у даних без попередньо заданих міток чи знань про цільову змінну. Неконтрольоване навчання особливо корисне при роботі з великими, складними або різноманітними наборами даних, дозволяючи отримати нові інсайти та краще зрозуміти структуру даних. Одним із основних застосувань таких методів є інтелектуальний аналіз даних, де завдання полягає у виявленні прихованих зв'язків або асоціацій між змінними. Тому неконтрольоване навчання є універсальним інструментом для дослідження даних, виявлення шаблонів, кластеризації та зменшення розмірності у різних сферах, зокрема в інтелектуальному аналізі даних [27].

Кластеризація має на меті об'єднання точок даних у групи або кластери на основі схожості їхніх характеристик або атрибутів. Виділяють два основні типи

кластеризації: розділову та ієрархічну. У розділовій кластеризації дані розподіляються на заздалегідь визначену кількість кластерів, тоді як ієрархічна кластеризація створює багаторівневу структуру, поступово об'єднуючи подібні кластери у більші групи. В обох підходах прагнуть до максимального подібності елементів всередині кластерів і мінімізації схожості між різними кластерами. Отримані групи допомагають краще зрозуміти приховану структуру даних і можуть бути використані для задач виявлення аномалій, розпізнавання образів або стиснення даних. Кластеризація є описовою методикою (рис. 6), яка не передбачає статистичних висновків, але дозволяє проводити розвідувальний аналіз і досліджувати внутрішню організацію даних.

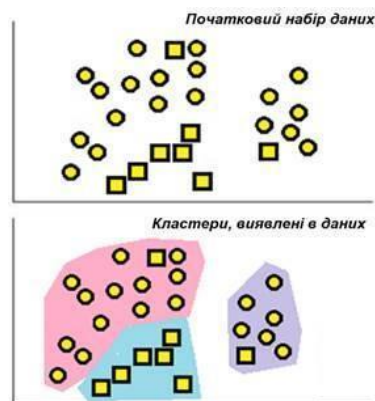


Рисунок 6 – Сутність процедури кластеризації

Однією з головних переваг кластерного аналізу є можливість групувати об'єкти за сукупністю ознак, а не лише за одним параметром. Метод не накладає жорстких вимог до форми об'єктів і дозволяє працювати з даними різної природи.

Нехай задано множину об'єктів даних $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$, де кожен об'єкт i_j описується набором атрибутів $i_j = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, які можуть бути як числовими, так і категоріальними. Потрібно сформувати множину кластерів $C = \{c_1, c_2, \dots, c_g\}$ та побудувати відображення F , яке зіставляє кожен об'єкт з множини I до певного кластера з множини C , тобто $F: I \rightarrow C$. Кожен кластер c_k містить об'єкти i_i та i_p з множини I , якщо виконано умову $d(i_i, i_p) \leq \sigma$, де σ – це заданий поріг близькості. Функція $d(i_i, i_p)$ визначає міру відстані між об'єктами. Якщо ця відстань менша або дорівнює порогу σ , то вважається, що об'єкти схожі, і їх об'єднують в один кластер.

Одним із найскладніших аспектів кластеризації є забезпечення однорідності кластерів та обчислення відстані між точками даних. У більшості практичних випадків для цих розрахунків застосовується Євклідова відстань:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + \dots + (x_{in} - x_{jn})^2} = \|x_i - x_j\|^2. \quad (1)$$

При використанні Євклідової метрики відмінності між віддаленими точками посилюються за рахунок квадратичного зростання відстані. Цей підхід є особливо ефективним за умов:

- дані належать до генеральних сукупностей із нормальним розподілом, де компоненти матриці XX є незалежними й мають однакову дисперсію;
- компоненти вектора спостережень мають однаковий фізичний зміст і отримані подібними методами вимірювання або спостереження;
- кількість атрибутів не перевищує трьох.

Отримані кластери можуть бути або взаємовиключними (exclusive), або такими, що перетинаються (overlapping).

Основні характеристики кластерів включають:

- розташування центру (може бути декілька центрів);
- радіус (максимальна відстань від центру до точки);
- розмір (кількість елементів у кластері);
- щільність заповнення.

До основних методів кластеризації належать наступні.

1. Ієрархічні методи – кількість кластерів не визначається заздалегідь; будується дерево вкладених кластерів (дендрограма):

- агломеративні – починають з кожного об'єкта окремо, поступово об'єднуючи їх у більші кластери;
- дивізімні – розглядають всю сукупність як один кластер і поступово розділяють її на підгрупи.

2. Методи, засновані на щільності – об'єкти об'єднуються в кластери відповідно до заданої просторової щільності; ці методи дозволяють виявляти кластери довільної форми й ігнорувати шуми.

3. Сіткові методи – передбачають групування об'єктів у заздалегідь визначену сіткову структуру.

4. Методи на основі моделей – використовують математичні моделі для виявлення кластерів, які найкраще описують дані.

5. Кластеризація високорозмірних даних – спеціальні підходи для роботи з даними великої кількості вимірів.

6. Методи з обмеженнями – враховують додаткові обмеження при формуванні кластерів.

7. Нечіткі методи – дозволяють кожному об'єкту належати одночасно до кількох кластерів із певними ступенями приналежності.

Оцінюючи алгоритми кластеризації, звертають увагу на їх здатність створювати значущі, корисні кластери, а також на обчислювальну ефективність і масштабованість для великих обсягів даних. Вибір методу залежить від особливостей вихідних даних і поставлених завдань.

Серед популярних ієрархічних методів кластеризації виділяють кілька алгоритмів неконтрольованого навчання, таких як k -середніх (k -means), міні-пакетні k -середніх, метод Уорда (Ward's method) та середній зсув (Mean Shift). Зазвичай їх реалізація включає етапи масштабування даних, створення моделі, навчання, призначення кластерів і оцінювання результатів.

K -means – один із найпоширеніших алгоритмів для неконтрольованого навчання. Міні-пакетні k -means є оптимізованим варіантом, що краще підходить

для великих даних завдяки підвищеній швидкості роботи. Метод Уорда - ієрархічний алгоритм, який можна використовувати як із обмеженнями, так і без них. Середній зсув – ще один підхід, що формує кластери різної форми й розміру, переміщуючи ядро в напрямку локальної щільності розподілу.

Алгоритм кластеризації k-середніх призначений для поділу множини спостережень $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, де кожне спостереження є d-вимірним вектором дійсних чисел, на $k \leq n$ кластерів $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$. Основна ціль полягає в тому, щоб зменшити суму квадратів відстаней між точками всередині кожного кластера (внутрішньокластерну суму квадратів, або WCSS), тобто зменшити дисперсію. Потрібно знайти такі множини S_i , які мінімізують наступну функцію:

$$\arg \min_S \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 = \arg \min_S \sum_{i=1}^k |S_i| \text{Var} S_i, \quad (2)$$

де μ_i – це центроїд, тобто середнє значення векторів у кластері S_i ;
 $|S_i|$ – кількість елементів у кластері, а $\|\cdot\|$ позначає L2 норму.

Інакше кажучи, задача зводиться до мінімізації суми квадратів відхилень точок від центру відповідного кластера.

$$\arg \min_S \sum_{i=1}^k \frac{1}{|S_i|} \sum_{x, y \in S_i} \|x - y\|^2, \quad (3)$$

Оскільки загальна дисперсія залишається сталою, максимізація міжкластерної суми квадратів еквівалентна мінімізації внутрішньокластерної суми квадратів (WCSS).

Процес кластеризації методом k-середніх включає такі основні етапи.

1. Визначити кількість кластерів k та підготувати навчальний набір даних.
2. Випадковим чином обрати k початкових центроїдів кластерів.
3. Для кожної точки даних знайти найближчий центроїд на основі обраної метрики відстані та закріпити точку за відповідним кластером.
4. Перерахувати положення центроїдів як середнє значення координат точок, що належать до кожного кластеру.
5. Повторювати кроки 3 і 4 доти, поки не буде досягнуто збіжності, що зазвичай визначається мінімальними змінами у положенні центроїдів.

Експериментальна частина

Зростання популярності інтерактивних інтерфейсів у веб-розробці підвищує вимоги до забезпечення якісного користувацького досвіду (UI/UX). Метою проведеного експериментального дослідження є оцінка ефективності розробленого програмного засобу для створення стилів оформлення веб-ресурсів. Серед завдань дослідження: визначення основних критеріїв для порівняння з аналогічними рішеннями, аналіз ефективності запропонованого інтерфейсу та оцінка його відповідності очікуванням користувачів.

Дослідження відбувалося у кілька етапів:

- застосування розробленої методики аналізу колірного оформлення веб-сторінок університетських сайтів і виявлення закономірностей у виборі кольорів;

- аналіз критеріїв оцінювання користувацьких інтерфейсів;
- створення програмного продукту, який дозволяє інтерактивно змінювати кольорові та шрифтові елементи дизайну під час проектування сайту;
- розробка прототипу веб-ресурсу з використанням цього програмного засобу та порівняльне оцінювання його інтерфейсу з існуючими аналогами.

Очікується, що ефективність вибору ключових елементів інтерфейсу на етапі проектування буде підтверджена комплексною оцінкою.

На першому етапі експерименту здійснено вибір вищих навчальних закладів, збір скріншотів їхніх веб-сторінок і визначення кольорів, представлених на цих сторінках, а також розрахунок площі, яку займають ці кольори. Для дослідження обрано 25 університетів, що посіли найвищі позиції у рейтингу QS World University Rankings 2025: Top Global Universities. Цей рейтинг формується на основі аналізу наукової активності, працевлаштування випускників, якості освітніх програм та рівня міжнародної співпраці.

Було зібрано скріншоти трьох типів сторінок, які цікавлять потенційних абітурієнтів:

- головна сторінка сайту (226 скріншотів);
- сторінка факультетів (231 скріншотів);
- сторінка окремого факультету або кафедри (162 скріншоти), зокрема напряму "Computer Science" або "Engineering".

Приклади зображень наведено на рис. 7.

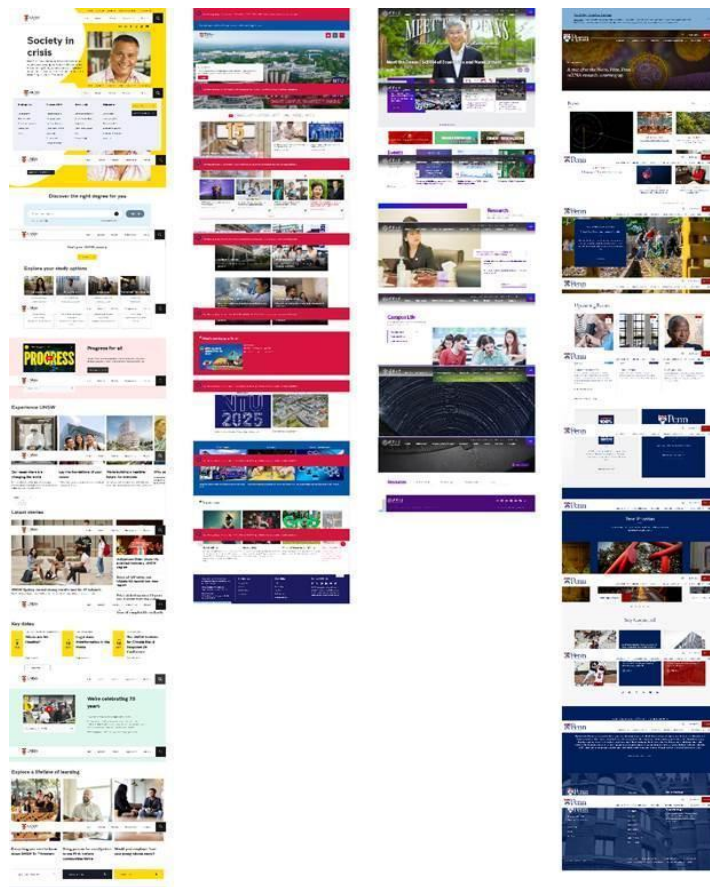


Рисунок 7 – Скріншоти сторінок сайтів вищих навчальних закладів, які досліджувалися в експерименті

Кожен скріншот було сегментовано у колірному просторі CIE Lab із використанням методу k-середніх. Для кожного зображення виділили десять основних кольорів і обчислили площу, яку займає кожен з них. Приклад результатів сегментації для головної сторінки сайту ХНУРЕ подано в табл. 1 та на рис. 8.

Таблиця 1 – Виділені за допомогою кластеризації основні кольори сайту ХНУРЕ (головна сторінка)

Номер кольору	Координати кольору Lab			Площа, зайнята кольором, по відношенню до площі зображення
	L	a	b	
1	27,00	-12,00	-21,00	0,19
2	76,00	-5,00	-6,00	0,08
3	92,00	0,00	0,00	0,16
4	66,00	32,00	39,00	0,00
5	53,00	0,00	0,00	0,03
6	58,00	-11,00	-13,00	0,03
7	100,00	0,00	0,00	0,38
8	80,00	-30,00	-22,00	0,01
9	67,00	-44,00	5,00	0,00
10	42,00	-13,00	-18,00	0,05



Рисунок 8 – Виділені за допомогою кластеризації основні кольори сайту ХНУРЕ (головна сторінка)

Аналогічним чином було зібрано дані про сторінки сайтів, представлені на схемах основних кольорів для провідних вищих навчальних закладів: головні сторінки, сторінки факультетів та окремих кафедр. Також було проаналізовано сторінки факультетів ХНУРЕ, факультету комп'ютерних наук ХНУРЕ, сторінки кафедри МСТ ХНУРЕ та кафедри МСТ.

На точність дослідження можуть впливати такі чинники: відтворення відеоконтенту, зміна кольору фону або тексту, зміни зображень, спливаючі елементи, використання зображень як фону, а також накладання частин попередніх скріншотів через повноекранне збереження сторінки.

Зображення веб-сторінки кафедри МСТ було оброблено шляхом сегментації у колірному просторі CIE Lab, в результаті чого було виділено 10 основних кластерів кольорів (рис. 9).

Аналізуючи результати, представлені в таблиці 2 та на рисунку 10, можна зробити висновок, що основні десять кольорів, використані на сторінці кафедри МСТ, у порівнянні з іншими сайтами, виглядають менш яскравими та більш приглушеними.

Візуальне сприйняття контенту на веб-ресурсах значною мірою залежить від правильного вибору кольорової палітри та шрифтів. Ці елементи не лише формують перше враження про сайт, а й визначають рівень комфорту користувача під час його перегляду. Для досягнення естетичної цілісності часто використовується колірне коло Іттена, яке служить основою для підбору гармонійних поєднань кольорів. На основі аналізу різних схем кольорних рішень

було встановлено, що тріадна колірна модель є найбільш придатною для веб-дизайну, оскільки дозволяє створювати збалансовані комбінації, акцентуючи увагу на важливих елементах сторінки.



Рисунок 9 – Результати сегментації за кольорами сторінки кафедри МСТ ХНУРЕ

Таблиця 2 – Виділені за допомогою кластеризації основні кольори сайту кафедри МСТ ХНУРЕ

Номер кольору	Координати кольору Lab			Площа, зайнята кольором, по відношенню до площі зображення
	L	a	b	
1	73	-30	43	0,1
2	15	-2	6	0,03
3	82	1	4	0,04
4	45	-1	2	0,02
5	10	-11	-29	0,1
6	65	0	1	0,06
7	100	0	0	0,6
8	59	55	46	0,0
9	84	-4	-14	0,03
10	41	-10	24	0,02



Рисунок 10 – Виділені за допомогою кластеризації основні кольори сайту кафедри МСТ ХНУРЕ

Було запропоновано зберегти кольори під номерами 3-6 для оформлення текстових елементів та фону сайту, а кольори під номерами 1-2 і 7-10 замінити на яскравіші відтінки.

Відповідно до принципів теорії кольору та сучасних вимог до веб-дизайну, була розроблена універсальна схема оформлення для світлої та темної версій сайтів. Вона ґрунтується на гармонійному поєднанні кольорів і враховує особливості відображення елементів на різних пристроях та за різних умов освітлення. Запропоновану палітру кольорів і шрифтів легко інтегрувати у HTML-документи за допомогою CSS-стилів, що дає змогу швидко адаптувати її до різних веб-сторінок.

Такий підхід сприяє створенню візуально привабливих, функціональних та стилістично узгоджених веб-ресурсів, що забезпечує комфорт користувачів, підвищує ефективність сайтів і відповідає сучасним стандартам дизайну, об'єднуючи естетичність і практичність.

На основі цієї схеми було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення. Інструмент створено мовою програмування C# з використанням платформи .NET Framework 4.5 [22].

Інтерфейс користувача програми (рис. 11) поділено на два основних компоненти: робочий блок і блок попереднього перегляду. Робочий блок, розташований обабіч блоку попереднього перегляду, включає кілька вкладок: "Designer", "Background", "Color Circle" і "Images".



Рисунок 11 – Головна сторінка користувача

У лівій частині робочого блоку на вкладці "Designer" (рис. 12) користувач має можливість обирати HTML-теги, які потрібно змінити, а також налаштовувати такі параметри, як тип шрифту, його колір і розмір.

На вкладці "Background" користувач може вибрати фон веб-сторінки зі списку доступних зображень або завантажити власне зображення через відповідне меню (рис. 13).

Блок попереднього перегляду, розташований у центральній частині інтерфейсу, відображає всі зміни, що вносяться у стилі CSS. Він представляє собою спрощену модель веб-сторінки, на якій усі модифікації автоматично застосовуються та демонструються в режимі реального часу, що дозволяє миттєво оцінити результати змін.

Щоб створити та зберегти новий CSS-файл, потрібно внести необхідні зміни у стилі та натиснути кнопку "View in browser", що дозволяє одразу переглянути оновлену версію веб-сторінки (рис. 14).

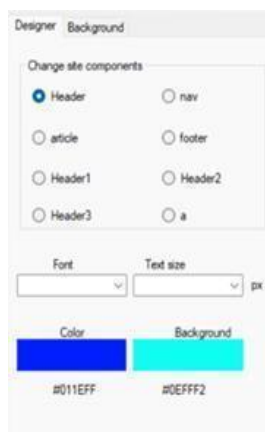


Рисунок 12 – Розташування елементів у вкладці «Designer»



Рисунок 13 – Вкладка «Background» робочого блоку користувача



Рисунок 14 – Візуальне представлення веб-сторінки

Розроблене програмне забезпечення є зручним інструментом для створення індивідуального оформлення веб-сторінок. Воно дає змогу працювати з кольоровими палітрами, фонами та іншими елементами дизайну у простому й зрозумілому інтерфейсі.

У правій частині робочої області розміщена вкладка "Color Circle" (рис. 15), де користувач може налаштовувати кольорову схему. Основний колір змінюється шляхом переміщення чорного маркера на колірному колі за допомогою лівої кнопки миші, тоді як додаткові кольори коригуються переміщенням сірих маркерів правою кнопкою миші відповідно до тріадної моделі.

Вкладка "Image", що також розташована праворуч, дозволяє користувачу обрати бажаний колір із зображення (рис. 16). Для цього потрібно завантажити скріншот сайту через буфер обміну (Clipboard) і, клацнувши правою кнопкою миші, вибрати потрібний відтінок на зображенні.

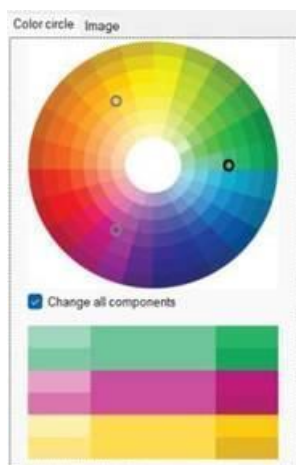


Рисунок 15 – Вкладка « Color circle » робочого блоку користувача



Рисунок 16 – Вкладка « Image » робочого блоку користувача

Для коректної роботи програмного інструменту необхідно дотримуватись двох головних умов: по-перше, вхідний HTML-файл не повинен містити явно заданих стилів, щоб уникнути конфліктів між існуючим оформленням і новими стилями; по-друге, структура HTML-документа має відповідати стандартам HTML5. Це забезпечує сумісність із сучасними технологіями та правильну обробку файлів інструментом.

На рис. 17 представлено початкову веб-сторінку, яка відповідає вказаним вимогам. Цей сайт використано як тестовий приклад для перевірки функціональності програмного засобу. Завдяки використанню стандартів HTML5 він демонструє стабільність роботи інструменту та ефективність створення нових стилів для веб-ресурсів.

Для оновлення дизайну веб-сайту за допомогою розробленого програмного інструмента було підбрано відповідні кольорові палітри та параметри шрифтів, що представлені на рис. 18. Вибір елементів здійснювався з урахуванням гармонійності кольорових поєднань, зручності читання тексту та відповідності загальному стилю сайту.

Як видно з рис. 19-20, обрані основні та акцентні кольори гармонійно виглядають у обох варіантах – для темної й світлої теми оформлення сторінки.



Рисунок 17 – Початкова Інтернет-сторінка

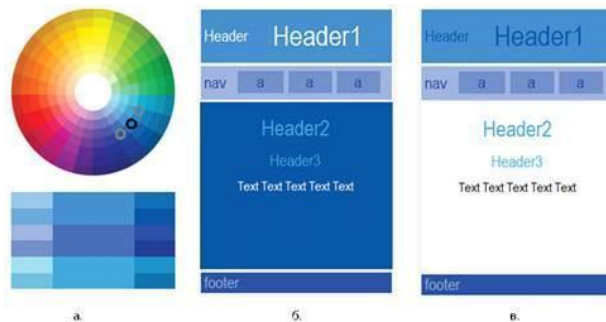


Рисунок 18 – Приклад стилів:

а – обрані кольори, б – темна схема, в – світла схема

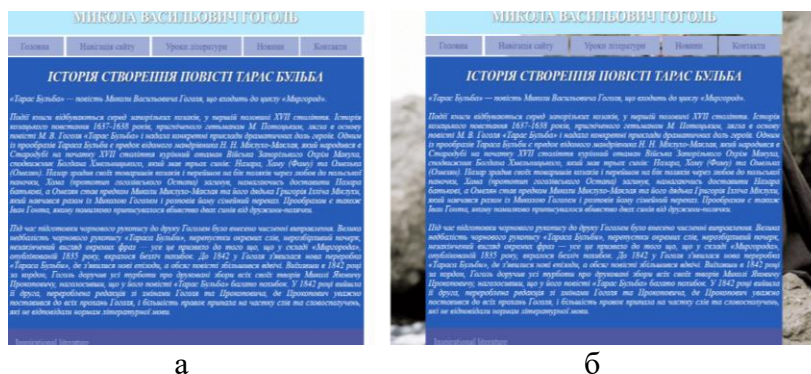


Рисунок 19 – Вигляд веб-сайту для темної схеми:

а – без фонових зображення, б – з фоновим зображенням

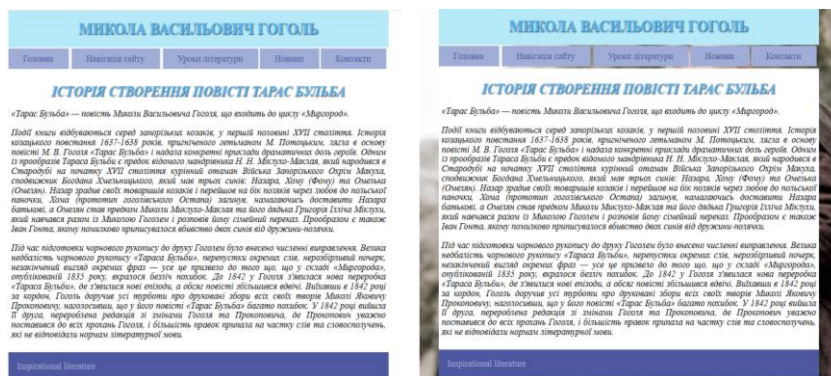


Рисунок 20 – Результуючий вигляд сторінки світлої схеми:
а – без фонових зображення, б – з фоновим зображенням

На рис. 21 наведено приклади різних кольорових комбінацій для темної версії сайту. З аналізу рис. 21 можна зробити висновок, що зміна акцентних кольорів за допомогою колірної кола Іттена відповідно до запропонованої схеми змінює загальне враження від сайту, проте гармонійність оформлення при цьому зберігається.



Рисунок 21 – Результуючий вигляд сторінки різних темних схем:
 а – приклад оформлення комплементарними кольорами,
 б – приклад оформлення монохромними кольорами

Новий дизайн демонструє покращену структуру сторінки, акцентування уваги на важливих елементах та загальне підвищення естетичної привабливості, що позитивно впливає на користувацьке сприйняття ресурсу.

Працездатність розробленого програмного засобу також була протестована на різних HTML-сторінках. Як видно з наведених рисунків, запропонована кольорова схема однаково ефективно підходить для сайтів із різним типом контенту та спрямованістю.

Оцінювання якості інтерфейсу проводилося за методом вагових коефіцієнтів, де значення коефіцієнтів визначалися на основі експертних оцінок. Для аналізу використовували розподілені алгоритми порівняння факторів, що дозволяють встановити відносну важливість кожного критерію.

Під час експерименту було організовано анкетування, в межах якого експерти оцінювали кожен критерій за 10-бальною шкалою.

Визначення критеріїв оцінки. Основними критеріями були обрані:

- зручність навігації (ваговий коефіцієнт – 0,25);
- візуальна привабливість (вага – 0,20);
- читабельність тексту (вага – 0,15);
- інтуїтивність використання (вага – 0,25);
- швидкість завантаження сторінок (вага – 0,15).

Проведення анкетування експертів. До оцінювання залучили 10 експертів: 5 провідних UI/UX-дизайнерів, 3 бекенд-розробники та 2 проектні менеджери.

Експертам було запропоновано оцінити інтерфейс за кожним критерієм за шкалою від 1 (незадовільно) до 10 (відмінно).

Дослідження серед цільової аудиторії. Для перевірки реакції кінцевих користувачів було залучено 15 добровольців (студентів і викладачів), які протестували прототип інтерфейсу та заповнили анкету із тією ж 10-бальною шкалою.

За результатами оцінювання для кожного критерію було обчислено середню оцінку, з урахуванням вагових коефіцієнтів, а також визначено коефіцієнт конкордації для перевірки узгодженості думок експертів.

Отримані середні оцінки за критеріями виглядають наступним чином:

- візуальна привабливість: середня оцінка – 8,2 (вага 0,20, скоригована оцінка – 1,64);
- зручність навігації: середня оцінка – 8,7 (вага 0,25, скоригована – 2,175);
- читабельність тексту: середня оцінка – 9,0 (вага 0,15, скоригована – 1,35);
- інтуїтивність використання: середня оцінка – 8,5 (вага 0,25, скоригована – 2,125);
- швидкість завантаження сторінок: середня оцінка – 9,5 (вага 0,15, скоригована – 1,425).

Підсумкова скоригована оцінка інтерфейсу складає:

$$2.175+1.64+1.35+2.125+1.425=8.715.$$

Результати опитування користувачів. Користувачі оцінювали прототип інтерфейсу за тими самими критеріями. Середні отримані оцінки склали:

- зручність навігації – 8,5;
- візуальна привабливість – 8,0;
- читабельність тексту – 9,2;
- інтуїтивність використання – 8,7;
- швидкість завантаження сторінок – 9,0.

Середня оцінка за всіма критеріями становила 8,68, що свідчить про високу задоволеність користувачів.

Коефіцієнт конкордації W , розрахований за методом Кендалла, дорівнював 0,82, що вказує на високий рівень узгодженості суджень серед експертів.

Порівняння з аналогічними рішеннями. Для оцінки конкурентоспроможності результати порівнювали з трьома аналогічними проєктами:

- Shopify – середня оцінка 8,3;
- Webflow – середня оцінка 8,1.

Запропонований інтерфейс продемонстрував результат 8,715, що перевищило середні оцінки конкурентів.

Висновки за результатами експерименту. І експерти, і кінцеві користувачі високо оцінили розроблений інтерфейс, особливо за такими критеріями, як швидкість завантаження сторінок та читабельність тексту. Загальна оцінка нового інтерфейсу на 5,1% перевищила середні результати аналогів, що підтверджує його конкурентоспроможність. Високе значення коефіцієнта конкордації (0,82) забезпечує достовірність отриманих оцінок.

Розробка програмного забезпечення. Було створено програмний продукт із зручним графічним інтерфейсом, який дозволяє змінювати дизайн веб-сайтів.

Завдяки цьому застосунку дизайнер може оперативно й ефективно налаштовувати оформлення сайту. Інструмент підтримує вибір світлих і темних тем на основі тріадної кольорової схеми та дає можливість редагувати окремі елементи дизайну й підібрані кольори.

Працездатність розробленого засобу була перевірена на різних HTML-сторінках. Показано, що сформовані кольорові рішення є універсальними та можуть бути застосовані до веб-сайтів із різноманітним контентом і тематикою.

Висновки

Сучасне сприйняття інформації в Інтернеті значною мірою залежить від правильного підбору кольорового оформлення та дизайну шрифтів. Вдале поєднання кольорів допомагає акцентувати увагу на важливих елементах або, навпаки, приховати другорядну інформацію, що полегшує користувачу взаємодію з контентом. Кольорове оформлення та типографіку веб-сторінок можна налаштовувати засобами HTML та CSS. Хоча існує багато інструментів для створення таблиць стилів, більшість із них недостатньо враховують художні аспекти оформлення, побудовані на сучасних принципах теорії кольору.

Одним із найефективніших засобів для підбору гармонійних кольорових комбінацій є колірне коло Іттена. В результаті аналізу різних схем було обрано тріадну модель, яка забезпечує широку гаму оформлень і дозволяє ефективно виділяти ключові елементи на сторінці. Окрім того, були вивчені популярні шрифти для веб-дизайну та розроблені рекомендації щодо їх застосування залежно від типу контенту.

На основі проведеного аналізу створено універсальну схему оформлення, що враховує особливості темних і світлих тем веб-сайтів та базується на принципах теорії кольору. Цю схему можна легко інтегрувати у веб-ресурси за допомогою створення відповідних CSS-таблиць стилів, що забезпечує сучасний і зручний вигляд сайтів.

Відповідно до поставленої мети було здійснено глибокий аналіз літературних джерел і визначено ключові теоретичні аспекти, які стали основою для розробки програмного забезпечення, орієнтованого на зміну стилів оформлення інтернет-ресурсів.

Вивчивши існуючі методи перетворення стилів, було обрано найефективніші підходи для впровадження у сучасні програмні продукти. Аналіз аналогічних розробок дозволив виділити основні критерії оцінки інтерфейсу, що стали базою для подальшого порівняння та вдосконалення розробленого рішення.

У роботі було виокремлено кілька груп критеріїв:

- критерії оцінки окремих елементів інтерфейсу;
- критерії, що визначають зручність та інтуїтивність використання інструменту для розробників;
- чинники, що сприяють скороченню часу на адаптацію та впровадження стилів.

Проведено також порівняльний аналіз розробленого рішення з конкурентними продуктами, розрахувавши комплексну оцінку, що враховувала технічну ефективність, зручність використання та відповідність сучасним вимогам до веб-інтерфейсів.

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що ефективне створення стилістичного оформлення веб-ресурсів потребує комплексного підходу, який поєднує знання в галузі теорії кольору, типографіки, UX/UI дизайну та сучасних комп'ютерних технологій. Особливу увагу приділено використанню кольору як засобу емоційного та когнітивного впливу на користувача, що має вирішальне значення у формуванні візуального іміджу сайту та підвищенні рівня його конверсії.

Автоматизація процесів дизайну за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє генерувати гармонійні колірні схеми, підбирати шрифти та налаштовувати композиційні елементи інтерфейсу, сприяє підвищенню ефективності як професійної діяльності дизайнерів, так і освітнього процесу. Застосування методів кластеризації зображень, зокрема алгоритму k-середніх, довело свою доцільність для виявлення домінуючих кольорів і формування узгоджених колірних палітр.

Аналіз сучасних фреймворків і CMS-платформ показав, що інструменти автоматизованого налаштування стилів активно використовуються у веб-розробці, забезпечуючи адаптивність, доступність і персоналізацію інтерфейсів. Важливою складовою дослідження стало поєднання теоретичних знань з практичним застосуванням технологій, що дає змогу студентам не лише оволодіти інструментами дизайну, а й розуміти їх вплив на користувацький досвід.

Таким чином, автоматизовані засоби розробки стилів є потужним інструментом у сфері цифрового дизайну. Вони сприяють оптимізації процесів створення візуального контенту, підвищують якість веб-продуктів і формують у студентів ключові компетентності, необхідні для успішної професійної реалізації в умовах цифрової трансформації суспільства.

Результати аналізу й експериментального тестування довели, що створене програмне забезпечення повністю відповідає поставленим завданням. Інструмент дозволяє ефективно адаптувати стильове оформлення веб-ресурсів відповідно до сучасних стандартів, а застосування розроблених критеріїв оцінки забезпечило високу якість інтерфейсу та зручність його використання.

Список літератури.

1. Kuzic, J., Giannatos, G., & Vignjevic, T. (2010). Web Design and Company Image. Issues in Informing Science and Information Technology, (7), 099-108. <https://doi.org/10.28945/1195>.
2. Kuzic, J., & Dawson, L. (2004). Does It Really Matter?. First Impressions From A Company's Web Site. In 17th Bled eCommerce Conference.
3. Дубовик, Т.В. (2014). Концептуальна модель довіри споживачів до інтернет-магазинів. Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія: Економіка, (160).
4. Kulishova, N., & Bilets, D. (2023). Color in multimedia editions.
5. Бурачек, І.В., Верстова, В.Я., & Ярмолюк, Д.І. (2020). Психологія кольору з погляду маркетингу. Бізнес-навігатор, (1), 85-90.

6. Круг, С. Не змушуйте мене думати. Розсудливий підхід до зручності в користуванні сайтами та застосунками. К.: ArtHuss, 2022. 198 с.
7. Bleicher, S. (2023). *Contemporary color: Theory and use*. Routledge.
8. Кулішова, Н.Є., & Білець, Д.Ю. (2024). Вибір колірного рішення під час розробки дизайну сайту.
9. Al-Rasheed, A.S. (2015). An experimental study of gender and cultural differences in hue preference. *Frontiers in psychology*, (6), 30.
10. Jahanian, A., Keshvari, S., Vishwanathan, S.V.N., & Allebach, J.P. (2017). Colors-Messengers of Concepts: Visual Design Mining for Learning Color Semantics. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 24(1), 1-39.
11. Rajain, P., & Rathee, R. (2019). Role colour plays in influencing consumer behaviour. *International Research Journal of Business Studies*, 12(3), 209-222.
12. Shamo, P., Inoue, A., & Kawanaka, H. (2022, November). Color aesthetics and context-dependency. In *2022 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS)*. (p. 1-7).
13. Колосніченко, О., & Васильєв, О. (2021). Колір як складова дизайну інтерфейсів. *Актуальні проблеми сучасного дизайну*, (2), 130-133.
14. Боднар, Л.В. (2019). Методичні рекомендації щодо створення Інтернет-сайту освітнього закладу.
15. Шипова, М.К., & Крячко, М.О. (2024). Роль кольору в забезпеченні інклюзивності у веб-просторі.
16. Гаврилов, В.П. (2020). Оцінка впливу колірного і графічного оформлення контенту сайту на його конверсію.
17. Шипова, М.К., & Вовк, О.В. (2020). Психоемоційний вплив кольору.
18. Alberts, W.A., & Van Der Geest, T.M. (2011). Color matters: Color as trustworthiness cue in web sites. *Technical communication*, 58(2), 149-160.
19. Hallock, J. Color Assignment. URL: <https://www.joehallock.com/edu/COM498/>.
20. Deineko, Z., Zeleniy, O., Lyashenko, V., & Tabakova, I. (2021). Color space image as a factor in the choice of its processing technology.
21. Бородкіна, І.Л., & Бородкін, Г.О. (2020). *Web-технології та Web-дизайн: застосування мови HTML для створення електронних ресурсів*. Київ: Ліра-К.
22. Марченко, Н.А., Малько, М.М., & Сидоренко, Г.Ю. (2023). *Технологія CSS*.
23. Frain, B. (2015). *Responsive web design with HTML5 and CSS3*. Packt Publishing Ltd.
24. Ткаченко, В.П., & Гордєєв, А.С. (2023). Використання віртуальних метрик для оцінки якості кольорових зображень.
25. Gonzalez, R.C. (2009). *Digital image processing*. Pearson education india.
26. Gao, Y., Liang, J., & Yang, J. (2024). Color Palette Generation From Digital Images: A Review. *Color Research & Application*.
27. Vasques, X. (2024). *Machine learning theory and applications: Hands-on use cases with python on classical and quantum machines*. John Wiley & Sons.
28. Li, H. (2024). *Machine Learning Methods*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-3917-6>.

УЗГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ ДЛЯ ОБРОБКИ РОЗМИТОГО ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Трунова Т.О.

асистент, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Хламов С.В.

к.т.н., старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** У роботі розглянуто метод узгодженої фільтрації для обробки розмитих цифрових зображень, зокрема астрономічних. Проаналізовано математичні основи методу, побудовано алгоритм з урахуванням апріорної інформації про об'єкти та шум. Проведено експериментальні дослідження на реальних ПЗЗ-кадрах, які підтвердили ефективність фільтрації для підвищення якості та деталізації зображень. Також обґрунтовано можливість застосування методу в інших галузях цифрової обробки.*

***Ключові слова:** ОБРОБКА ЗОБРАЖЕННЯ, УЗГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ, ЦИФРОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ, ПЗЗ-КАДРИ, ШУМ, ДЕКОНВОЛЮЦІЯ, ЗМАЗ.*

Вступ

Обробка зображень відіграє ключову роль у багатьох сферах науки та техніки, зокрема в астрономії [1], де якість зображень безпосередньо впливає на точність отриманих даних. Астрономічні зображення часто зазнають значних спотворень через атмосферну турбулентність, оптичні аберації, тепловий шум детекторів та інші чинники [2]. Ці спотворення ускладнюють аналіз отриманих даних, а тому вимагають ефективних методів фільтрації для покращення якості зображень. Застосування сучасних алгоритмів обробки дозволяє компенсувати ці недоліки та підвищити якість отриманих зображень, що критично важливо для наукових досліджень і практичних застосувань [3].

Одним із перспективних методів обробки зображень є узгоджена фільтрація, що базується на принципі оптимального виявлення сигналу в умовах шуму. На відміну від класичних методів згортки або середньозважених фільтрів [4], узгоджена фільтрація [5] використовує апріорну інформацію про структуру зображення та характеристики шуму, що дозволяє підвищити якість відновлення деталей і контрасту [6]. Завдяки цим особливостям метод широко використовується не лише в астрономії, але й у таких галузях, як медична візуалізація, дистанційне зондування Землі, військова техніка, біометричні системи розпізнавання, промислова дефектоскопія та навіть криміналістична експертиза зображень.

В астрономії узгоджена фільтрація має особливе значення, оскільки дозволяє компенсувати спотворення, викликані атмосферними умовами та оптичними недоліками телескопів [7]. Це, у свою чергу, дає можливість отримати

більш чіткі зображення далеких галактик, екзопланет, туманностей і слабких космічних об'єктів [8]. Крім того, методика сприяє покращенню ефективності автоматизованих алгоритмів виявлення та ідентифікації небесних тіл, що має вирішальне значення для розвитку астрономічних каталогів [9] і проведення наукових спостережень [10].

У медичній діагностиці узгоджена фільтрація застосовується для підвищення якості знімків, отриманих за допомогою комп'ютерної томографії, магнітно-резонансної томографії та ультразвукової діагностики. Це дозволяє лікарям точніше виявляти патології, що є критичним фактором для ранньої діагностики та ефективного лікування. У військовій та розвідувальній техніці метод використовується для покращення супутникових і аерофотознімків, що сприяє більш точному виявленню об'єктів та аналізу ситуацій в екстремальних умовах.

Актуальність цього дослідження визначається необхідністю розробки та вдосконалення методів обробки астрономічних зображень, які дозволяють зменшити вплив розмиття та підвищити точність астрономічних спостережень [11]. Впровадження узгодженої фільтрації в обробку астрономічних зображень відкриває нові можливості для аналізу слабких об'єктів, покращення роздільної здатності та ефективності автоматизованих алгоритмів ідентифікації небесних тіл [12]. Більш того, завдяки універсальності методу, його результати можуть бути застосовані й у багатьох інших галузях, що підкреслює важливість проведеного дослідження.

У роботі розглядається застосування узгодженої фільтрації для обробки розмитих цифрових астрономічних зображень. Особливу увагу приділено теоретичним основам методу, математичному обґрунтуванню, алгоритмічній реалізації та аналізу отриманих результатів. Окремо буде розглянуто питання ефективності методу в порівнянні з традиційними алгоритмами фільтрації, а також можливості його адаптації для вирішення практичних задач у суміжних сферах. Порівняння із традиційними методами дозволить оцінити ефективність підходу, а практичні експерименти на реальних астрономічних зображеннях продемонструють його застосовність у наукових дослідженнях і технічних додатках.

Мета та задачі дослідження

Основна мета цього дослідження полягає у розробці та вдосконаленні методики узгодженої фільтрації для обробки розмитих цифрових зображень, з особливим акцентом на астрономічні дані [13]. Використання цього підходу дозволяє значно покращити якість візуальної інформації, мінімізуючи вплив шуму та різноманітних факторів, що спричиняють спотворення. Оскільки астрономічні зображення часто зазнають негативного впливу турбулентності атмосфери, теплових шумів, оптичних аберацій і дискретизації цифрових детекторів, ефективна обробка таких даних стає ключовим завданням для астрономічної спільноти [14]. Покращення якості спостережень дозволяє не лише точніше аналізувати слабкі об'єкти у далеких галактиках, а й виявляти нові деталі у вже відомих структурах.

Проте значущість узгодженої фільтрації виходить далеко за межі астрономії. Цей метод відіграє важливу роль у медичній візуалізації, наприклад, при покращенні контрастності МРТ-знімків або рентгенівських зображень. Його застосування у військовій та супутниковій розвідці дає змогу покращити деталізацію супутникових знімків, що сприяє більш точному аналізу місцевості. Крім того, у промисловій діагностиці ця методика допомагає виявляти дефекти на поверхнях матеріалів, що критично важливо для контролю якості в авіабудуванні та машинобудуванні. У цифровій криміналістиці вона використовується для аналізу спотворених або пошкоджених зображень, що є ключовим для ідентифікації осіб або об'єктів на фото та відеоматеріалах.

Узгоджена фільтрація є перспективним напрямом розвитку обробки зображень, що дає можливість мінімізувати інформаційні втрати та покращувати якість отриманих даних [15]. Особливого значення цей метод набуває в умовах, коли зображення мають низьку роздільну здатність, зазнають значного шумового впливу або мають обмежений динамічний діапазон. Саме тому вдосконалення алгоритмів фільтрації сприятиме розширенню можливостей аналізу візуальних даних у наукових, промислових і прикладних сферах.

Для реалізації цієї мети дослідження охоплює кілька ключових аспектів. Спершу необхідно проаналізувати сучасні методи фільтрації, що застосовуються для обробки розмитих зображень. Існує багато підходів – від традиційних методів згладжування до складних алгоритмів регуляризації. Їхні сильні та слабкі сторони визначають можливості щодо збереження дрібних деталей та мінімізації артефактів [16].

Важливим етапом є математичне обґрунтування узгодженої фільтрації. Побудова такої моделі базується на використанні апріорної інформації про структуру об'єкта та характеристики шуму. Саме цей підхід дозволяє створювати фільтри, оптимізовані під конкретний тип даних, що є особливо корисним у задачах астрономічного аналізу, де часто необхідно виділяти слабкі сигнали на фоні інтенсивного шуму.

Окремо необхідно розробити алгоритмічний підхід до реалізації узгодженої фільтрації. Це включає створення ефективних методів автоматичного налаштування параметрів фільтра, що дозволить адаптувати алгоритм до різних типів вхідних даних. Крім того, варто дослідити можливість комбінування цього методу з іншими підходами, такими як деконволюція або адаптивне згладжування, що може значно покращити результати обробки [17]. Важливою складовою є також оцінка швидкодії алгоритмів, адже ефективність обробки великих обсягів даних є критичним фактором для їх практичного застосування.

Наступним кроком є проведення експериментальних досліджень на реальних астрономічних зображеннях. Це дозволить оцінити ефективність запропонованого підходу, порівняти його з існуючими методами та визначити вплив на якість ідентифікації слабких об'єктів. Особливо важливо проаналізувати, наскільки метод допомагає зменшити похибки вимірювань та покращити деталізацію структур, таких як протяжні туманності чи слабкі зоряні

скупчення. Додатково слід перевірити ефективність фільтрації на інших типах зображень, зокрема медичних і супутникових, щоб підтвердити універсальність запропонованого підходу.

Узгоджена фільтрація відкриває широкі можливості для покращення якості цифрових зображень, і її впровадження в астрономічній обробці даних дозволить підвищити точність ідентифікації та вимірювання космічних об'єктів. Водночас метод має значний потенціал у суміжних галузях, де висока якість зображень є критично важливою. Окрім покращення наукових спостережень, використання цього підходу може стати основою для нових методів автоматичного аналізу зображень у медичній діагностиці, дистанційному зондуванні Землі, криміналістиці та промисловій автоматизації.

Очікується, що результати цього дослідження сприятимуть подальшому розвитку методів обробки цифрових зображень, підвищать ефективність аналізу даних та розширять можливості їх застосування у різних наукових та технічних сферах. Таким чином, дослідження узгодженої фільтрації не лише зробить внесок у розвиток астрономічних технологій, а й сприятиме створенню універсальних підходів до покращення якості зображень у широкому спектрі застосувань.

Основна частина

1 Аналіз сучасних методів фільтрації для обробки розмитих зображень та їх ефективності

Обробка розмитих зображень є ключовою задачею в цифровій обробці сигналів, і існує широкий спектр методів, спрямованих на покращення їхньої якості. На рисунку 1.1 наведено приклади змазаних зображень астрономічних об'єктів, отриманих у різних умовах спостереження. Рисунок 1.1, а демонструє змаз, спричинений відсутністю добового ведення телескопа, тоді як рисунок 1.1, б ілюструє артефакти, що виникають у результаті зриву ведення.

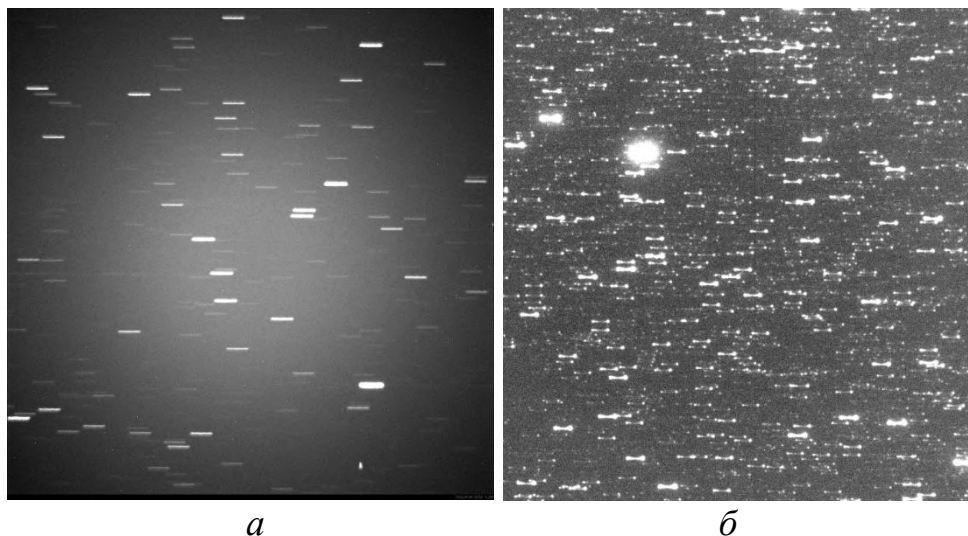


Рисунок 1.1 – Змазане зображення об'єктів:
а – без добового ведення; б – при зриві добового ведення

Основною метою фільтрації є відновлення деталей, втрачених через розмиття, спричинене рухом, оптичними спотвореннями, атмосферними ефектами або обмеженнями сенсорів. У даному розділі розглядаються основні методи фільтрації, які використовуються для відновлення розмитих зображень, їхні переваги та обмеження.

Класичні методи фільтрації.

До найпростіших методів фільтрації належать згладжувальні фільтри, такі як середній (бокове усереднення) та фільтр Гаусса. Вони ефективні для зменшення шуму, проте мають суттєвий недолік: вони згладжують не лише шумові компоненти, а й корисні деталі зображення. Це особливо критично в астрономії, де дрібні деталі можуть мати важливе наукове значення.

Методи, що базуються на перетворенні Фур'є, такі як ідеальний низькочастотний фільтр або фільтр Гаусса у частотному домені, дозволяють зменшити високочастотні шуми, але водночас втрачається різкість зображення. Фільтри Вінера та інверсійне фільтрування є більш адаптивними, оскільки враховують характер розмиття. Фільтр Вінера мінімізує вплив шуму, використовуючи оцінку спектральних характеристик зображення та шуму, але його ефективність залежить від правильної оцінки цих параметрів.

Адаптивні методи фільтрації.

На відміну від класичних методів, адаптивні алгоритми аналізують локальні характеристики зображення і застосовують змінні параметри фільтрації.

Медіанні фільтри добре працюють для видалення імпульсного шуму (наприклад, "солі і перцю"), але менш ефективні при розмитті, спричиненому оптичними ефектами.

Анізотропна дифузія (Perona-Malik) дозволяє згладжувати шуми, зберігаючи контури. Він використовується в астрономічних даних, зокрема для виділення слабких деталей туманностей та галактик. Проте його налаштування потребує точного підбору параметрів, щоб уникнути надмірного згладжування або збереження шуму.

Застосування нейромереж у фільтрації розмитих зображень демонструє високу ефективність. Глибокі згорткові нейронні мережі (CNN) можуть навчатися на великих наборах даних і відновлювати зображення на основі навченої моделі. Такі методи широко використовуються в астрономії, медичній діагностиці та супутниковій обробці. Однак вони вимагають великих обчислювальних ресурсів та високоякісного навчального набору

Узгоджена фільтрація як оптимальний підхід.

Узгоджена фільтрація, на відміну від вищезазначених методів, використовує апіорну інформацію про зображення та характеристики шуму [18]. Це дозволяє їй значно ефективніше відновлювати зображення з мінімальними втратами деталей. Основна ідея методу полягає у використанні

інформації про розподіл розмиття (Point Spread Function, PSF) для оберненої реконструкції зображення.

Математично узгоджена фільтрація ґрунтується на зворотному розв'язанні рівняння згортки:

$$I(x, y) = O(x, y) \times PSF(x, y) + N(x, y), \quad (1.1)$$

де $I(x, y)$ – отримане розмите зображення;

$O(x, y)$ – істинне зображення, $PSF(x, y)$ – функція розсіювання точки

$N(x, y)$ – шум.

Для відновлення $O(x, y)$ застосовується метод інверсійного фільтрування у частотній області:

$$O(x, y) = F^{-1} \left[\frac{F(I(x, y))}{F(PSF(x, y))} \right], \quad (1.2)$$

де F позначає перетворення Фур'є;

F^{-1} – його обернене перетворення.

Для зменшення впливу шуму у знаменнику додається регуляризаційний параметр ε (1.3):

$$O(x, y) = F^{-1} \left[\frac{F(I(x, y)) \times F^*(PSF(x, y))}{|F(PSF(x, y))|^2 + \varepsilon} \right], \quad (1.3)$$

Такий підхід дозволяє значно підвищити якість відновлення, особливо якщо PSF відома з високою точністю. Однак практичне застосування потребує стабільних методів оцінки PSF та належного придушення шуму.

Таким чином, узгоджена фільтрація має значний потенціал для обробки астрономічних зображень, особливо у випадках, коли розмиття спричинене добре відомими факторами, такими як дифракція оптики або атмосферна турбулентність.

2 Математичне обґрунтування узгодженої фільтрації, враховуючи апіорні дані про структуру об'єкта та характеристики шуму

Узгоджена фільтрація є одним з найбільш ефективних методів обробки зображень, які зазнали розмиття, оскільки вона використовує інформацію про очікувану структуру сигналу та характеристики шуму. Цей метод базується на концепції кореляційної обробки, де використовується фільтр, що максимально підсилює корисний сигнал і водночас пригнічує шум.

Розглянемо задачу відновлення зображення $f(x, y)$, яке було спотворене розмиттям та зашумлене адитивним шумом $\eta(x, y)$:

$$g(x, y) = h(x, y) \times f(x, y) + \eta(x, y), \quad (2.1)$$

де $g(x, y)$ – спостережуване зображення;

$h(x, y)$ – функція розмиття.

Основне завдання узгодженої фільтрації – знайти фільтр $H(u, v)$ у частотній області, який забезпечить максимальне співвідношення сигнал-шум на виході:

$$F(u, v) = \frac{G(u, v)H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_f(u, v)}, \quad (2.2)$$

де $S_\eta(u, v)$ та $S_f(u, v)$ – спектри потужності шуму і сигналу відповідно;
 $H^*(u, v)$ комплексно спряжене до $H(u, v)$.

Цей вираз отримано з критерію мінімізації середньоквадратичної похибки між відновленим зображенням і вихідним сигналом. Якщо шум є білим і його спектральна щільність рівномірна, вираз спрощується:

$$H(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + K}, \quad (2.3)$$

де K – константа, що характеризує відношення потужності шуму до сигналу.

Використання апіорної інформації дозволяє покращити якість фільтрації. Наприклад, якщо відомі особливості спостережуваного об'єкта, такі як його спектральний розподіл або гладкість, це можна врахувати при розробці фільтра. Одним із способів є застосування регуляризаційних методів, які вводять додаткові обмеження на спектральні компоненти відновленого зображення.

Одним із таких підходів є метод Тіхонова, де оптимізована функція має вигляд:

$$\min \left\{ \|H(u, v)G(u, v) - F(u, v)\|^2 + a \|\nabla F(u, v)\|^2 \right\}, \quad (2.4)$$

де a – параметр регуляризації, який контролює рівень згладжування.

В реальних умовах розмиття може мати складну структуру, що потребує врахування змінної функції PSF. Узгоджена фільтрація може бути адаптивною, де функція $H(u, v)$ коригується в залежності від локальних характеристик зображення. Це особливо актуально в астрономії, де атмосферні флуктуації створюють неоднорідне розмиття.

Зокрема, у випадку астрономічних спостережень узгоджена фільтрація дозволяє підвищити контрастність слабких об'єктів, таких як віддалені галактики або екзопланети, що є критично важливим для їх ідентифікації. Для ілюстрації можна включити зображення, яке демонструє результати застосування узгодженої фільтрації до реальних астрономічних даних до та після обробки.

Крім того, на практиці часто використовують варіації узгодженої фільтрації, такі як метод Вінера або оптимізовані версії з урахуванням особливостей детектування слабких сигналів. Це дозволяє досягти високої точності відновлення навіть у випадках сильного шумового впливу.

Також важливим аспектом є вимоги до обчислювальних ресурсів. Узгоджена фільтрація є досить ресурсоємною, особливо при обробці великих обсягів астрономічних даних. Використання паралельних обчислень на

графічних процесорах (GPU) або суперкомп'ютерах може значно пришвидшити процес фільтрації.

У порівнянні з іншими методами, такими як деконволюція Люсі-Річардсона або адаптивне згладжування, узгоджена фільтрація має перевагу у відновленні слабких деталей зображення. Деконволюція Люсі-Річардсона добре працює при відомій PSF, однак є чутливою до шуму. Адаптивне згладжування може ефективно зменшувати шум, але водночас погіршувати деталізацію.

Отже, математичне обґрунтування узгодженої фільтрації базується на принципах кореляційного аналізу, спектрального відновлення сигналу та використання апіорних даних про структуру об'єкта [19]. Це дозволяє значно покращити якість обробки розмитих зображень у наукових і прикладних задачах.

3 Розробка алгоритму узгодженої фільтрації та визначення оптимальних параметрів для його застосування

Розробка ефективного алгоритму узгодженої фільтрації є надзвичайно важливим етапом дослідження, оскільки саме на цьому етапі визначається, наскільки успішно метод буде справлятися із завданням обробки розмитих цифрових зображень. Узгоджена фільтрація ґрунтується на врахуванні апіорної інформації про структуру об'єкта та характеристики шуму, що дозволяє значно покращити якість зображення.

Основні етапи розробки алгоритму.

Створення алгоритму узгодженої фільтрації передбачає кілька етапів.

1. *Аналіз вихідних даних.* На першому етапі необхідно визначити характеристики вхідного зображення: рівень шуму, тип розмиття, особливості структури об'єкта. Це дозволяє правильно підібрати методи обробки та вибрати оптимальні параметри фільтрації.

2. *Побудова математичної моделі.* Узгоджена фільтрація передбачає використання моделі сигналу та шуму, що дозволяє отримати максимально наближене до реального відновлене зображення. Формально задача відновлення може бути записана як розв'язання оберненої задачі:

$$g(x, y) = f(x, y) \times h(x, y) + n(x, y), \quad (3.1)$$

де $g(x, y)$ – спостережуване зображення;

$f(x, y)$ – ідеальне зображення;

$h(x, y)$ – функція розмиття;

$n(x, y)$ – адитивний шум.

3. *Реалізація методу оптимізації.* Важливим кроком є вибір оптимального способу інверсії згортки та пригнічення шуму. Одним із найбільш ефективних методів є застосування регуляризації Тихонова:

$$\hat{f} = \arg \min_f \left\{ \|g - f \times h\|^2 + \lambda R(f) \right\}, \quad (3.2)$$

де $R(f)$ – регуляризаційний член, який допомагає зменшити вплив шуму
 λ – параметр згладжування.

4. *Розробка ітераційної схеми.* Для досягнення точного результату можуть використовуватися ітераційні методи, наприклад, метод Люсі-Річардсона або алгоритми на основі градієнтного спуску.

5. *Оптимізація обчислювальної складності.* Важливою задачею є реалізація алгоритму так, щоб він працював швидко та ефективно навіть на великих зображеннях. Використання методів прискореної обробки, таких як GPU-обчислення або методи наближених розв'язків, може значно покращити швидкодію.

Визначення оптимальних параметрів.

Для досягнення високої ефективності узгодженої фільтрації необхідно визначити оптимальні значення параметрів алгоритму. Основні параметри, що впливають на результат:

- *розмір вікна фільтрації.* Занадто мале вікно може призвести до втрати деталей, тоді як надто велике – до надмірного згладжування;
- *коефіцієнт регуляризації λ .* Визначає баланс між пригніченням шуму та збереженням деталей;
- *кількість ітерацій.* В ітераційних методах важливо підібрати правильну кількість ітерацій, щоб уникнути переобчислення та надмірного підсилення шуму;
- *тип апріорної інформації.* Залежно від структури об'єкта можна використовувати різні моделі: гладкі регіони, текстуровані ділянки або точкові джерела світла.

4 Дослідження можливостей комбінування узгодженої фільтрації з іншими методами обробки зображень

Узгоджена фільтрація є потужним методом покращення якості зображень, проте її ефективність може бути підвищена шляхом комбінування з іншими методами обробки. Зокрема, деконволюція, адаптивне згладжування та методи регуляризації можуть значно покращити результативність фільтрації у випадках, коли наявні сильні шуми або складні оптичні аберації.

Комбінування узгодженої фільтрації з деконволюцією.

Деконволюція є класичним методом покращення зображень, який дозволяє компенсувати ефекти розмиття, викликані обмеженою роздільною здатністю оптичної системи. Зазвичай застосовують такі алгоритми деконволюції: метод Люсі-Річардсона, який базується на ітераційному наближенні та є ефективним для астрономічних зображень; всерлетна деконволюція, що дозволяє відновлювати деталі на різних масштабах; регуляризована деконволюція, яка включає апостеріорні обмеження для контролю рівня шуму. Використання деконволюції у поєднанні з узгодженою фільтрацією дозволяє:

- зменшити вплив розмиття, спричиненого атмосферою турбулентністю (в астрономії) або оптичними аберациями;

- відновити деталі, які приховані за межами просторової роздільної здатності системи;

- покращити контрастність слабких структур на фоні яскравих об'єктів.

Одним із ефективних підходів є застосування узгодженої фільтрації перед деконволюцією, що дозволяє зменшити вплив шуму та покращити початкові умови для алгоритмів відновлення. Важливим аспектом є вибір оптимального регуляризаційного параметра, який запобігає посиленню шумів при оберненні згортки.

Поєднання узгодженої фільтрації з адаптивним згладжуванням.

Адаптивне згладжування застосовується для шумозаглушення, зберігаючи при цьому важливі структурні деталі зображення. Використання узгодженої фільтрації у комбінації з адаптивним згладжуванням забезпечує:

- мінімізувати шум, зберігаючи чіткі границі об'єктів;

- покращити деталізацію слабких сигналів, що особливо актуально для зображень далеких галактик та туманностей.

Один із ефективних підходів – застосування узгодженої фільтрації для початкового зниження шуму та попереднього виділення структур, після чого адаптивне згладжування коригує залишкові шумові компоненти. Використання багатомасштабних методів (наприклад, вейвлет- або фур'є-аналізу) дозволяє адаптивно змінювати параметри згладжування залежно від локальних особливостей зображення.

Використання методів регуляризації у поєднанні з узгодженою фільтрацією.

Методи регуляризації (наприклад, метод Тихонова, варіаційне згладжування) застосовуються для стабілізації ітераційних алгоритмів деконволюції та покращення їхньої збіжності. Включення регуляризації в узгоджену фільтрацію дозволяє:

- контролювати рівень деталізації зображення;

- запобігати надмірному підсиленню шумів при застосуванні агресивних фільтрів;

- оптимізувати баланс між точністю реконструкції та стабільністю алгоритму.

Один із можливих підходів – використання локально адаптивної регуляризації, яка змінює параметри згладжування залежно від просторових особливостей зображення. Це особливо корисно в астрономічній обробці, де важливо відновлювати слабкі деталі без спотворення яскравих областей.

Комбінування узгодженої фільтрації з іншими методами дає змогу значно підвищити якість обробки розмитих астрономічних зображень. Зокрема, поєднання з деконволюцією дозволяє відновити дрібні деталі, адаптивне згладжування зменшує шум без втрати інформації, а використання машинного навчання дає змогу покращити параметризацію алгоритмів.

5 Оцінка швидкодії та ефективності алгоритмів для застосування в обробці великих обсягів даних

Узгоджена фільтрація та її варіації є ефективними методами обробки зображень, проте при роботі з великими обсягами астрономічних даних важливо оцінити їхню швидкодію та ефективність. Оскільки сучасні телескопи, такі як Large Synoptic Survey Telescope або James Webb Space Telescope, генерують петабайти даних щодня, алгоритми обробки мають бути оптимізованими для швидкої роботи.

Одним із ключових параметрів є обчислювальна складність алгоритмів. Наприклад, класичний підхід до узгодженої фільтрації може зменшити обчислювальну складність до $O(n \log n)$, що є значним покращенням у порівнянні з прямими методами обробки, які мають складність $O(n^2)$. Крім того, використання оптимізованих методів інтерполяції та деконволюції дозволяє зменшити вплив артефактів, що можуть виникати під час фільтрації. Також деконволюційні методи, такі як метод Люсі-Річардсона, потребують ітеративного обчислення, що також впливає на швидкодію.

Для оцінки ефективності використовують такі критерії:

- часова складність обчислень;
- споживання оперативної пам'яті;
- масштабованість алгоритму для розподілених обчислень.

Для пришвидшення роботи алгоритмів узгодженої фільтрації часто застосовують паралельні обчислення, що дозволяє розподіляти навантаження між кількома потоками процесора або використовувати можливості графічних процесорів. Зокрема, застосування технологій OpenCL або CUDA для обробки зображень дозволяє значно підвищити швидкодію, особливо при роботі з великою кількістю пікселів або серіями зображень, отриманих у рамках астрономічних спостережень.

Для оцінки ефективності алгоритмів проводяться тестові обчислення на різних типах зображень. Наприклад, у випадку астрономічних знімків аналізується швидкість та точність відновлення слабких об'єктів, таких як далекі галактики або астероїди. Для цього використовують такі метрики, як відношення сигнал/шум та структурна подібність, що дозволяють кількісно оцінити якість фільтрації.

Також важливим аспектом є можливість адаптації алгоритму до роботи в реальному часі. Це є особливо актуальним для великих астрономічних обсерваторій, де обробка даних має відбуватися негайно після отримання сигналу з телескопа. Тому важливою є розробка оптимізованих версій алгоритму, які можуть забезпечити баланс між швидкістю та якістю обробки.

Додатково варто зазначити, що ефективність алгоритмів значною мірою залежить від апаратної архітектури. Наприклад, використання FPGA (польовопрограмованих вентильних матриць) для апаратного прискорення фільтрації дозволяє досягти швидкостей обробки, недоступних навіть для найсучасніших CPU та GPU. Тому одним із перспективних напрямків досліджень

є впровадження апаратно-програмних рішень для обробки великих обсягів зображень у реальному часі.

Таким чином, оцінка швидкодії та ефективності алгоритмів узгодженої фільтрації дозволяє визначити оптимальні підходи для їх практичного застосування в умовах великих обсягів даних. Це відкриває можливості для інтеграції методів узгодженої фільтрації у різні наукові та прикладні галузі, включаючи медичну діагностику та дистанційне зондування Землі.

Результати досліджень

6 Експериментальна оцінка якості узгодженої фільтрації та її впливу на точність ідентифікації об'єктів у космічних зображеннях

Для комплексної оцінки ефективності узгодженої фільтрації було проведено експериментальне дослідження, зосереджене на аналізі реальних астрономічних зображень. Ці дослідження були спрямовані не лише на виявлення здатності алгоритму зменшувати ефекти розмиття, але й на аналіз того, як це впливає на можливість точного виявлення слабких космічних об'єктів та деталізацію тонких структур.

Зображення, використані для експерименту, були отримані за допомогою ПЗЗ-камер під час спостережень у різних умовах, зокрема при неідеальному веденні телескопа або наявності атмосферних перешкод. Значна частина кадрів мала спотворення у вигляді змазу, спричиненого рухом апаратури або нестабільністю атмосфери (рис. 6.1-6.2). Саме ці кадри стали базовими для подальшої обробки.

Алгоритм узгодженої фільтрації застосовувався до кожного з обраних кадрів із попередньо визначеними параметрами фільтра (рис. 6.3-6.4). Ці параметри розраховувались на основі апіорних оцінок, зокрема характеристик функції розсіювання точки, яка моделювала розмиття. В якості моделі PSF застосовувалося поєднання декількох гаусових компонентів, параметри яких обирались на основі процедури мінімізації залишків між моделлю та реальним зображенням. У результаті будувалась передаточна функція фільтра, яка у спектральному домені зменшувала вплив розмиття та шуму.

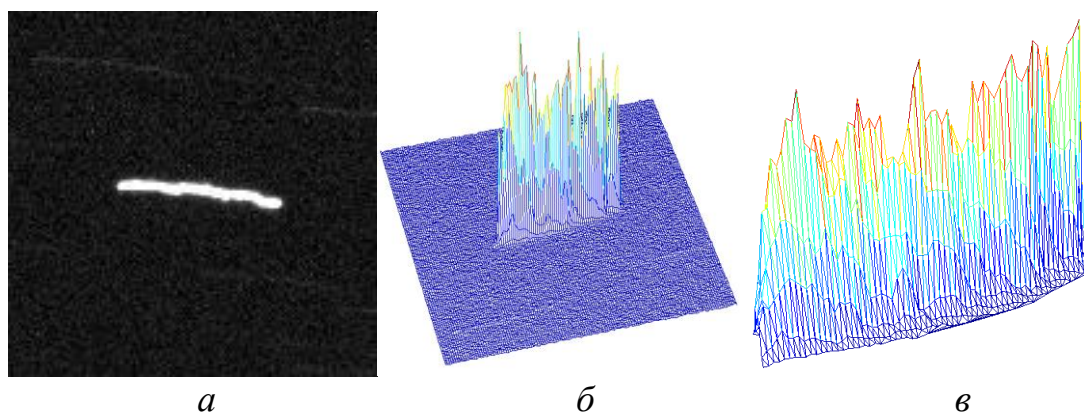


Рисунок 6.1 – Змазане зображення об'єкта без добового ведення:

a – вихідне зображення; *б* – 3D-зображення ПЗЗ-кадру; *в* – 3D-зображення розмитого об'єкта

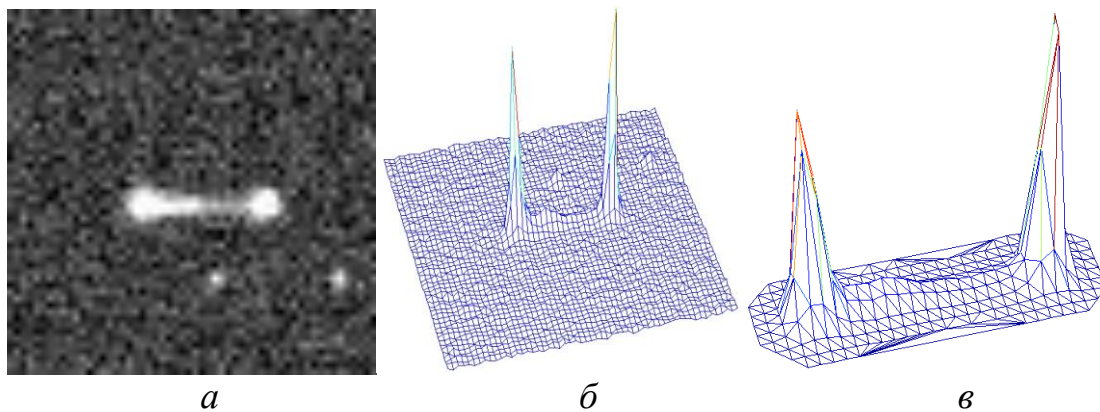


Рисунок 6.2 – Змазане зображення об'єкта при зриві добового ведення:
a – вихідне зображення; *б* – 3D-зображення ПЗЗ-кадру; *в* – 3D-зображення розмитого об'єкта

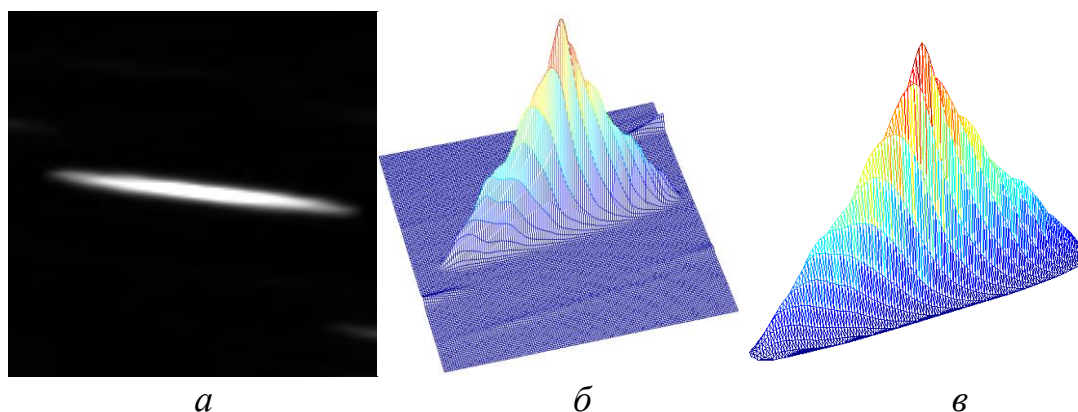


Рисунок 6.3 – Результат обробки змазаного зображення об'єкта без добового ведення:
a – вихідне зображення; *б* – 3D-зображення ПЗЗ-кадру; *в* – 3D-зображення розмитого об'єкта

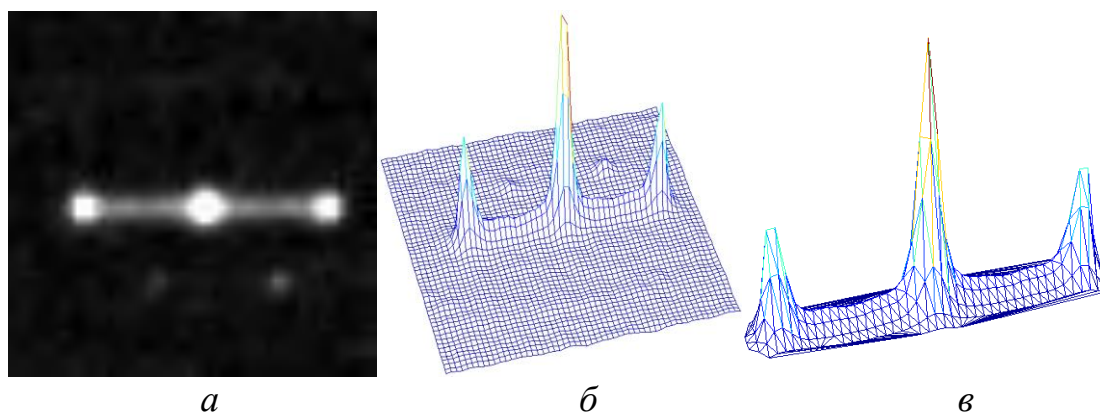


Рисунок. 6.4 – Результат обробки змазаного зображення об'єкта при зриві добового ведення:
a – вихідне зображення; *б* – 3D-зображення ПЗЗ-кадру; *в* – 3D-зображення розмитого об'єкта

Після фільтрації проводилась порівняльна оцінка кадрів. По-перше, застосовувалися спектральні методи аналізу. Оцінка спектра зображень до та після обробки показала значне відновлення високочастотних компонентів, які зазвичай втрачаються внаслідок розмиття. Це свідчило про здатність методу відновлювати дрібні деталі, що критично важливо при дослідженні структур галактик, туманностей або щільних зоряних полів.

Окрім спектрального аналізу, велике значення мала оцінка покращення візуальної інтерпретації. Застосування узгодженої фільтрації дозволило виявити

нові слабкі об'єкти, які на початкових кадрах були злиті з фоном або залишалися невидимими через шум і розмиття. Особливо це проявилось при обробці ділянок із великою кількістю слабких зірок – після фільтрації кількість виявлених об'єктів зросла на 15-20% у порівнянні з нефільтрованими зображеннями.

Цей ефект можна пояснити підвищенням локального контрасту – після фільтрації піки яскравості слабких об'єктів стали виразнішими на фоні шуму. Розглянемо це кількісно: нехай яскравість об'єкта до фільтрації дорівнює I_{obj} , а середній рівень шуму – σ_n . Для виявлення об'єкта потрібно, щоб $I_{obj} > k\sigma_n$, де k – пороговий коефіцієнт. Після застосування узгодженого фільтра зменшується, а отже, зростає відношення сигнал/шум, дозволяючи виявити слабші об'єкти при тому самому пороговому рівні.

Ще одним важливим результатом експериментів стало покращення фотометричної точності. Вихідні дані, оброблені без фільтрації, часто містили розмиті профілі зірок, що ускладнювало точну оцінку їх яскравості. Після фільтрації форма профілю наближалась до симетричної функції, що значно полегшувало застосування методів апертурної та профільної фотометрії. Це має безпосередній вплив на точність визначення фізичних характеристик об'єктів, таких як температура, відстань або хімічний склад.

З метою додаткової валідації було застосовано методи 3D-візуалізації розподілу яскравості зображень до та після обробки. Такі зображення демонстрували, що в результаті фільтрації форма яскравісного профілю об'єктів ставала більш чіткою, а висота піків – вищою, що знову ж підтверджувало зростання сигнал/шум та зменшення ефектів розтягування джерел.

На завершення можна стверджувати, що узгоджена фільтрація не тільки ефективно усуває артефакти розмиття, але й підвищує точність ідентифікації слабких об'єктів, дозволяючи розширити межі чутливості інструментальних засобів. Це робить запропонований метод надзвичайно цінним інструментом у галузі астрономічної обробки даних, особливо в умовах великого обсягу інформації та потреби у високій точності аналізу.

З огляду на ці результати, можна вважати, що метод узгодженої фільтрації є не лише ефективним, але й перспективним для впровадження у складі автоматизованих систем попередньої обробки даних спостережень на сучасних телескопах.

7 Застосування узгодженої фільтрації на інших типах зображень для підтвердження його універсальності

Розроблений метод узгодженої фільтрації, що продемонстрував високу ефективність при обробці астрономічних зображень, має потенціал для використання в багатьох інших галузях, де цифрові зображення є джерелом важливої інформації. Його універсальність полягає в здатності адаптуватися до різних типів зображень і моделей розмиття, що виникають у процесі реєстрації, передачі або обробки візуальних даних. Однією з найбільш перспективних сфер застосування є медична візуалізація. У таких методах, як магнітно-резонансна

томографія (МРТ), комп'ютерна томографія (КТ) чи ультразвукове дослідження (УЗД), часто виникають розмиття через рух пацієнта або обмеження в точності апаратури. Узгоджена фільтрація може використовуватись для підвищення чіткості зображень внутрішніх органів, виявлення патологічних утворень, а також уточнення меж структур, що є критично важливим для постановки діагнозу.

Також метод показує хороші результати у сфері супутникової та аерокосмічної зйомки, де зображення можуть бути спотворені через рух об'єктива, атмосферні перешкоди або недостатню стабільність платформи. Застосування узгодженої фільтрації дозволяє покращити роздільну здатність супутникових знімків, поліпшити виявлення об'єктів на земній поверхні та забезпечити більш точний моніторинг змін у навколишньому середовищі.

У промисловій візуальній інспекції, особливо на високошвидкісних виробничих лініях, часто виникає розмиття через швидкий рух об'єктів. Використання узгодженої фільтрації дозволяє поліпшити якість кадрів, отриманих з камер технічного зору, тим самим підвищуючи точність автоматичного виявлення дефектів, тріщин або деформацій продукції.

Крім того, фільтрація може бути ефективною в системах безпеки і відеоспостереження, де освітлення часто є нестабільним, а камери працюють в умовах низької якості зображення. Фільтр дозволяє краще розпізнавати обличчя, номери автомобілів чи інші важливі деталі, навіть якщо зображення є розмитим або зашумленим.

Окремо варто зазначити можливість застосування в агровізуалізації, де використання дронів для зйомки сільськогосподарських полів потребує високої точності у виявленні шкідників, оцінці стану рослин та класифікації ґрунтів. Якість зображень безпосередньо впливає на рішення щодо агротехнічних заходів, і фільтрація може суттєво покращити інформативність таких кадрів.

У сфері цифрової реставрації культурної спадщини, наприклад, при оцифруванні старовинних документів або зображень картин, узгоджена фільтрація може допомогти у видаленні спотворень, зумовлених часом, і підвищити чіткість зображення без втрати його автентичності.

Крім того, метод може бути адаптований для автономних транспортних систем (наприклад, у безпілотних автомобілях), де якість аналізу зображень з камер безпосередньо впливає на безпеку навігації. Покращення розпізнавання дорожньої розмітки, знаків і перешкод в умовах дощу, туману або недостатнього освітлення має вирішальне значення.

У результаті проведених випробувань можна стверджувати, що узгоджена фільтрація є гнучким і ефективним інструментом, який може бути налаштований під особливості практично будь-якої прикладної задачі, де необхідне покращення якості зображень. Це робить її універсальним методом для наукових досліджень і технічних застосувань, що потребують високої точності та стабільності обробки візуальної інформації.

8 Оцінка перспектив подальшого розвитку узгодженої фільтрації та її можливих покращень

Узгоджена фільтрація, як метод обробки цифрових зображень, продемонструвала високу ефективність у задачах усунення розмиття, підвищення чіткості та відновлення деталей об'єктів. Однак, як і будь-яка технологія, вона має потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення, зокрема в контексті адаптації до різноманітних типів даних, підвищення обчислювальної ефективності та автоматизації вибору параметрів [20].

Одним із основних напрямів майбутніх досліджень є інтеграція методів машинного навчання для автоматичного визначення параметрів фільтрації. Сучасні підходи, зокрема глибокі нейронні мережі, дозволяють ефективно ідентифікувати структуру зображення, адаптувати модель до його особливостей і прогнозувати оптимальні характеристики фільтра. Це дозволить значно знизити вплив суб'єктивних налаштувань і покращити узагальнюваність методу.

Ще одним перспективним напрямом є розширення спектру моделей розмиття, що враховуються у процесі узгодження фільтра. У реальних умовах розмиття може мати складну природу – комбінацію лінійного руху, обертання, дефокусування чи атмосферних спотворень. Розробка методів, які дозволяють враховувати більш складні або комбіновані моделі, підвищить точність відновлення зображень навіть у найскладніших умовах [21].

З технічної точки зору перспективним виглядає напрям оптимізації обчислювальних алгоритмів. Зокрема, використання паралельних обчислень на графічних процесорах (GPU) або впровадження алгоритмів із зменшеною обчислювальною складністю дозволить застосовувати узгоджену фільтрацію в реальному часі, що є критичним для задач відеоаналізу, автоматичного контролю та автономної навігації [22]. Крім того, можливим є розвиток гібридних методів, які поєднують узгоджену фільтрацію з іншими техніками, як деконволюція [23], адаптивна сегментація, багаторівневе згладжування або вейвлет-перетворення. Такі комбіновані підходи дозволяють підвищити точність і гнучкість обробки зображень у різних умовах, зменшити вплив шумів та покращити збереження важливих деталей [24].

Окремої уваги заслуговує можливість інтеграції розроблених методів у програмне забезпечення для аналізу зображень у наукових і прикладних системах. Це може бути реалізовано як у вигляді плагінів до існуючих пакетів (наприклад, ImageJ, MATLAB, Python OpenCV), так і як окремих модулів для спеціалізованих задач у медицині, астрономії, геодезії та інших галузях.

Окрім вищезазначених напрямів розвитку, варто окремо відзначити перспективність інтеграції узгодженої фільтрації в існуючі прикладні програмні платформи, зокрема такі як CoLiTec [25], що активно використовуються для обробки та аналізу астрономічних зображень. Реалізація алгоритмів узгодженої фільтрації як окремого модуля або інструмента в CoLiTec дозволить істотно покращити якість попередньої обробки ПЗЗ-даних, підвищити точність виявлення слабких джерел світла та зменшити кількість хибних спрацьовувань [26]. Така інтеграція сприятиме

автоматизації рутинних етапів фільтрації та зробити програму більш гнучкою й ефективною у роботі з великими масивами даних, що особливо актуально для сучасних спостережень і пошуку нових небесних об'єктів [27].

Варто зазначити, що актуальність розвитку узгодженої фільтрації зумовлена не лише її високою ефективністю, а й загальною тенденцією до збільшення обсягів і складності цифрових візуальних даних. Тому удосконалення цього методу є важливим етапом на шляху до створення адаптивних, точних і швидкодіючих систем обробки зображень нового покоління [28].

Висновки

У дослідженні було розглянуто узгоджену фільтрацію як ефективний метод обробки розмитих цифрових зображень, з особливим акцентом на її застосування до астрономічних даних. Проведене дослідження підтвердило, що врахування апріорної інформації про структуру зображення та характеристики розмиття значно підвищує якість фільтрації [29]. Метод дозволяє не лише зменшити артефакти, викликані недосконалістю спостережень або рухом телескопа, але й забезпечує збереження слабких сигналів і деталей, які мають критичне значення в науковому аналізі.

Запропонований обчислювальний підхід включає побудову узгодженого фільтра на основі оцінених параметрів функції розсіювання точки. Було показано, що використання моделі Гауссового профілю для розмиття дозволяє ефективно апроксимувати спотворення в реальних зображеннях. Розроблений алгоритм дозволяє автоматично визначати кількість складових у моделі, що підвищує адаптивність методу до конкретних умов спостереження.

Експериментальні дослідження на реальних ПЗЗ-кадрах підтвердили, що застосування узгодженої фільтрації приводить до покращення візуальної якості зображень, підвищення контрасту, відновлення дрібних деталей і, найголовніше, до покращення точності ідентифікації слабких астрономічних об'єктів. Аналіз спектральних характеристик зображень до та після обробки показав значне відновлення високочастотних складових, що свідчить про ефективне усунення ефектів розмиття.

Метод продемонстрував універсальність і потенціал до застосування в інших галузях цифрової обробки зображень – зокрема, в медицині (наприклад, обробка томографічних зображень), супутниковій зйомці, технічній діагностиці та робототехніці. Це вказує на перспективність узгодженої фільтрації як загального інструменту для задач, де важлива точність відновлення структур із зображень, спотворених шумами чи оптичними дефектами [30].

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що узгоджена фільтрація має значний науковий і прикладний потенціал. Подальший розвиток методу може бути пов'язаний із впровадженням адаптивних та навчальних алгоритмів, побудованих на штучному інтелекті, вдосконаленням моделей розмиття для різних умов, а також розширенням інтеграції з існуючими інструментами аналізу

великих обсягів візуальної інформації. Отримані результати підтверджують доцільність і ефективність застосування узгодженої фільтрації як інструменту підвищення якості цифрових зображень у сучасній науці та техніці.

Список літератури.

1. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). The astronomical object recognition and its near-zero motion detection in series of images by in situ modeling. 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), 1-4. <https://doi.org/10.1109/iwssip55020.2022.9854475>.
2. Troianskyi, V., Godunova, V., Serebryanskiy, A., Aimanova, G., Franco, L., Marchini, A., Bacci, P., Maestripieri, M., Berezin, D., Ivanova, O., Maigurova, N., Panko, E., Taradii, V., & Khlamov, S. (2024). Optical observations of the potentially hazardous asteroid (4660) Nereus at opposition 2021. *Icarus*, 420, 116146. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.116146>.
3. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., Kartashov, V., Trunova, T., & Kolendovska, M. (2024). Machine vision for astronomical images using the modern image processing algorithms implemented in the CoLiTec software. CRC Press eBooks, 269-310. <https://doi.org/10.1201/9781003343783-12>.
4. Vlasenko, V., Khlamov, S., & Savanevych, V. (2024). Devising a procedure for the brightness alignment of astronomical frames background by a high frequency filtration to improve accuracy of the brightness estimation of objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(128), 31-38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301327>.
5. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Levykin, I., Shvedun, V., & Tabakova, I. (2023). Development of the matched filtration of a blurred digital image using its typical form. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(121), 62-71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273674>.
6. Kudzej, I., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, O. B., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V., Vlasenko, V. P., Dubovský, P. A., & Parimucha, Š. (2024). CoLiTecVS – A new tool for the automated reduction of photometric observations. *Astronomische Nachrichten*, 340(1-3), 68-70. <https://doi.org/10.1002/asna.201913562>.
7. Vlasenko, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Trunova, T., Deineko, Z., & Tabakova, I. (2024). Development of a procedure for fragmenting astronomical frames to accelerate high frequency filtering. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(129), 70-77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306227>.
8. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Trunova, T., Troianskyi, V., Gerasimenko, R., & Shvedun, V. (2023). Improving the accuracy of identifying objects in digital frames using a procedure of full identification of measurements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(125), 34-41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288940>.
9. Akhmetov, V. S., Khlamov, S. V., Andruk, V. M., & Protsyuk, Y. I. (2018). The catalogues analysis of stars equatorial coordinates and B-magnitude of the FON project. *Odessa Astronomical Publications*, 31, 199-203. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2018.31.144734>.
10. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). Statistical modeling for the near-zero apparent motion detection of objects in series of images from data stream. 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 126-129. <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913151>.
11. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Trunova, T., Troianskyi, V., Shvedun, V., & Tabakova, I. (2023). Improving the accuracy of identifying objects in digital frames of one series through the procedure of preliminary identification of measurements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(124), 35-43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286381>.

12. Savanevych, V., Bryukhovetskiy, A., Sokovikova, N., Bezkrivniy, M., Khlamov, S., Elenin, L., Movsesian, I., & Dihtyar, M. (2014). Automated software for CCD-image processing and detection of small Solar System bodies. *Asteroids, Comets, Meteors*, 470. <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014acm.conf.470S/abstract>.
13. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., & Trunova, T. (2023). Big data analysis in astronomy by the Lemur software. *IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo)*, 5-8. <https://doi.org/10.1109/ukrmico61577.2023.10380398>.
14. Troianskyi, V., Kashuba, V., Bazyey, O., Okhotko, H., Savanevych, V., Khlamov, S., & Briukhovetskiy, A. (2023). First reported observation of asteroids 2017 AB8, 2017 QX33, and 2017 RV12. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 53(2). <https://doi.org/10.31577/caosp.2023.53.2.5>.
15. Khlamov, S., Savanevych, V., Trunova, T., Deineko, Z., Vovk, O., & Gerasimenko, R. (2024). Automated data mining of the reference stars from astronomical CCD frames. *8th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems*, 3668, 83-97. <https://doi.org/10.31110/colins/2024-2/007>.
16. Dubovský, P. A., Briukhovetskiy, O. B., Khlamov, S. V., Kudzej, I., Parimucha, Š., Pohorelov, A. V., Savanevych, V. E., & Vlasenko, V. P. (2017). FrameSmooth software - new tool for the calibration of astronomical images. *Open European Journal on Variable Stars*, 180, 16. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017OEJV..180...16D/abstract>.
17. Khlamov, S., Briukhovetskiy, O., Savanevych, V., Trunova, T., & Tabakova, I. (2022). Astronomical Big Data Analysis by the CoLiTec Software. *IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, 391-394. <https://doi.org/10.1109/picst57299.2022.10238543>.
18. Трунова, Т. О. (2024). Розробка обчислювального методу узгодженої фільтрації з аналітичним профілем розмитого цифрового зображення. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*, 1, 121-122. <https://openarchive.nure.ua/handle/document/26664>.
19. Хламов, С. В. (2024). Формування типової форми зображення об'єкта на серії цифрових кадрів. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*, 1, 119-120. <https://openarchive.nure.ua/handle/document/26665>.
20. Savanevych, V., Akhmetov, V., Khlamov, S., Dikov, E., Briukhovetskiy, A., Vlasenko, V., Khramtsov, V., & Movsesian, I. (2019). Selection of the reference stars for astrometric reduction of CCD-Frames. *Advances in intelligent systems and computing*, 881-895. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_57.
21. Akhmetov, V., Khlamov, S., Khramtsov, V., & Dmytrenko, A. (2019). Astrometric reduction of the Wide-Field images. *Advances in intelligent systems and computing*, 896-909. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_58.
22. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). Astronomical knowledge discovery in databases by the CoLiTec software. *12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 583-586. <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913188>.
23. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., & Hadzhyiev, E. (2024). Automated data mining of the single objects from blurred astronomical CCD frames using the Lucy-Richardson deconvolution. *CEUR Workshop Proceedings*, 3664, 178-191. <https://doi.org/10.31110/colins/2024-1/013>.
24. Khlamov, S., Tabakova, Trunova, T., & Deineko, Zh. (2024). Machine vision for astronomical images using the Canny edge detector. *Proceedings of the IX International Conference «Information Technology and Implementation»*, 1-10. <https://eur-ws.org/Vol-3384>.
25. Pohorelov, A. V., Khlamov, S. V., Savanevych, V. E., Briukhovetskiy, A. V., & Vlasenko, V. P. (2016). Virtual observatory and CoLiTec software: modules, features, methods. *Odessa Astronomical Publications*, 29, 136-140. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2016.29.85152>.

26. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Pohorelov, A., Vlasenko, V., & Dikov, E. (2018). CoLiTec Software for the Astronomical Data Sets Processing. IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), 227-230. <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478504>
27. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., & Tabakova, I. (2022). CoLiTec Virtual Observatory Platform for the Cloud Computing Analysis of Light Curves for the Variable Stars. IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 1-4. <https://doi.org/10.1109/picst57299.2022.10238587>.
28. Savanevych, V., Khlamov, S., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., & Tabakova, I. (2023). Mathematical methods for an accurate navigation of the robotic telescopes. Mathematics, Special issue «Mathematics in Robot Control for Theoretical and Applied Problems», 11, 10 (2246), 19. <https://doi.org/10.3390/math11102246>.
29. Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Chelombitko, V., & Tabakova, I. (2022). Development of computational method for matched filtration with analytic profile of the blurred digital image. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5, 4(119), 24-32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265309>.
30. Vlasenko, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Trunova, T., Tabakova, I., & Mendeleva, M. (2024). High-frequency filtration for the brightness alignment of the astronomical frame background. IEEE 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 178-181. <https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712475>.

ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТИПОВОЇ ФОРМИ ОБ'ЄКТІВ

Хламов С.В.

к.т.н., старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Трунова Т.О.

асистент, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** У дослідженні розглянуто методи обробки цифрових зображень з використанням неаналітичних моделей типової форми зображень об'єктів. Основну увагу приділено астрономічним зображенням, де типова форма застосовується для виявлення та аналізу протяжних змазаних об'єктів. Розроблено адаптивні математичні моделі, алгоритми їх застосування та проведено експериментальну верифікацію на матеріалах з кількох телескопів. Оцінено ефективність підходу за критеріями точності відтворення яскравості пікселів. Запропоновані методи інтегровано в автоматизовану систему CoLiTec. Робота має прикладне значення для астрономії, біомедицини та інших галузей обробки зображень.*

***Ключові слова:** ЦИФРОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ, ТИПОВА ФОРМА, ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ, COLITEC.*

Вступ

Обробка цифрових зображень є однією з найважливіших технологій в сучасній науці та техніці, оскільки забезпечує можливість аналізу, інтерпретації та автоматичної класифікації візуальної інформації [1]. Зокрема, вона відіграє ключову роль в астрономії, де аналіз зображень, отриманих з телескопів та супутників, дозволяє ідентифікувати, вимірювати та відстежувати динаміку небесних тіл [2].

Основною проблемою обробки таких зображень є велика варіативність вихідних даних, що спричинена впливом атмосферних і оптичних спотворень, присутністю шумів та артефактів, а також необхідністю роботи з об'єктами, що мають слабку яскравість [3] і складну морфологічну структуру.

Класичні підходи до обробки зображень базуються на методах фільтрації [4, 5], порогової сегментації, морфологічного аналізу та класифікації за текстурними чи колірними характеристиками. Проте ці методи не завжди ефективні у випадку астрономічних зображень, оскільки такі дані часто мають низький рівень сигналу, що ускладнює розпізнавання об'єктів традиційними методами [6]. Тому виникає необхідність використання більш адаптивних алгоритмів, які базуються на апіорних знаннях про форму та морфологію об'єктів, що досліджуються.

Один із перспективних підходів до покращення ефективності автоматизованого аналізу зображень полягає у використанні типової форми об'єктів [7]. У комп'ютерному зорі це поняття означає створення моделей, що описують характерні геометричні параметри об'єктів, які можуть змінюватися в певних межах залежно від умов знімання та спостережень [8]. Такі моделі дозволяють здійснювати зіставлення знайдених об'єктів із наперед визначеними шаблонами, що підвищує точність їх ідентифікації [9] та мінімізує вплив шумів і спотворень.

У загальному випадку підходи до роботи з типовою формою можуть бути реалізовані на основі методів активних контурів, статистичних моделей форми [10] (наприклад, моделі активної форми) та глибоких нейронних мереж, які здатні навчатися на великих вибірках астрономічних зображень.

В астрономії такий метод дає змогу автоматично ідентифікувати зоряні скупчення, галактики, астероїди, комети та інші небесні об'єкти, враховуючи їхні геометричні особливості та морфологічну структуру.

Астрономічні зображення мають низку специфічних характеристик, що значно ускладнюють їх автоматизовану обробку:

- наявність шумів, які виникають унаслідок термічної генерації електронів у ПЗЗ (пристрій із зарядовим зв'язком) матрицях або через випадкові фотони, що потрапляють на сенсор;
- атмосферні спотворення, спричинені турбулентністю повітря та неоднорідностями в розподілі температур, що призводить до варіацій форми об'єктів у реальному часі;
- зміни яскравості та контрасту, обумовлені варіативністю експозиції, наявністю дифракційних ефектів та розсіюванням світла;
- артефакти, викликані конструктивними особливостями оптичних систем, наприклад, віньетуванням, хроматичними аберациями або інтерференційними ефектами [11].

Використання моделей типової форми в аналізі астрономічних зображень дозволяє ефективніше компенсувати вплив перелічених факторів. Наприклад, для розпізнавання галактик застосовуються еліптичні або дископодібні моделі, що враховують варіативність їх структури, а для малих тіл Сонячної системи можуть використовуватися адаптивні моделі, що коригуються залежно від кута огляду та відстані до об'єкта.

Основна наукова новизна полягає у застосуванні адаптивних алгоритмів, що дозволяють автоматично визначати параметри форми об'єктів у процесі аналізу даних [12]. Це забезпечує можливість точного відокремлення астрономічних об'єктів від шумів і фонового випромінювання, що є критично важливим у задачах автоматичного моніторингу космічних тіл.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розроблених методів у таких напрямках:

- автоматизоване виявлення та класифікація небесних тіл на зображеннях із космічних та наземних телескопів;

- підвищення точності та швидкості аналізу великих масивів астрономічних даних у режимі реального часу;
- оптимізація алгоритмів фільтрації, що дозволяє зменшити вплив шумів та артефактів, зберігаючи при цьому природні характеристики об'єктів.

Таким чином, розглянуті методи обробки астрономічних зображень із використанням моделей типової форми можуть знайти широке застосування в сучасній астрономії та автоматизованих системах аналізу даних [13].

Мета та задачі дослідження

Основною метою цього дослідження є розробка нових методів обробки цифрових астрономічних зображень, заснованих на використанні моделей типової форми об'єктів. Цей підхід дозволяє створювати більш точні математичні моделі для виявлення астрономічних об'єктів, таких як галактики, зоряні скупчення, астероїди та інші небесні тіла. Врахування специфічних геометричних характеристик об'єктів у межах заданої точності дозволяє покращити точність їх ідентифікації та класифікації, навіть за умов наявності значного рівня шуму чи спотворень на зображеннях.

Розробка ефективних моделей типової форми дозволяє створити більш адаптивні та універсальні алгоритми для обробки зображень, що дозволить зменшити вплив шуму, покращити виявлення об'єктів на складних астрономічних зображеннях і підвищити точність досліджень в реальному часі. Також важливою метою є інтеграція цих моделей у сучасні системи автоматизованого аналізу астрономічних зображень, що дозволить знизити потребу в ручному втручанні та оптимізувати процеси обробки даних [14].

Задачі цього дослідження зосереджуються на розробці та оптимізації методів обробки астрономічних зображень, заснованих на типових формах об'єктів. Однією з основних задач є вивчення типових геометричних характеристик астрономічних об'єктів, які можуть бути використані для побудови математичних моделей для їх ідентифікації. Необхідно розробити точні математичні моделі, які враховують різні форми, розміри і орієнтацію об'єктів, а також їхні морфологічні властивості, такі як симетрія, звивистість або гладкість контурів. Це дозволить адаптувати алгоритми до реальних умов спостереження, де ці характеристики можуть варіюватися в залежності від умов отримання зображень.

Особливу увагу буде приділено вивченню адаптивних моделей типової форми, які зможуть змінювати свої параметри в залежності від специфічних особливостей зображення. Наприклад, змінюються характеристики об'єкта в залежності від кута огляду, освітленості або рівня шуму. Тому важливо розробити моделі, які здатні коригувати свої параметри в реальному часі і залишатися ефективними при різних умовах спостереження.

Ще однією важливою задачею є створення алгоритмів для автоматизованого виявлення об'єктів на основі цих математичних моделей.

Розроблені алгоритми повинні використовувати типову форму об'єкта як основу для аналізу, що дозволить автоматично виявляти і класифікувати астрономічні об'єкти без потреби в значному кількості ручної обробки. Алгоритми повинні бути здатні працювати з великими масивами даних і бути адаптивними до змінних умов зображення, що особливо важливо для астрономії, де кількість зібраних даних постійно зростає [15].

У результаті розробки цих методів буде проведено експериментальне тестування їх на реальних астрономічних зображеннях, що дозволить оцінити точність і ефективність розроблених підходів [16]. Оцінка впливу моделей типової форми на результат обробки даних дасть можливість порівняти їх з традиційними методами і оцінити переваги використання таких підходів у практичних астрономічних дослідженнях [17].

Однією з важливих задач є також інтеграція моделей типової форми в існуючі автоматизовані системи обробки астрономічних зображень. Це дозволить значно підвищити ефективність аналізу даних і забезпечити високу точність при автоматичному моніторингу небесних тіл. Впровадження таких моделей в реальні системи автоматизації допоможе зменшити час на обробку великих обсягів даних і мінімізувати людський фактор.

Таким чином, основні задачі дослідження зосереджуються на створенні, оптимізації та тестуванні математичних моделей типової форми об'єктів, що дозволяють значно покращити якість обробки астрономічних зображень та забезпечити більш точні результати при їх аналізі [18].

Основна частина

1 Визначення та аналіз поняття «типова форма»

Поняття «типова форма» є основою для розробки методів обробки цифрових зображень у контексті астрономії та інших наукових дисциплін. У загальному розумінні, типова форма об'єкта – це узагальнене, математичне або геометричне уявлення про форму об'єкта, яке відображає його основні характеристики, такі як симетрія, пропорції, контури та інші ключові ознаки. В астрономії типова форма може застосовуватися для моделювання різних небесних тіл, таких як зорі, галактики, планети, астероїди та інші об'єкти, що можуть мати складні й змінні форми в залежності від умов спостереження.

У контексті астрономічних зображень, типова форма є концептуальною основою для створення математичних моделей, які дозволяють спрощено, але точно описати об'єкти на зображенні. Такі моделі використовують обмежену кількість параметрів для опису основних властивостей об'єкта, що дозволяє зменшити складність задачі ідентифікації та класифікації, а також підвищити ефективність обробки великих масивів астрономічних даних.

Типова форма як математичне поняття.

Типова форма об'єкта в математиці може бути представлена через кілька базових характеристик: розмір, форма, симетрія, орієнтація і взаємне розташування різних частин об'єкта. Наприклад, для астрономічних об'єктів типова форма може бути спрощена до математичних моделей, таких як еліпс, коло, спіраль або інші геометричні фігури, що найбільш точно описують характеристики об'єкта на зображенні.

Один із основних принципів при створенні моделей типової форми – це спрощення. Небесні об'єкти, такі як планети або зорі, можуть мати складну структуру, проте для цілей автоматизованого аналізу їх можна апроксимувати як стандартні геометричні фігури, що дозволяє спростити обчислювальні процеси і підвищити ефективність роботи алгоритмів.

Типова форма в контексті астрономії.

У астрономії типова форма стає важливим інструментом для класифікації та аналізу зображень, отриманих з телескопів та інших астрономічних об'єктів спостереження. Оскільки астрономічні об'єкти можуть значно змінювати свій вигляд в залежності від умов спостереження, таких як кут огляду, освітленість, чи наявність атмосферних спотворень, то використання стандартних моделей типової форми допомагає підвищити точність і стабільність результатів.

Типова форма може також включати в себе не тільки геометричні характеристики, а й фізичні характеристики об'єкта, такі як яскравість, спектр випромінювання, або інші властивості, що можуть бути корисними для його ідентифікації. Наприклад, для галактик типовою формою може бути спіральна або еліптична форма, в залежності від типу галактики. Для зір, таких як наш Сонце, типовою формою може бути сфера з певним розподілом яскравості.

Призначення типової форми в автоматизованому аналізі.

Типова форма відіграє важливу роль в автоматизованих системах обробки астрономічних зображень, де необхідно швидко і точно виявляти і класифікувати об'єкти, навіть якщо зображення мають погану якість або значну кількість шуму. Використання моделей типової форми дозволяє скоротити час обробки даних, забезпечити стабільність результатів та знизити вплив помилок, що можуть виникнути через складні умови спостережень.

В астрономії часто стикаються з проблемою того, що зображення можуть бути розмитими або перекошеними, тому важливо, щоб модель типової форми могла адаптуватися до змін у вигляді об'єкта. Наприклад, якщо галактика виглядає розтягнутою або нахиленою, модель типової форми повинна враховувати такі спотворення, коригуючи параметри форми об'єкта.

Типова форма в контексті обробки зображень.

Типові форми використовуються для спрощення задачі обробки зображень. Замість того, щоб обробляти кожен об'єкт як складну і детальну структуру, типова форма дозволяє застосовувати набагато більш прості моделі. Наприклад, для виявлення зоряних скупчень можна використовувати модель кола або еліпса, що

дозволяє автоматично визначати їх положення на зображенні. Це дозволяє створювати алгоритми, які шукають об'єкти певної форми на зображеннях, що значно скорочує час аналізу і дозволяє працювати з великими наборами даних.

Таким чином, поняття типової форми є не тільки математичною абстракцією, але й важливим інструментом для розв'язання конкретних задач в астрономії, що включають ідентифікацію, класифікацію і аналіз астрономічних об'єктів. Використання моделей типової форми дає змогу спростити обробку складних зображень, підвищити ефективність алгоритмів і забезпечити більш точні результати навіть при наявності шуму або спотворень на зображеннях

2 Аналіз геометричних характеристик астрономічних об'єктів

Геометричні характеристики астрономічних об'єктів є критично важливими для їхнього розпізнавання та аналізу в астрономічних зображеннях, оскільки вони безпосередньо визначають вигляд об'єкта в різних умовах спостереження. Ці характеристики можуть бути описані через кілька параметрів, таких як розмір, форма, симетрія, орієнтація та контури, що є основою для розробки математичних моделей та алгоритмів для виявлення і класифікації об'єктів на зображеннях.

У реальних умовах астрономічні об'єкти можуть мати дуже різноманітні геометричні характеристики, залежно від їхнього типу, етапу еволюції та відстані від Землі. Тому для їхнього точного аналізу і моделювання необхідно враховувати безліч параметрів, включаючи фізичні характеристики та структуру об'єкта. Це дозволяє не лише спрощувати процеси обробки зображень, але й підвищувати точність виявлення астрономічних об'єктів в рамках автоматизованих астрономічних систем.

Наведемо основні геометричні характеристики астрономічних об'єктів.

1. *Розмір та масштаб.* Розмір є однією з найбільш очевидних характеристик, що визначають вигляд об'єкта на зображеннях. Наприклад, зірки зазвичай зображуються як точкові джерела світла через свою велику відстань від Землі та малий видимий розмір. Однак, при розгляді галактик, таких як галактика Молочний Шлях або Андромеда, розмір стає значним фактором. Галактика Андромеда (M31) має діаметр близько 220 000 світлових років, що робить її одним із найбільших об'єктів на небі, який можна побачити навіть неозброєним оком у північній півкулі. Розмір об'єкта впливає не тільки на його видимість, але й на процеси обробки зображень. Якщо зірка спостерігається як точка, то велика галактика чи планета займає значну частину зображення, що вимагає застосування специфічних методів для коректного виділення об'єкта серед інших елементів (рис. 2.1).

2. *Форма.* Форма є важливим аспектом, що допомагає відрізнити різні типи астрономічних об'єктів. Спостережувані форми можуть бути дуже різноманітними. Наприклад, зірки є близькими до сферичних об'єктів, але їх точкове зображення часто не дозволяє побачити їх точну форму на зображеннях. Натомість галактики можуть мати різноманітні форми. Спіральні галактики, такі

як галактика M101 (рис. 2.2), мають класичну спіральну форму, з яскравими рукавами, що складаються з газу та зірок.



Рисунок 2.1 – Приклад зображення точкового та шароподібного об'єкту



Рисунок 2.2 – Зображення галактики M101, має спіральну форму

Природа цієї форми виникає внаслідок обертання галактики та гравітаційних взаємодій з іншими об'єктами. Напроти, еліптичні галактики, наприклад, галактика M87, мають більш компактну та еліптичну форму, що визначається їхнім старінням і відсутністю активного формування нових зірок. Це є прикладом того, як різні типи галактик мають свої особливості форми, що можуть бути враховані при розробці математичних моделей.

3. Симетрія. Симетрія є важливим аспектом у розпізнаванні астрономічних об'єктів. Високий рівень симетрії характерний для багатьох астрономічних об'єктів, особливо для галактик і зірок. Наприклад, симетрична структура спіральної галактики, такої як NGC 6744, дозволяє розробити моделі, які відображають рівномірне розподілення зірок і газу по її рукавах. У галактиках з високим рівнем симетрії (наприклад, в галактиках типу S0) можна застосовувати спрощені моделі для їхньої візуалізації і класифікації. У свою

чергу, менш симетричні об'єкти, такі як неправильні галактики (наприклад, галактика IC 10), вимагають застосування більш складних моделей, оскільки вони не мають чіткої геометричної структури. Асиметричні об'єкти можуть бути викликані гравітаційними взаємодіями або зіткненнями між галактиками, що породжують нерівномірний розподіл матерії в об'єкті.

4. *Орієнтація*. Орієнтація об'єкта визначає його вигляд на зображенні, а також впливає на методи виявлення і класифікації. Астрономічні об'єкти, що знаходяться в різних точках космосу, можуть бути спостережувані під різними кутами, що створює варіації в їхньому вигляді на зображеннях. Наприклад, обертання спіральних галактик змінює орієнтацію їхніх рукавів на зображеннях. Галактика NGC 4565 (рис. 2.3), яка виглядає як космічна пряма лінія через свій вигляд під певним кутом, є класичним прикладом того, як орієнтація впливає на сприйняття об'єкта.



Рисунок 2.3 – Зображення галактики NGC 4565, має форму лінії

5. *Контури та деталі*. Контури об'єктів є важливими для їхнього виділення на зображеннях, а також для подальшого аналізу. Деякі астрономічні об'єкти, такі як планети, можуть мати чітко визначені межі, в той час як інші, як галактики, можуть мати невизначені контури, особливо через вплив атмосфери або обмеження спостереження. Наприклад, планета Сатурн має яскраво виражені кільця, які є чіткими контурами на зображеннях, отриманих з телескопів, тоді як межі спіральних галактик можуть бути розмитими через їх велику відстань і складну структуру.

6. *Асиметрія*. Асиметрія має значення в аналізі астрономічних об'єктів, оскільки багато з них мають неоднорідні форми. Наприклад, супернові, як SN 1987A, мають асиметричні спалахи, що виникають через нерівномірне викидання матерії при вибуху. Аналіз асиметрії дозволяє виявити важливі фізичні процеси, такі як швидкість розширення об'єкта, напрямок руху та структуру внутрішніх частин.

7. *Розподіл яскравості*. Розподіл яскравості є ще однією геометричною характеристикою, що використовуються для опису астрономічних об'єктів.

Наприклад, галактики, такі як M31 (Андромеда), мають характерний розподіл яскравості, який зменшується від центру до периферії, що може бути використано для створення математичних моделей їхніх форм. Спостереження змін яскравості на різних етапах еволюції об'єкта, таких як зірки в різних стадіях розвитку, дозволяє більш точно моделювати їхні геометричні характеристики.

У контексті обробки астрономічних зображень геометричні характеристики мають важливе значення для вибору методів виділення об'єктів, їх класифікації та оцінки їхніх властивостей. Наприклад, для виявлення спіральних галактик використовуються алгоритми, які орієнтовані на виявлення спіральної симетрії, тоді як для планет з точковими джерелами світла використовуються методи, що спрощують їхню обробку до круглої форми. Таким чином, геометричні характеристики астрономічних об'єктів є основою для розробки алгоритмів, що забезпечують точність виявлення і аналізу.

3 Розробка адаптивних математичних моделей типової форми об'єктів

Розробка адаптивних математичних моделей типової форми об'єктів є одним із ключових етапів у процесі автоматизованої обробки астрономічних зображень. Це складне завдання, оскільки астрономічні об'єкти мають різноманітні форми, від точкових джерел світла, таких як зірки, до великих, складних структур, як галактики чи туманності. Кожен з таких об'єктів має свій унікальний вигляд, визначений різними геометричними характеристиками, зокрема розмірами, симетрією та інтенсивністю світла, що змінюється в залежності від обставин спостереження.

Типова форма об'єкта в астрономії являє собою його стандартний або найбільш загальний вигляд, на основі якого можна класифікувати і виявити цей об'єкт на зображеннях. Урахування цієї форми дозволяє зібрати важливі дані про об'єкт, від його геометричних параметрів до фізичних характеристик. Астрономічні об'єкти зазвичай мають складні форми і розміри, які змінюються в часі та просторі, і математичні моделі повинні мати можливість адаптуватися до цих варіацій.

Для побудови таких моделей необхідно застосовувати математичні інструменти, здатні описати як прості, так і складні форми об'єктів, з урахуванням різних змінних. Проте, створення адаптивних моделей вимагає врахування множини факторів, які можуть спотворювати форму об'єкта – це шум, атмосферні спотворення, а також вплив інших астрономічних об'єктів. Тому основним завданням є створення таких моделей, які б не лише описували типову форму об'єкта, але й могли адаптуватися до специфічних умов спостереження, забезпечуючи високоточне виявлення навіть при наявності таких спотворень.

Адаптивність математичних моделей.

Математичні моделі для типової форми об'єктів, як правило, будуються на основі функцій, що описують геометричні властивості цих об'єктів. Однією з основних складових адаптивної моделі є її здатність змінювати параметри залежно від зовнішніх умов, таких як зміна масштабу, обертання чи зміни форми

об'єкта. Адаптивність до таких змін можна досягти через використання математичних конструкцій, які дозволяють параметричне налаштування моделі.

Один з найбільш поширених підходів до створення адаптивної моделі типових форм – це використання параметричних функцій, що описують основні характеристики об'єкта. Наприклад, спіральні галактики часто моделюються за допомогою рівнянь, що задають спіральну структуру через полярні координати. Але на практиці астрономічні об'єкти можуть мати значно складніші форми, що вимагають застосування більш складних математичних інструментів, таких як фрактальні функції. Фрактальні моделі дозволяють описувати об'єкти з високою ступенем деталізації, що повторюється на різних масштабах. Туманності, зокрема, часто мають складну структуру, яка характеризується самоподібністю, що робить їх ідеальними для моделювання за допомогою фрактальних рівнянь. Одним із фрактальних виразів для таких об'єктів може бути рівняння, що описує форму туманності або інших розгалужених структур.

$$S(r) = r^a, \quad (3.1)$$

де $S(r)$ – це функція, що описує розподіл інтенсивності на різних відстанях r від центру об'єкта;

a – це параметр, який визначає характер фрактальності об'єкта.

Моделювання туманностей за допомогою таких рівнянь дозволяє досягнути більш точної репрезентації їх складної структури.

Після побудови базової моделі на наступному етапі здійснюється оптимізація її параметрів. Це дозволяє адаптувати модель до конкретного об'єкта, враховуючи реальні характеристики зображення. Оптимізація здійснюється за допомогою різних чисельних методів, зокрема методом найменших квадратів (МНК), що дозволяє мінімізувати похибки між теоретичними значеннями, передбаченими моделлю, і реальними даними, отриманими зі зображень. Математичне вираження цього процесу виглядає наступним чином:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k))^2 \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

де y_i – спостережувані значення,

$f(x_i, \theta_1, \dots, \theta_k)$ – математична модель, що описує форму об'єкта;

x_i – вхідні дані (наприклад, координати пікселів);

$\theta_1, \dots, \theta_k$ – параметри моделі. Цей процес дозволяє підібрати оптимальні значення параметрів, які мінімізують похибку між передбачуваними й реальними значеннями.

Для галактик, наприклад, процес оптимізації може полягати в налаштуванні параметрів a та b в рівнянні спіралі для найкращого наближення до спостережуваної форми галактики. Водночас для більш складних об'єктів, таких як туманності, оптимізація параметрів a фрактальної моделі дозволяє більш точно відтворити структуру об'єкта, враховуючи його самоподібність на різних масштабах.

Використання чисельних методів для корекції моделі.

Коли початкові параметри моделі оптимізовані, наступним кроком є коригування її форми з урахуванням додаткових спостережень або нових даних. Це може включати зміну розміру або форми об'єкта в результаті впливу зовнішніх факторів, таких як ефект червоного зміщення або взаємодія з іншими об'єктами.

Для коригування форми об'єкта можна застосовувати чисельні методи, зокрема методи градієнтного спуску. Наприклад, для адаптивної моделі галактики використовується наступний алгоритм:

$$\theta_{n+1} = \theta_n - \eta \nabla_{\theta} J(\theta), \quad (3.3)$$

де θ_n – поточні параметри моделі на ітерації;

n, η – коефіцієнт навчання (швидкість коригування);

$\nabla_{\theta} J(\theta_n)$ – градієнт функції вартості $J(\theta_n)$, що визначає похибки між моделлю та спостереженнями. За допомогою цього алгоритму параметри моделі коригуються так, щоб мінімізувати похибки й отримати найточніше наближення до реальних даних.

Завершальним етапом процесу адаптації є тестування та верифікація моделі на нових зображеннях. Після коригування моделі її необхідно перевірити на різних наборах даних, щоб оцінити її точність та ефективність. Тестування зазвичай здійснюється шляхом порівняння результатів, отриманих на основі моделі, з реальними спостереженнями. Для оцінки точності використовуються різні методи, зокрема критерії похибки, такі як середньоквадратична помилка (RMS) або коефіцієнт кореляції Пірсона:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (3.4)$$

де y_i – спостережуване значення;

$\hat{y}_i$ – передбачене значення на основі моделі;

n – кількість точок даних.

Високий коефіцієнт кореляції вказує на те, що модель точно відображає форму об'єкта, а низька середньоквадратична помилка вказує на точність результатів. Верифікація дозволяє перевірити, чи здатна модель адаптуватися до різних умов і бути корисною для автоматизованого виявлення астрономічних об'єктів у реальних спостереженнях.

Адаптивні математичні моделі типової форми об'єктів є потужним інструментом для автоматизованої обробки астрономічних зображень. Вони забезпечують точне відновлення форми об'єкта, враховуючи як його геометричні, так і фізичні характеристики. Проте для успішного застосування таких моделей необхідно враховувати варіативність об'єктів, їхню взаємодію та зміни в часі. Використання таких підходів дозволяє значно підвищити точність аналізу астрономічних зображень та зробити обробку даних більш ефективною, що є важливим етапом у розвитку астрономії.

4 Розробка алгоритмів для автоматизованого виявлення об'єктів на основі моделей типової форми

Виявлення об'єктів на астрономічних зображеннях є складною задачею, що потребує високого рівня точності, адаптивності та автоматизації. Одним з перспективних підходів до її вирішення є застосування попередньо визначених моделей типової форми, які описують характерні геометричні та інтенсивнісні властивості певного класу астрономічних структур – галактик, зоряних скупчень, планетарних туманностей тощо. Основна ідея полягає в тому, що замість узагальненого пошуку аномалій або локальних максимумів яскравості, система орієнтується на співпадіння з певними апіорними структурними шаблонами, які математично описують типову форму об'єкта.

Процес побудови такого алгоритму передбачає кілька етапів. На початку здійснюється попередня обробка зображення з метою зменшення шумів, вирівнювання контрасту та нормалізації інтенсивностей. Це дозволяє підвищити стійкість подальших етапів аналізу до артефактів, що характерні для астрономічної зйомки – наприклад, тепловий шум, космічні промені або фонове світіння атмосфери. У якості такого попереднього кроку часто використовується згортка з ядром Гауса або вейвлет-фільтрація, які зберігають контурну інформацію, одночасно пригнічуючи випадкові перешкоди.

Після цього відбувається формалізований процес порівняння підмножин зображення з параметричною моделлю типової форми. Це здійснюється за допомогою методу шаблонного зіставлення, кореляційного аналізу або більш складних машинних методів. Зокрема, одна з найбільш уживаних методик – використання функціоналу схожості між фрагментом зображення та математичною моделлю, який реалізується у вигляді перетворення подібності або крос-кореляції:

$$C(x, y) = \sum_{i, j} I(x+i, y+j) \times T(i, j), \quad (4.1)$$

де $I(x+i, y+j)$ – інтенсивність зображення в області навколо точки (x, y) ;
 $T(i, j)$ – модель типової форми об'єкта у вигляді шаблону.

Максимальні значення функції $C(x, y)$ вказують на ймовірні місця знаходження об'єкта.

Однак такий підхід є ефективним лише для моделей фіксованої форми й масштабу. Для адаптації до об'єктів різного розміру, орієнтації або деформацій доцільно використовувати більш гнучкі методи, наприклад, динамічні моделі форми (Active Shape Models) або моделі з параметрами деформації. У такому випадку алгоритм виявлення реалізує не жорстке накладення шаблону, а ітеративне «припасування» моделі до локального контексту зображення з урахуванням гнучких трансформацій.

Такі моделі часто базуються на оптимізації функції енергії деформації, наприклад:

$$E_{total} = E_{shape} + \lambda E_{image}, \quad (4.2)$$

де E_{shape} – енергія, що описує внутрішні геометричні обмеження типової форми (наприклад, симетрію, згладженість);

E_{image} – енергія, що відображає відповідність між формою моделі та контуром зображення;

λ – ваговий коефіцієнт між ними.

Оптимізація цієї функції дозволяє моделі адаптуватися до об'єкта, зберігаючи загальну структуру.

Для кращого контролю над деформацією, в адаптивних моделях може застосовуватись параметричне представлення межі об'єкта у вигляді кривої Безьє, сплайну або гармонік Фур'є. Це дозволяє точно відтворювати контури навіть сильно витягнутих або складних об'єктів – наприклад, витягнутих лінзоподібних галактик або планетарних туманностей з внутрішньою симетрією.

У контексті обробки астрономічних даних великого обсягу, ключовим елементом є також автоматичність обробки, що вимагає реалізації алгоритмів з високим рівнем узагальнення. Це досягається завдяки використанню сучасних методів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN), які здатні не тільки виявляти шаблонну форму, а й «навчатися» типових варіацій її прояву. CNN можуть бути навчені на великому наборі зображень галактик або інших об'єктів, де на кожному прикладі фіксується маска об'єкта. Після навчання модель здатна виявляти аналогічні структури на нових зображеннях з високою точністю, навіть якщо форма має певні відхилення.

Особливо актуальним є використання архітектури U-Net, яка завдяки своїй симетричній структурі дозволяє точно локалізувати астрономічні об'єкти та відновлювати їх форму на рівні пікселів. Вона успішно застосовується в задачах сегментації небесних тіл у проектах типу Galaxy Zoo або Sloan Digital Sky Survey.

Таким чином, поєднання класичних методів аналізу форми з адаптивною математичною моделю та сучасними глибинними архітектурами дозволяє створювати ефективні алгоритми автоматизованого виявлення астрономічних об'єктів. Ці алгоритми можуть бути інтегровані в астрономічні системи моніторингу, каталоги зображень або телескопічні обчислювальні комплекси для підвищення ефективності аналізу даних у реальному часі.

5 Експериментальна верифікація розроблених методів на реальних астрономічних зображеннях

Для перевірки працездатності та ефективності запропонованих моделей типової форми було проведено експериментальну верифікацію з використанням реальних астрономічних даних, отриманих із телескопів КОС «Сажень-С» (м. Дунаївці), ОМТ-800 (м. Маяки), АЗТ-8 (м. Євпаторія) та Takahashi BRC-250M (м. Ужгород). Зображення містили сліди протяжних об'єктів, що зміщувались під час експозиції, що ускладнювало ідентифікацію та кількісну оцінку їх

характеристик. Особливо це стосується об'єктів з малою яскравістю та високою швидкістю – супутників, астероїдів та уламків космічного сміття.

На рисунках 5.1-5.4, а показано типові зображення таких об'єктів у форматі «як є», тобто в умовах зміщення, розмиття та фонових шумів. На цих же кадрах були застосовані два підходи до побудови моделі зображення – метод типового зображення, побудований на основі усереднення багатьох схожих фрагментів (рис. 5.1-5.4, б), та аналітична модель зображення, сформована згідно з фізичними характеристиками розмиття – напрямком, довжиною та швидкістю (рис. 5.1-5.4, в).

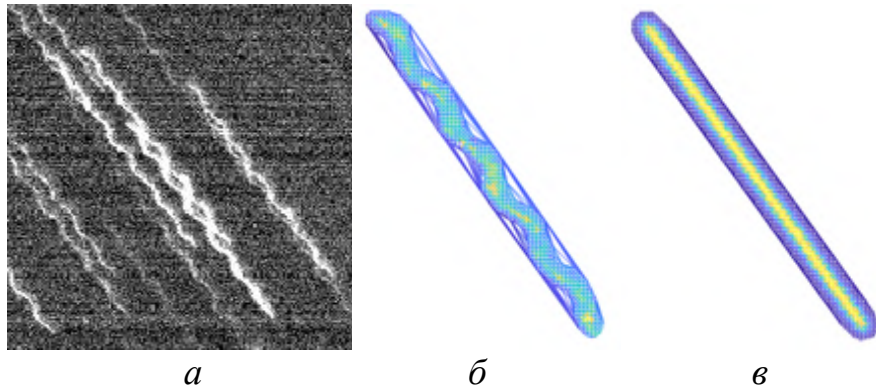


Рисунок 5.1 – Фрагмент кадру телескопа КОС «Сажень-С»: а – початкове зображення; б – сформоване типове зображення; в – аналітична модель зображення

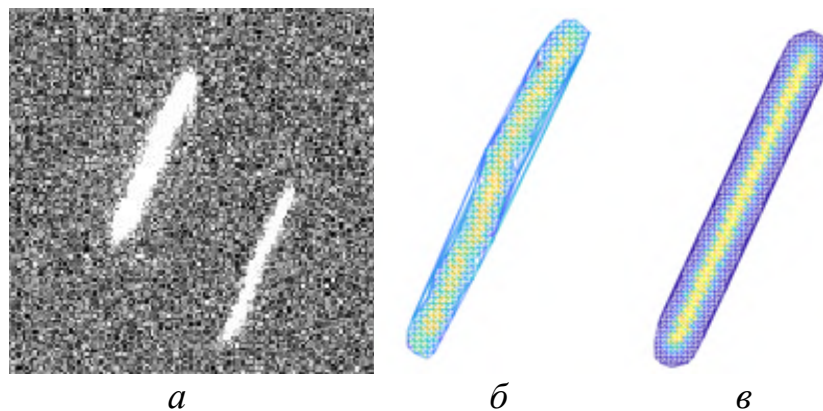


Рисунок 5.2 – Фрагмент кадру телескопа ОМТ-800: а – початкове зображення; б – сформоване типове зображення; в – аналітична модель зображення

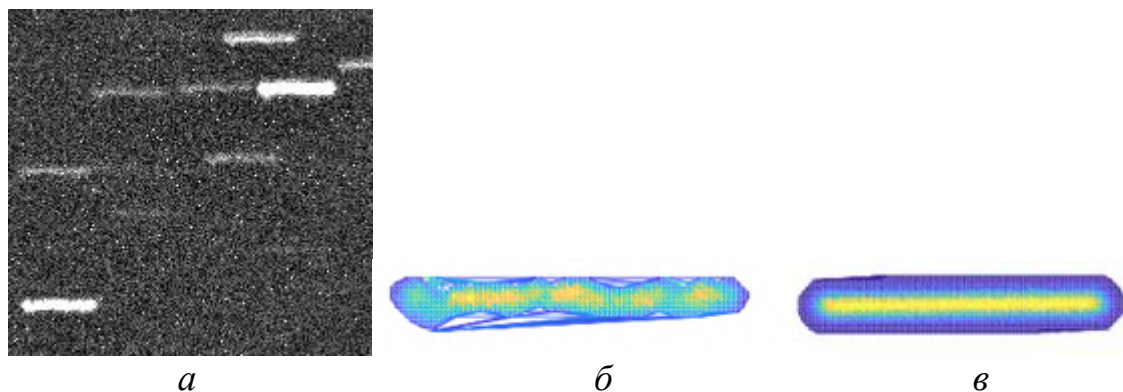


Рисунок 5.3 – Фрагмент кадру телескопа АЗТ8: а – початкове зображення; б – сформоване типове зображення; в – аналітична модель зображення

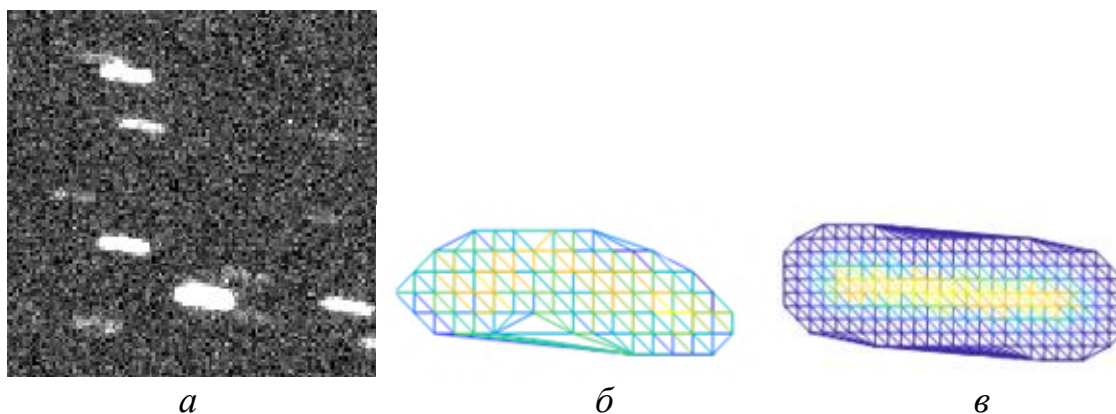


Рисунок 5.4 – Фрагмент кадру телескопа Takahashi BRC-250M: *a* – початкове зображення; *б* – сформоване типове зображення; *в* – аналітична модель зображення

Для об'єктивної кількісної оцінки точності кожного з підходів використовувалося середньоквадратичне відхилення (СКО) різниці яскравостей експериментального та модельного зображень кожного об'єкта. Визначення проводилось за формулою:

$$\sigma \Delta A_j = \sqrt{\frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} (A_i - \tilde{A}_i)^2}, \quad (5.1)$$

де A_i – експериментальна яскравість i -го пікселя;

$\tilde{A}_i$ – модельна яскравість відповідного пікселя (для обраної моделі – типової або аналітичної);

N_j – загальна кількість пікселів у зображенні j -го об'єкта;

$\sigma \Delta A_j$ – СКО для об'єкта j .

Цей критерій дозволив порівняти точність відновлення яскравісної структури зображення на основі різних моделей. Обчислення проводились окремо для кожного об'єкта на кадрах, з подальшою побудовою зведених статистичних показників по кожному з них. У таблиці 5.1 наведено зведені характеристики СКО ($\sigma \Delta A_j$) для кожного кадру. Зокрема, було проаналізовано: середнє значення СКО ($M_{\sigma \Delta A}$), медіану значення ($M_{1/2\sigma \Delta A}$) та максимальне та мінімальне значення СКО на кадрі.

Таблиця 5.1 – Порівняння точності типового зображення і аналітичної моделі змазаного об'єкта за критерієм СКО ($\sigma \Delta A$).

Телескоп	Кіл-ть об'єктів	Модель	$M_{\sigma \Delta A}$	$M_{1/2\sigma \Delta A}$	$Max \sigma \Delta A$	$Min \sigma \Delta A$
КОС «Сажень-С»	149	Типове зображення	62,77	12,86	559,48	2,28
		Аналітична модель	175,28	36,13	1053,61	2,22
ОМТ-800	62	Типове зображення	4,41	2,40	19,29	0,36
		Аналітична модель	7,89	4,41	30,36	0,70
АЗТ-8	123	Типове зображення	23,49	3,21	1357,32	0,23
		Аналітична модель	66,28	5,64	1595,64	0,42
Takahashi BRC-250M	417	Типове зображення	12,06	3,26	242,92	0,33
		Аналітична модель	13,63	3,77	1057,19	1,21

Як видно з таблиці, метод типового зображення стабільно демонструє нижчі значення середнього та медіанного СКО, що свідчить про його вищу точність у відтворенні реального розподілу яскравості змазаного зображення. Наприклад, для КОС «Сажень-С» середнє значення СКО зменшилося більш ніж у 2,7 раза (з 175,28 до 62,77), а для ОМТ-800 – майже вдвічі (з 7,89 до 4,41). Подібні тенденції спостерігаються і для інших телескопів.

Особливо слід відзначити зниження максимального СКО: для Takahashi BRC-250M максимальне значення зменшилося в понад чотири рази (1057,19 проти 242,92), що є критично важливим при роботі з об'єктами низької контрастності.

Для наочності та кращого розуміння ефективності запропонованого підходу на рис. 5.5 подано порівняльний графік значень середньоквадратичного відхилення яскравостей пікселів між експериментальними зображеннями та двома видами моделей: типовим зображенням об'єкта та аналітичною моделлю змазаного об'єкта.

Графік ілюструє, що у всіх випадках використання типової форми забезпечує суттєво нижчі значення СКО, що свідчить про більш точну апроксимацію реальних астрономічних даних.

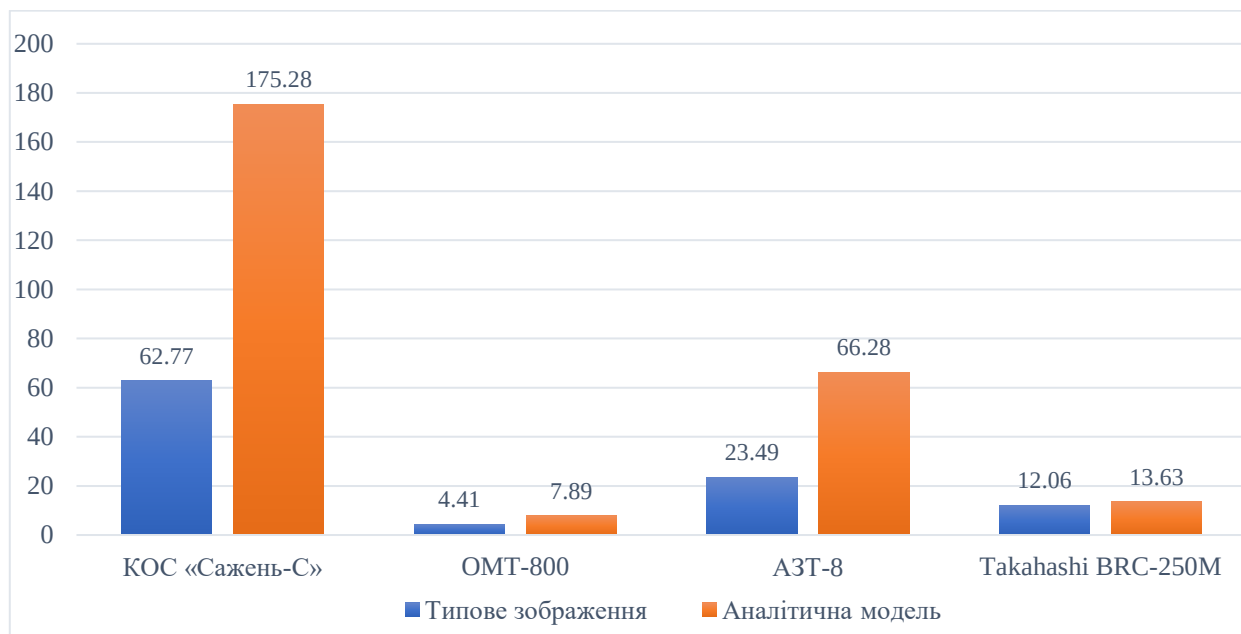


Рисунок 5.5 – Порівняння середнього СКО яскравостей між типовим зображенням та аналітичною моделлю

Наведена гістограма, демонструє порівняння середнього СКО ($M\sigma_{AA}$) яскравостей між типовим зображенням та аналітичною моделлю для кожного телескопа. Як видно, у всіх випадках типове зображення дає суттєво нижчі значення помилок.

Таким чином, експериментальна верифікація підтверджує, що застосування типових форм при моделюванні змазаних об'єктів дозволяє значно підвищити точність обробки зображень. Такий підхід особливо ефективний у задачах автоматизованого виявлення та класифікації рухомих астрономічних об'єктів у складних умовах спостереження.

6 Застосування моделей типової форми в інших наукових сферах

Підходи до моделювання об'єктів на основі їх типової форми знаходять дедалі ширше застосування у міждисциплінарних наукових дослідженнях. У своїй суті типова форма репрезентує середньостатистичну або еталонну геометрію об'єкта, яка виводиться на основі аналізу великої кількості прикладів. Завдяки цьому підходу можливо формалізувати очікувані контури, пропорції та структурні характеристики, що дозволяє застосовувати його у сферах, де спостереження за об'єктами ускладнене через обмеження технічних засобів, умови середовища або властивості самих об'єктів.

У медичній візуалізації, застосування типових форм має критично важливе значення. Наприклад, для автоматизованої сегментації анатомічних структур, таких як серце, легені чи головний мозок, використовуються *statistical shape models (SSM)*, які дозволяють забезпечити сталість та точність розпізнавання навіть у випадках низької якості зображення або присутності артефактів. У кардіології модель типової форми лівого шлуночка серця використовується для побудови тривимірної реконструкції серцевої камери, що дозволяє оцінити функціональні показники без необхідності прямих інвазивних процедур.

У сфері комп'ютерного зору, типові форми застосовуються в алгоритмах виявлення та трекінгу об'єктів у відеопотоці. Наприклад, у системах розпізнавання обличчя типові геометрії обличчя (на кшталт моделі *Active Appearance Model* або *3D Morphable Model*) слугують базисом для виявлення рис обличчя в складних умовах освітлення, поворотів голови чи міміки. Подібний підхід застосовується також у технологіях розширеної реальності (AR), де моделі типових форм допомагають точно зіставити віртуальний контент із реальною геометрією об'єктів сцени.

У геонауках, зокрема в геології та геоморфології, типові форми використовуються для автоматизованого аналізу рельєфу за даними дистанційного зондування Землі. Наприклад, виявлення ударних кратерів базується на відомих параметрах їх морфології – діаметр, глибина, співвідношення центр-периферія – що дозволяє формувати шаблони, стійкі до впливу ерозії або рослинного покриву. Такі методи широко застосовуються в планетології для дослідження поверхонь Місяця, Марса та інших тіл Сонячної системи.

У біометричних системах, де ідентифікація особи здійснюється на основі фізіологічних характеристик, типові форми використовуються для підвищення точності та надійності алгоритмів. Зокрема, у випадку ідентифікації за зображенням райдужної оболонки або сітківки ока, моделі типової геометрії дозволяють компенсувати часткові спотворення та зміну масштабу, викликані зміщенням погляду чи умовами зйомки.

У екологічному моніторингу із застосуванням безпілотних літальних апаратів, моделі типової форми допомагають автоматично виявляти об'єкти природного та антропогенного походження. Наприклад, визначення форм дерев, тварин або навіть окремих видів сміття базується на порівнянні з наперед визначеними шаблонами, що дозволяє здійснювати високоточне зондування з повітря навіть при низькій контрастності сцени.

Не менш важливим є застосування моделей типової форми у машинобудуванні, де точність у розпізнаванні деталей і вузлів із їх зображень, отриманих, наприклад, за допомогою промислових візуальних сенсорів, дозволяє оптимізувати автоматизоване сортування та контроль якості. За рахунок використання типових форм можна виявляти відхилення від норми, навіть якщо частина деталі перекрита або не потрапила в поле зору сенсора повністю.

Таким чином, концепція типової форми виступає не лише як формалізований математичний апарат, але й як універсальний інструмент, що забезпечує підвищену точність, узгодженість та ефективність в аналізі зображень у різних прикладних контекстах.

Завдяки здатності до узагальнення геометричних характеристик об'єктів, моделі типової форми забезпечують стійкість до спотворень, шумів та часткової втрати інформації. Їх використання створює передумови для інтеграції в системи комп'ютерного зору, медичної діагностики, автоматизованого контролю якості та моніторингу природного середовища.

У подальшому розвиток цієї концепції відкриває перспективи для створення нових інтелектуальних систем обробки даних, здатних до адаптації, навчання та узагальнення структурної інформації про об'єкти різної природи.

Результати досліджень

7 Оцінка впливу використання моделей типової форми на точність та ефективність обробки даних

У сучасних системах цифрової обробки зображень, особливо в галузі астрофізики та спостережної астрономії, точність реконструкції об'єктів відіграє вирішальну роль для коректної наукової інтерпретації. Типові форми, як концепція побудови узагальненого зображення об'єкта на основі багатьох його реалізацій, виявились потужним інструментом, що дозволяє значно підвищити якість аналізу навіть у випадках, коли індивідуальні спостереження зазнали спотворень через шум, розмиття, флуктуації освітлення або атмосферні умови.

Під час дослідження було проведено експериментальну перевірку ефективності використання моделей типової форми на наборі астрономічних зображень, отриманих із телескопів різних типів: КОС «Сажень-С», ОМТ-800, АЗТ-8 та Takahashi BRC-250M. У всіх випадках досліджувались кадри, на яких були присутні протяжені об'єкти, що мали помітне власне рухове розмиття. Це створювало типову ситуацію в автоматизованому моніторингу, де необхідно точно локалізувати та охарактеризувати слабкі або швидкоплинні джерела світла на тлі шуму.

Для кількісного вимірювання точності використовувався показник середньоквадратичного відхилення (СКО, $\sigma_{\Delta A_j}$), що обчислювався як різниця між експериментальною яскравістю пікселів зображення j -го об'єкта та модельними значеннями піксельної яскравості. В розрахунках враховувалась не лише абсолютна похибка, але і її розподіл по площині об'єкта, що дозволило

більш повно враховувати локальні відхилення, а також виявляти зони максимальної невідповідності.

Результати виявили чітке домінування моделей типової форми над аналітичними моделями. Наприклад, у випадку телескопа КОС «Сажень-С» середнє значення СКО при використанні типової форми склало лише 62,77 ADU, що майже в три рази менше, ніж аналогічний показник для аналітичної моделі (175,28 ADU). Схожа динаміка спостерігалась і для інших інструментів: ОМТ-800 – 4,41 проти 7,89 ADU, АЗТ-8 – 23,49 проти 66,28 ADU, Takahashi BRC-250M – 12,06 проти 13,63 ADU. Такі результати підтверджують, що типова форма краще відображає узагальнену морфологію об'єкта, зменшуючи вплив одиничних шумових аномалій та випадкових спотворень.

Варто також зазначити, що типовий шаблон зображення дозволяє не лише досягти вищої точності, а й покращити стабільність результатів: медіанні значення СКО для типових форм були послідовно нижчими, а розбіжність між мінімальним і максимальним значенням була значно меншою, ніж у випадку аналітичних моделей. Це свідчить про більшу внутрішню однорідність типових представлень, що, в свою чергу, зменшує ймовірність помилок під час подальшої автоматичної класифікації або виявлення.

З точки зору ефективності обробки, використання типової форми дає ще одну важливу перевагу. Оскільки типова форма може бути попередньо сформована та оптимізована для конкретного класу об'єктів (наприклад, малих тіл Сонячної системи, зірок певної спектральної класифікації або галактик певного типу), її застосування у вигляді шаблонів дозволяє значно знизити навантаження на обчислювальні ресурси в режимі реального часу. Зокрема, для завдань, де обробляються тисячі кадрів на добу (наприклад, у рамках проєктів на кшталт Pan-STARRS чи LSST), можливість використовувати узагальнений опис об'єкта дозволяє суттєво прискорити попередню фільтрацію та пріоритезацію даних для подальшого аналізу.

Отже, оцінка впливу моделей типової форми на точність і ефективність обробки зображень однозначно демонструє доцільність та перспективність цього підходу. Він поєднує в собі адаптивність, стійкість до спотворень, та обчислювальну оптимізацію, що є критично важливим у сучасних умовах збільшення обсягу даних та вимог до їхньої надійної інтерпретації. У майбутньому інтеграція таких моделей у повноцінні системи штучного інтелекту, орієнтовані на розпізнавання складних образів, може стати основою нового покоління аналітичних інструментів в астрономії та суміжних науках.

8 Інтеграція розроблених методів в автоматизовані системи обробки астрономічних зображень

Інтеграція моделей типової форми об'єктів у автоматизовані системи обробки зображень є важливим етапом у розвитку сучасної астрономії, адже дає змогу зменшити навантаження на астрономів, автоматизуючи процеси виявлення, класифікації та аналізу космічних об'єктів. Враховуючи величезний обсяг даних,

що генеруються внаслідок спостережень, а також необхідність максимально швидкої і точної обробки зображень, ефективна автоматизація є необхідною.

Розроблені адаптивні математичні моделі типової форми об'єктів дозволяють автоматично виявляти космічні об'єкти, навіть якщо вони з'являються на зображеннях з невеликою яскравістю або піддаються змазанню через рух. Це значно підвищує ефективність і точність обробки даних. Для реалізації таких моделей використовуються як аналітичні методи, так і емпіричні підходи, що включають попередньо сформовані шаблони типових об'єктів. Комбінація цих методів дозволяє адаптувати систему до різноманітних умов спостереження, таких як різна якість зображень, зміни в атмосферних умовах або навіть варіації в характеристиках телескопів.

Одним з яскравих прикладів інтеграції таких методів є система CoLiTec [19], розроблена для автоматизації обробки астрономічних зображень. CoLiTec поєднує численні інструменти для аналізу зображень, зокрема виявлення і класифікацію космічних об'єктів, таких як астероїди, комети та супутники. У CoLiTec інтегровано методи, засновані на типовій формі об'єктів, які використовуються для порівняння з реально зафіксованими зображеннями та для уточнення їхніх характеристик.

Процес автоматичної обробки зображень у CoLiTec відбувається в кілька етапів [20]. Спочатку система отримує необроблені зображення з телескопів, після чого проходить етап передобробки, включаючи корекцію шумів, геометричну та фотометричну калібровку. Потім на зображення накладаються типові форми, які або генеруються на основі попередніх спостережень, або адаптивно розробляються на основі поточного кадру, якщо об'єкт з'являється вперше. Моделі типової форми включають основні геометричні та фотометричні характеристики, такі як форма, розмір, яскравість та інші атрибути, що дозволяють точно ідентифікувати об'єкти в складних умовах.

Особливістю системи є її здатність адаптувати шаблони до конкретних умов спостережень. Для цього CoLiTec використовує дві основні стратегії: одну – для статичних об'єктів (де форма та розмір не змінюються протягом спостережень), і іншу – для динамічних об'єктів (наприклад, астероїдів або комет, що рухаються). Адаптивний підхід дозволяє автоматично коригувати форму об'єкта в процесі спостереження, що дає змогу зберігати точність аналізу навіть при змінних умовах.

CoLiTec використовує дві основні моделі для порівняння – аналітичну модель змазаного зображення та модель типового зображення, що формується за допомогою статистичних методів. Аналітична модель заснована на теоретичних розрахунках, які описують фізичні процеси, такі як рух об'єкта або дефекти оптики, в той час як типова модель формується емпірично, виходячи з результатів попередніх спостережень. Порівняння цих моделей дозволяє системі вибирати найбільш відповідну для конкретного об'єкта та умов спостереження. Важливим аспектом є те, що ця система дозволяє автоматично оновлювати типові форми на основі нових зображень. Це робить CoLiTec гнучким інструментом, здатним

адаптуватися до нових ситуацій, що постійно змінюються в реальному часі, і підвищує точність виявлення слабких або розмитих об'єктів.

Інтеграція моделей типової форми в систему CoLiTес є важливою складовою автоматизації спостережень. Ці моделі дозволяють підвищити точність виявлення об'єктів, зменшити кількість хибно-позитивних результатів і забезпечити більш ефективне використання ресурсів телескопів, що є критичним для обробки даних у режимі реального часу.

Застосування методів типових форм об'єктів в таких автоматизованих системах, як CoLiTес, значно полегшує роботу астрономів, зменшуючи час, необхідний для аналізу даних, і одночасно підвищуючи ефективність спостережень за об'єктами, що швидко змінюються, такими як комети, астероїди або космічне сміття.

Висновки

У результаті виконаного дослідження було розроблено, теоретично обґрунтовано та експериментально апробовано підхід до обробки цифрових зображень із використанням моделей типової форми об'єктів. Цей підхід виявився ефективним у завданнях автоматизованого виявлення та аналізу протяжних астрономічних об'єктів на зображеннях, отриманих з реальних обсерваторій.

Основна увага у роботі була приділена побудові адаптивних математичних моделей типової форми, які враховують геометричні характеристики об'єктів, змінні умови спостереження, а також спотворення, зумовлені рухом або оптичними ефектами. Запропоновані моделі не лише забезпечують узгодженість з реальними даними, але й демонструють високу точність у порівнянні з традиційними аналітичними методами.

Експериментальна верифікація, проведена на матеріалах з телескопів КОС «Сажень-С», ОМТ-800, АЗТ8 та Takahashi BRC-250M, показала, що використання типових форм дозволяє знизити середньоквадратичне відхилення між експериментальними та модельованими яскравостями пікселів на десятки відсотків. Це свідчить про практичну перевагу емпіричних моделей у реальних умовах спостережень.

Розроблені методи були інтегровані в автоматизовану систему обробки астрономічних зображень CoLiTес [21], що підтвердило їхню функціональність, стабільність та здатність до роботи в режимі реального часу. Система успішно ідентифікує змазані об'єкти, формує типові зображення та забезпечує порівняння з аналітичними моделями, підвищуючи ефективність моніторингу навколоземного простору.

Крім суто астрономічного застосування, моделі типової форми мають потенціал до інтеграції в інші галузі, зокрема біомедицину (наприклад, для аналізу клітинних структур або зображень внутрішніх органів), промислову

візуалізацію (контроль якості на основі повторюваних структур), а також у дистанційному зондуванні Землі (виявлення об'єктів на супутникових знімках).

Загалом, результати дослідження підтверджують доцільність і перспективність використання моделей типової форми як фундаментального підходу в задачах автоматизованої обробки складних цифрових зображень.

Список літератури.

1. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). The astronomical object recognition and its near-zero motion detection in series of images by in situ modeling. 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), 1-4. <https://doi.org/10.1109/iwssip55020.2022.9854475>.
2. Troianskyi, V., Godunova, V., Serebryanskiy, A., Aimanova, G., Franco, L., Marchini, A., Bacci, P., Maestripieri, M., Berezin, D., Ivanova, O., Maigurova, N., Panko, E., Taradii, V., & Khlamov, S. (2024). Optical observations of the potentially hazardous asteroid (4660) Nereus at opposition 2021. *Icarus*, 420, 116146. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.116146>.
3. Vlasenko, V., Khlamov, S., & Savanevych, V. (2024). Devising a procedure for the brightness alignment of astronomical frames background by a high frequency filtration to improve accuracy of the brightness estimation of objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(128), 31-38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301327>.
4. Kudzej, I., Savanevych, V.E., Briukhovetskyi, O.B., Khlamov, S.V., Pohorelov, A.V., Vlasenko, V.P., Dubovský, P.A., & Parimucha, Š. (2024). CoLiTecVS – A new tool for the automated reduction of photometric observations. *Astronomische Nachrichten*, 340(1-3), 68-70. <https://doi.org/10.1002/asna.201913562>.
5. Vlasenko, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Trunova, T., Deineko, Z., & Tabakova, I. (2024). Development of a procedure for fragmenting astronomical frames to accelerate high frequency filtering. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(129), 70-77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306227>.
6. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., Kartashov, V., Trunova, T., & Kolendovska, M. (2024). Machine vision for astronomical images using the modern image processing algorithms implemented in the CoLiTec software. CRC Press eBooks, 269-310. <https://doi.org/10.1201/9781003343783-12>.
7. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Levykin, I., Shvedun, V., & Tabakova, I. (2023). Development of the matched filtration of a blurred digital image using its typical form. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(121), 62-71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273674>.
8. Khlamov, S., Tabakova, Trunova, T., & Deineko, Zh. (2024). Machine vision for astronomical images using the Canny edge detector. *Proceedings of the IX International Conference «Information Technology and Implementation»*, 1-10. <https://ceur-ws.org/Vol-3384>.
9. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Trunova, T., Troianskyi, V., Gerasimenko, R., & Shvedun, V. (2023). Improving the accuracy of identifying objects in digital frames using a procedure of full identification of measurements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(125), 34-41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288940>.
10. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). Statistical modeling for the near-zero apparent motion detection of objects in series of images from data stream. 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 126-129. <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913151>.
11. Dubovský, P. A., Briukhovetskyi, O. B., Khlamov, S. V., Kudzej, I., Parimucha, Š., Pohorelov, A. V., Savanevych, V. E., & Vlasenko, V. P. (2017). FrameSmooth software - new tool for the calibration of astronomical images. *Open European Journal on Variable Stars*, 180, 16. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017OEJV..180...16D/abstract>.

12. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., & Trunova, T. (2023). Big data analysis in astronomy by the Lemur software. *IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo)*, 5-8. <https://doi.org/10.1109/ukrmico61577.2023.10380398>.
13. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., & Trunova, T. (2022). Astronomical knowledge discovery in databases by the CoLiTec software. *12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 583-586. <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913188>.
14. Khlamov, S., Savanevych, V., Trunova, T., Deineko, Z., Vovk, O., & Gerasimenko, R. (2024). Automated data mining of the reference stars from astronomical CCD frames. *8th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems*, 3668, 83-97. <https://doi.org/10.31110/colins/2024-2/007>.
15. Akhmetov, V. S., Khlamov, S. V., Andruk, V. M., & Protsyuk, Y. I. (2018). The catalogues analysis of stars equatorial coordinates and B-magnitude of the FON project. *Odessa Astronomical Publications*, 31, 199-203. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2018.31.144734>.
16. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Trunova, T., Troianskyi, V., Shvedun, V., & Tabakova, I. (2023b). Improving the accuracy of identifying objects in digital frames of one series through the procedure of preliminary identification of measurements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(124), 35-43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286381>.
17. Savanevych, V., Bryukhovetskiy, A., Sokovikova, N., Bezdrovnyy, M., Khlamov, S., Elenin, L., Movsesian, I., & Dihtyar, M. (2014). Automated software for CCD-image processing and detection of small Solar System bodies. *Asteroids, Comets, Meteors*, 470. <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014acm..conf.470S/abstract>.
18. Savanevych, V., Akhmetov, V., Khlamov, S., Dikov, E., Briukhovetskyi, A., Vlasenko, V., Khramtsov, V., & Movsesian, I. (2019). Selection of the reference stars for astrometric reduction of CCD-Frames. *Advances in intelligent systems and computing*, 881-895. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_57.
19. Pohorelov, A. V., Khlamov, S. V., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, A. V., & Vlasenko, V. P. (2016). Virtual observatory and CoLiTec software: modules, features, methods. *Odessa Astronomical Publications*, 29, 136-140. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2016.29.85152>.
20. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., & Tabakova, I. (2022). CoLiTec Virtual Observatory Platform for the Cloud Computing Analysis of Light Curves for the Variable Stars. *IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/picst57299.2022.10238587>.
21. Khlamov, S., Briukhovetskyi, O., Savanevych, V., Trunova, T., & Tabakova, I. (2022). Astronomical Big Data Analysis by the CoLiTec Software. *IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, 391-394. <https://doi.org/10.1109/picst57299.2022.10238543>.

РЕКЛАМА, ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМУНІКАЦІЇ В УМОВАХ КРИЗИ

Голубник Т.С.

к.т.н., доцент, кафедра «Мультимедійних технологій»
ІПМТ НУ «Львівська політехніка»

***Анотація.** У роботі проаналізовано які заходи застосовувались в країнах під час кризи зі сторони реклами. Виокремлено та сформовано рекомендації впливу на споживача у країнах кризи. Продемонстровано типи медіа, які доцільно використовувати для стійкості і стабільності суспільства в умовах кризи.*

***Ключові слова:** НАЦІОНАЛЬНА СТІЙКІСТЬ, РЕКЛАМА, КРИЗА, ВІЙНА, ПАНДЕМІЯ, КОМУНІКАЦІЯ, ПОВЕДІНКА СПОЖИВАЧІВ, ПРОПАГАНДА, СУСПІЛЬНА ЗГУРТОВАНІСТЬ, ЄДНІСТЬ, СОЛІДАРНІСТЬ.*

Вступ

Тема ролі реклами у формуванні національної стійкості є актуальною, оскільки реклама є потужним інструментом комунікації, що впливає на суспільну думку та поведінку. Під час національних криз, таких як війни чи пандемії, реклама набуває особливого значення. Вона може використовуватися не лише для підтримки економічної діяльності, але й для зміцнення національної стійкості шляхом сприяння суспільній згуртованості, підтримки морального духу та надання важливої інформації. Досвід України під час війни та міжнародні приклади реагування на пандемію COVID-19 демонструють важливість ефективної комунікації для об'єднання нації та зміцнення її здатності протистояти викликам [1, 2].

Мета і задачі дослідження

Здійснити аналіз рекламних кампаній, які заходи проводилися в країнах під час криз та сформувати, відносно тематики, для якої аудиторії та які засоби медіа використовувались. Виокремити рекомендації в умовах кризи та сформувати їх наглядно. Схематично представити вплив рекомендацій на споживача. Продемонструвати типи медіа в умовах кризи.

Основна частина

Національна стійкість є складним і багатогранним поняттям, яке охоплює здатність суспільства, спільноти чи системи протистояти, поглинати, пристосовуватися, трансформуватися та відновлюватися після впливу небезпек або криз. У контексті соціальних наук та психології національна стійкість

розглядається як динамічний процес, що включає адаптацію, навчання та самоорганізацію перед значними викликами, які загрожують функціонуванню, життєздатності чи розвитку системи. Це також визначається як здатність підтримувати стабільну траєкторію здорового функціонування після надзвичайно несприятливої події. Національна стійкість вимагає зусиль усього суспільства, об'єднуючи окремих осіб, організації та всі рівні влади для зміцнення соціальних, економічних, екологічних, житлових, інфраструктурних та інституційних систем. Ключові принципи включають адаптивність, захист, співпрацю, стійкість та довговічність, а також розуміння того, що всі люди та спільноти є ключовими учасниками у побудові стійкості.

Реклама, як потужний інструмент комунікації, відіграє значну роль у формуванні суспільної думки та поведінки навіть у мирний час. Вона не лише інформує споживачів про товари та послуги, але й впливає на їхні сприйняття, ставлення та рішення про покупку. Реклама створює обізнаність про продукти, поширює інформацію про їхні переваги та особливості, а також апелює до емоцій споживачів, формуючи зв'язок між брендом та споживачем. Ефективна реклама часто використовує емоційні звернення, такі як щастя, страх чи хвилювання, щоб залишити тривале враження та побудувати лояльність до бренду. Однак реклама також може мати негативні наслідки, включаючи просування шкідливих продуктів, увічнення стереотипів, спричинення нереалістичних очікувань та сприяння надмірному споживанню. Психологічний вплив реклами може бути значним, впливаючи не лише на те, що сприймається, але й на сам процес сприйняття, іноді заохочуючи спрощене мислення через емоційні маніпуляції [3, 4].

Під час національних криз, таких як війни чи пандемії, реклама стає основним інструментом донесення інформації до споживача. Розглянемо приклади рекламних кампаній, які проводилися під час таких криз в Україні та інших країнах (табл. 1).

Таблиця 1 – Приклади рекламних кампаній в умовах кризи

Криза	Країна	Назва кампанії (якщо є)	Ключове повідомлення /Тема	Цільова аудиторія	Використані медіа	Посилання на джерело
Війна (2022)	Україна	Be Brave Like Ukraine	Глобальна солідарність, сміливість українців	Світова спільнота	Білборди, цифрові екрани, соціальні мережі, PR	5
Війна (2022)	Україна	PR Army of Ukraine	Героїзм, опір, потреба в допомозі	Міжнародна спільнота	Соціальні мережі	6
Війна (2022)	Україна	War is closer than it seems.	Заклик до допомоги та підтримки України	Європа, інші країни	Друкована реклама	7

Продовження таблиці 1

Криза	Країна	Назва кампанії (якщо є)	Ключове повідомлення /Тема	Цільова аудиторія	Використані медіа	Посилання на джерело
Пандемія (2020-2021)	Україна	Art of Quarantine	Заохочення дотримання карантинних заходів	Населення України	Цифрові медіа	8
Пандемія (2020-2021)	Україна	COVID-Free Tomorrow	Інформування про ризики COVID-19, вакцинація	Населення України	ТБ, радіо, соціальні мережі, зовнішня реклама	9
Пандемія (2021-2022)	Саудівська Аравія	Take the step, Complete it,...	Просування вакцинації від COVID-19	Усі вікові групи	Соціальні мережі, відеоролики	10
Пандемія (2020)	США	Stay Home of the Whopper	Заохочення залишатися вдома, підтримка бізнесу	Споживачі Burger King	Соціальні мережі	11
Пандемія (2020)	США	For the Human Race	Подяка працівникам критичної інфраструктури	Широка аудиторія	Серія рекламних роликів	11
Пандемія (2020)	США	Thank You for Not Riding	Заклик до обмеження поїздок заради безпеки	Користувачі Uber	Рекламний ролик	11
Пандемія (2020)	Канада	The Art of Waiting	Підтримка позитивного настрою під час очікування	Гості готелю Banff Springs	Відеоконтент	12
Пандемія (2020)	Глобально	#RewindKia	Пропаганда соціального дистанціювання	Широка аудиторія	Відеореклама	13
Пандемія (2020)	Глобально	With Love, Jack	Підтримка соціальних зв'язків на відстані	Шанувальники Jack Daniel's	Відеоролик, створений з контенту користувачів	13
Пандемія (2020)	Глобально	We're Never Lost if We Can Find Each Other	Підтримка зв'язку між людьми під час пандемії	Користувачі Facebook	Відеоролик	14
Пандемія (2021)	Квебек, Канада	-	Заохочення внутрішнього туризму	Канадці	Оmnіканальна кампанія	15

Для створення ефективних та етичних рекламних кампаній, спрямованих на формування національної стійкості під час криз, необхідно дотримуватися певних найкращих практик. Вони визначені, на жаль, із досвіду пережитих країнами криз, які в свою чергу сприяли прийняттю визначених стратегій та шляху розв'язання важких ситуацій, яке пережило то чи інше суспільство. Важливо враховувати ці практики і рекомендації на благо людям в умовах кризи та досягненню стабільності та спокою у державі. По-перше, повідомлення мають бути чіткими, послідовними та легко зрозумілими.

По-друге, кампанії повинні бути автентичними, відображати реальні переживання людей та демонструвати емпатію.

По-третє, важливо зосередитися на єдності та солідарності, підкреслюючи спільну національну ідентичність та цінності.

По-четверте, слід транслювати надію та віру у відновлення, підкреслюючи силу та адаптивність нації.

По-п'яте, необхідно надавати чіткі та практичні вказівки щодо того, як громадяни можуть сприяти національній стійкості.

По-шосте, слід активно протидіяти поширенню дезінформації, надаючи точну та своєчасну інформацію.

По-сьоме, слід використовувати різноманітні медіаканали для ефективного охоплення різних сегментів населення.

По-восьме, необхідно враховувати культурні особливості та цінності цільової аудиторії.

По-дев'яте, слід забезпечити прозорість та чесність у комунікації, розкриваючи цілі та фінансування кампаній.

І, нарешті, етичні міркування повинні бути пріоритетом, слід уникати маніпуляцій, надмірного використання закликів до страху та просування шкідливих ідеологій чи розколу. Усі вище перераховані категорії найкращої практики із вказаними конкретними рекомендаціями та обґрунтування вносимо у таблицю 2.

Враховуючи рекомендації в умовах кризи можна уникнути хаосу в суспільстві та досягти стабільності та спокою людей, які почувши інформацію починають відчувати себе у безпеці. Саме така поведінка людей сприяє зміцненню довіри та оптимізму.

На основі виокремлених рекомендацій в умовах кризи представимо схематично умови сприйняття та реакцію аудиторії (рис. 1). Зрозуміло що в умовах кризи використовуються усі можливі комунікації кризи.

Самі медіа складаються з незліченної кількості різних платформ і постійно змінюються. Деякі форми соціальних медіа – це блоги, мікроблоги, форуми, платформи для обміну фотографіями та відео, вікі, соціальні закладки та соціальні мережі. Найпомітніші сервіси включають вищезгадані сервіси та платформи, такі як YouTube, WordPress, Instagram, LinkedIn та Snapchat.

Таблиця 2 – Категорії та рекомендації в умовах кризи

Категорія найкращої практики	Конкретна рекомендація	Посилання на джерело	Обґрунтування
Обмін повідомленнями	Розробка простих, чітких і послідовних повідомлень	16	Забезпечує легке розуміння та запам'ятовування ключової інформації.
Автентичність та емпатія	Кампанії повинні відображати реальні переживання та емоції	14	Сприяє встановленню довіри та резонансу з аудиторією.
Єдність та солідарність	Підкреслення спільної національної ідентичності та цінностей	5	Зміцнює соціальні зв'язки та заохочує колективні дії.
Надія та стійкість	Трансляція позитивних повідомлень про відновлення	17	Підтримує оптимізм та віру у майбутнє.
Практичні вказівки	Надання чітких інструкцій щодо дій громадян	18	Дозволяє людям відчувати себе причетними та корисними.
Протидія дезінформації	Активна боротьба з неправдивою інформацією	9	Забезпечує доступ до достовірної інформації та запобігає паніці.
Використання медіаканалів	Застосування різноманітних платформ для охоплення аудиторії	19	Максимізує охоплення та залучення різних демографічних груп.
Культурна чутливість	Адаптація повідомлень до культурного контексту	20	Підвищує релевантність та сприйняття кампанії.
Прозорість та чесність	Забезпечення точності інформації та відкритості	21	Зміцнює довіру до комунікації.
Етичні міркування	Уникнення маніпуляцій та шкідливих ідеологій	22	Забезпечує відповідальне використання комунікації та захист добробуту населення.

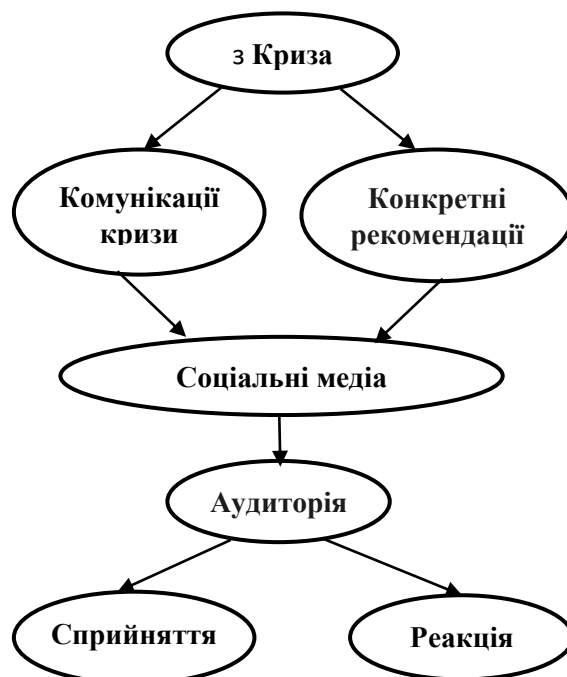


Рисунок 1 – Схема впливу на аудиторію в умовах кризи

Соціальні медіа – це цифрові інструменти та додатки, що сприяють інтерактивному спілкуванню та обміну контентом між аудиторіями та організаціями». Вони також характеризуються тим, що кожен має можливість створювати контент. На відміну від традиційних медіа, споживачі інформації також можуть одночасно стати джерелами інформації.

Зовнішні мережі можна використовувати в кризовій комунікації «для інформування громадськості про ризики, заохочення до видимої підтримки організації чи справи та створення майданчика для відкритого діалогу онлайн». Соціальні мережі полегшують початок дискусії під час кризи, і це може зменшити збитки. Крім того, це часто найсвоєчасніша платформа для кризової комунікації з широким охопленням.

Соціальні мережі дозволяють організаціям реагувати більш оперативно та краще взаємодіяти зі своїми зацікавленими сторонами як під час кризи, так і поза кризовими ситуаціями. Це можна розглядати як можливість, так і як виклик, оскільки кризи мають тенденцію розвиватися швидше та приймати менш передбачувані повороти в Інтернеті. Однак це не може бути причиною для того, щоб організація трималася осторонь від соціальних мереж, оскільки кризи продовжуватимуть розвиватися в соціальних мережах, незалежно від того, чи присутня там організація, оскільки саме там знаходиться багато зацікавлених сторін.

Дослідження показують, що існує кілька ключових причин, чому люди використовують соціальні мережі під час криз. Перші дві причини полягають у тому, що люди використовують соціальні мережі, щоб зв'язатися з людьми, яких вони знають, та отримати інсайдерську інформацію. Традиційні медіа, з іншого боку, використовуються для пошуку загальної інформації про ситуацію. Виходячи з цього, можна стверджувати, що організації повинні прагнути надавати певну додаткову цінність своїм обліковим записам у соціальних мережах порівняно з традиційними медіа, оскільки таким чином вони можуть задовольнити потребу людей в інсайдерській інформації та залучити їх до підписки на свої облікові записи.

Аудиторія більше використовує соціальні мережі під час криз, оскільки вважає, що інформація в соціальних мережах нефільтрована та актуальна, де кожен може виражати своє «мовлення». Однак можна стверджувати, що немає інформації, яка не є нефільтрованою, навіть якщо вона не надходить із засобів масової інформації. Інформація завжди фільтрується, тому що вона створюється людьми. Тому такі фактори, як їхнє особисте бачення ситуації, впливають на те, що вони створюють, свідомо чи ні. Вони також стверджують, що ще однією причиною збільшення використання соціальних мереж є те, що вони надають інформацію, яку неможливо знайти в іншому місці.

Користувачі блогів називають блоги своїм найнадійнішим джерелом інформації, а також сприймають блог тим більш достовірним, чим більше вони його читають. Це цікаво, оскільки те саме може бути вірним і для інших каналів соціальних мереж, таких як Facebook та Twitter. Таким чином, чим більше людей стикаються з певною сторінкою чи автором, тим більша ймовірність того, що

вони їм повірять. Це можна розглядати як ще одну причину для організацій бути активними в соціальних мережах ще до кризи.

З перерахованих вище оглядів можна підсумувати що в умовах кризи актуальними засобами рекламної комунікації є: друковані ЗМІ, Інтернет, мовлення із закликом та друковані малоформатні буклети чи листівки та зовнішні медіа. Ці інструменти є потужними, які напряду досягають споживача та візуальне сприйняття їх закарбовується в пам'яті. В умовах кризи ці типи медіа в умовних одиницях та у відсотковому значенні мають представлені пропорції, як представлено на рис. 2.

Зрозуміло, що в умовах кризи залучають комунікації, які легко доступні аудиторії, а саме: мовлення, друковані ЗМІ, Інтернет та зовнішня реклама. У підсумку представимо це наглядно (рис. 2).

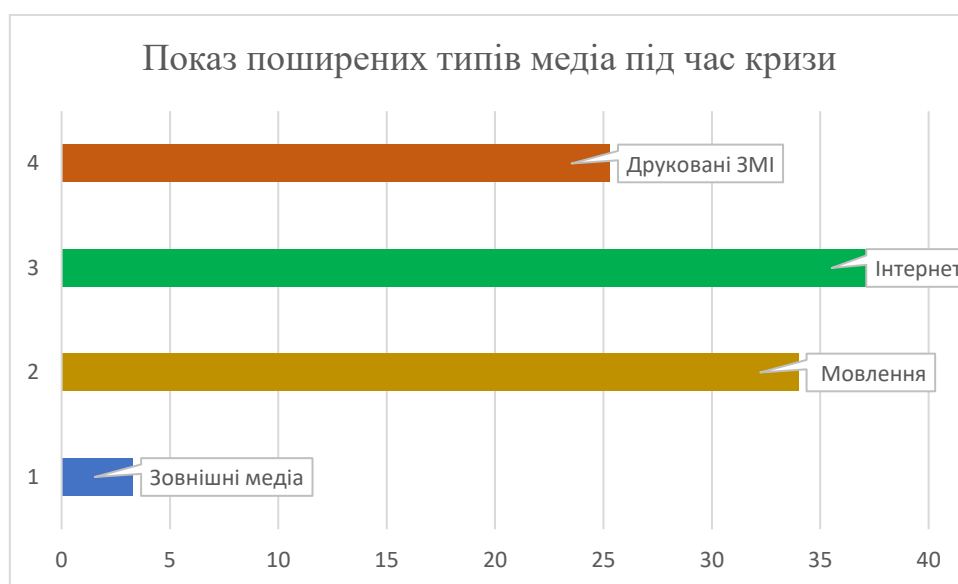


Рисунок 2 – Типи медіа в умовах кризи

Як видно що найбільший вплив має Інтернет, хоча необхідно врахувати що під час війни не завжди всюди є доступний зв'язок. Часто у відірваній території через гучномовець інформатора людина може почути інформацію однієї із сторін і розуміти ситуацію. Обізнаність людей забезпечує позитивний вплив на оточуючих і тим самим підтримує стабільність суспільства в цілому.

Результати досліджень

Проведено аналіз рекламних кампаній, які проводилися в Україні та країнах під час криз та сформовано відносно тематики для якої аудиторії та які засоби медіа використовувались. Виокремлено рекомендації в умовах кризи та сформовано їх у вигляді таблиці. Схематично представлено вплив рекомендацій на споживача в умовах кризи. Проаналізовано та продемонстровано типи медіа, які найбільш доцільні у суспільстві для використання стратегії, яка сприяє порядку і спокою у державі.

Висновки

Реклама відіграє важливу роль у формуванні та підтримці національної стійкості під час криз. Стратегічно розроблені та етично обґрунтовані рекламні кампанії можуть сприяти суспільній згуртованості, підтримувати моральний дух та надавати громадянам необхідну інформацію та мотивацію для подолання труднощів. Досвід України під час війни та міжнародні приклади реагування на пандемію COVID-19 демонструють, як ефективна комунікація може об'єднати націю та зміцнити її здатність протистояти викликам та загрозам.

У майбутніх дослідженнях варто зосередитися на довгостроковому впливі кризової реклами на національну стійкість та порівняльному аналізі різних комунікаційних стратегій у різних культурних контекстах. Для практичного застосування важливим є постійний моніторинг та оцінка ефективності рекламних кампаній під час криз для забезпечення їхньої адаптивності та результативності.

Список літератури.

1. Advertising as a communication tool in crisis conditions. The Ad World Responds to Ukraine. Extreme Reach. <https://www.xr.global/blog/the-ad-world-responds-to-ukraine>.
2. Understanding Resilience: A Social Perspective (Part 1) | Global Council for Science and the Environment (GCSE). <https://www.gcseglobal.org/gcse-essays/understanding-resilience-social-perspective-part-1>.
3. Resilience Theory: A Summary of the Research. Positive Psychology. <https://positivepsychology.com/resilience-theory/>
4. Resilience definitions, theory, and challenges: interdisciplinary... <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4185134/>
5. The Ad World Responds to Ukraine. Extreme Reach. <https://www.xr.global/blog/the-ad-world-responds-to-ukraine>.
6. Ukrainian propaganda during Russian invasion of Ukraine. https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian_propaganda_during_Russian_invasion_of_Ukraine.
7. Ukraine: War is closer, than it seems. Ads of the World™ | Part of The Clio Network. <https://www.adsoftheworld.com/campaigns/war-is-closer-than-it-seems>.
8. MCPU: #ArtOfQuarantine • Ads of the World™ | Part of The Clio Network. <https://www.adsoftheworld.com/campaigns/artofquarantine>.
9. COVID-Free Tomorrow campaign catalyzes action in Ukraine. Resolve to Save Lives. <https://resolvetosavelives.org/about/success-stories/covid-free-tomorrow-campaign-catalyzes-action-in-ukraine/>.
10. Mobilizing a Kingdom During a Pandemic: The Health Marketing Campaigns Applied by the Saudi Ministry of Health to Promote (COVID-19) Vaccine Confidence and Uptake. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10919942/>.
11. 7 Brands That Successfully Adapted Their Advertising for COVID-19. National Positions. <https://nationalpositions.com/7-brands-that-successfully-adapted-their-advertising-for-covid-19/>.
12. 5 Inspiring Covid-19 Marketing Campaigns. <https://digitalmarketinginstitute.com/blog/5-inspiring-covid-19-marketing-campaigns>.
13. 10 Super Creative Brand Campaigns During COVID-19. Clootrack, <https://www.clootrack.com/blogs/10-super-creative-brand-campaigns-during-covid-19>.
14. 10 COVID-19 Ad Campaigns That Capture Life During a Global Pandemic. FUEL. <https://www.fuelforbrands.com/article/10-covid-19-ad-campaigns-that-capture-life-during-a-global-pandemic/>.

15. The Interplay between Advertising and Society: An Historical Analysis. ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/344545501_The_Interplay_between_Advertising_and_Society_An_Historical_Analysis.
16. Impact of Advertising on Consumer Behavior and Market Trends. Longdom Publishing SL. <https://www.longdom.org/open-access/impact-of-advertising-on-consumer-behavior-and-market-trends-1101144.html>.
17. Understanding Societal Resilience – Cross-Sectional Study in Eight Countries. PMC. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9010723/>.
18. How advertisers are raising the industry in a country at war. MRKTNG. <https://www.mrktng.fi/blogi/how-advertisers-are-raising-the-industry-in-a-country-at-war/>.
19. COVID-Free Tomorrow campaign catalyzes action in Ukraine. Resolve to Save Lives. <https://resolvetosavelives.org/about/success-stories/covid-free-tomorrow-campaign-catalyzes-action-in-ukraine/>.
20. Propaganda of World War I and Power of Influence. Best Diplomats. <https://bestdiplomats.org/propaganda-of-world-war-i/>.
21. Domestic Propaganda in Wartime - War 1939-1945: War | State of Deception: The Power of Nazi Propaganda. <https://exhibitions.ushmm.org/propaganda/1939-1945-war/deceiving-the-public-the-invasion-of-poland>
22. How Does Advertising Affect Mental Health? Adfree Cities. <https://adfreecities.org.uk/what-we-do/advertising-mental-health/>.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Дубневич М.М.

к.т.н., доцент кафедри мультимедійних технологій, ПІМТ
НУ «Львівська Політехніка»

Сельменська З.М.

к.т.н., доцент кафедри мультимедійних технологій, ПІМТ
НУ «Львівська Політехніка»

***Анотація.** Багато з показників якості поліграфічної репродукції закладаються на додрукарському етапі опрацювання інформаційного змісту образотворчих оригіналів. Проведення об'єктивного вхідного та операційного контролю якості забезпечує отримання якісного продукту. У статті сформульовано чіткий перелік показників якості цифрового фотозображення та представлено розроблену авторами методику їх оцінювання.*

***Ключові слова:** ЦИФРОВА ФОТОГРАФІЯ, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ, ЯСКРАВИСТЬ, ГРАДАЦІЙНИЙ ЗМІСТ, КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ, СТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЦИФРОВИЙ ШУМ, РІЗКІСТЬ, КОНТРАСТ.*

Вступ

На тлі постійного удосконалення техніки та програмного забезпечення зростають і вимоги до видавничої та поліграфічної продукції. Якість продукції, зокрема поліграфічної, є визначальною умовою конкурентоздатності на внутрішньому та зовнішньому ринках. Високий рівень сучасної поліграфічної техніки, новітні технології, широкий асортимент поліграфічних матеріалів вимагають запровадження на виробництві комплексних систем контролю якості виконання технологічних операцій та готової продукції, систем автоматизованого управління процесом забезпечення якості на етапах додрукарського, друкарського та післядрукарського виробництва з використанням відповідного програмного забезпечення.

Нормативні вимоги до якості поліграфічної продукції встановлюються через призму особливостей зорового сприйняття інформації споживачем, з урахуванням особливостей мислення людини та здатності запам'ятовувати необхідну інформацію. Поліграфічну продукцію характеризують особливі риси, пов'язані з властивостями засобів масової комунікації, їх широкою номенклатурою та різноплановим призначенням, оскільки частина поліграфічних виробів безпосередньо споживається покупцем (книга, журнал, газета та ін.), а решта використовується у виробництві іншої продукції і приходить до споживача як супровід основного продукту (пакування, етикетка та ін.).

Кольорове тонове зображення на даному етапі розвитку цифрової техніки та поліграфічної технології задіяне у технологічному ланцюзі підготовки видання

до друку і як образотворчий оригінал, і як результат першого етапу опрацювання інформації з півтонового образотворчого оригіналу у матеріальній формі, тобто сканування. Але переважно отримані фотозображення потребують значного доопрацювання якісних характеристик у графічних редакторах та інших програмних продуктах. Додатково ускладнює процес постфотографічного опрацювання відсутність стандартної процедури об'єктивного оцінювання якості цифрового фотозображення, а перелік та гранично допустимі значення показників якості не регламентуються жодним нормативним документом. Міжнародні стандарти ISO нормують лише певний перелік технічних показників якості засобів реєстрації, але не описують методику оцінювання та показники якості цифрових фотозображень. Зокрема, стандарт ISO 12232 [8] визначає, як виробники цифрових камер встановлюють індекс експозиції, значення ISO, рівень вихідного сигналу, способи запису експозиції у метаданих. Ще ряд стандартів ISO стосуються будови, роботи та тестування цифрових фотокамер: вимірювання роздільної здатності (ISO 12233), шуму (ISO 15739), відтворення тону (ISO 14524), затінення (ISO 17957), геометричних спотворення (ISO 17850), хроматичних аберацій (ISO 19084), відблиску зображення (ISO 18844), затримки процесу зйомки (ISO 15781), слабкого освітлення (ISO 19093) і стабілізації зображення (ISO 20954-1), процедури тестування кольірних характеристик (ISO 17321-1) та фотокамер в цілому (ISO/TR 19247) [1-3].

Згідно із українським стандартом ДСТУ 3772-2013 (від 01.07.2014) «Оригінали для поліграфічного відтворення. Загальні технічні вимоги» [14]. для образотворчих оригіналів на матеріальних носіях регламентують наступні групи показників якості: геометричні параметри, структурні характеристики, градаційні та кольірні характеристики. У тексті стандарту наведено граничні значення показників та методика і засоби їх вимірювання для восьми різних типів оригіналів, які класифікують за інформаційним змістом, типом основи носія та кольірністю (рис. 1).

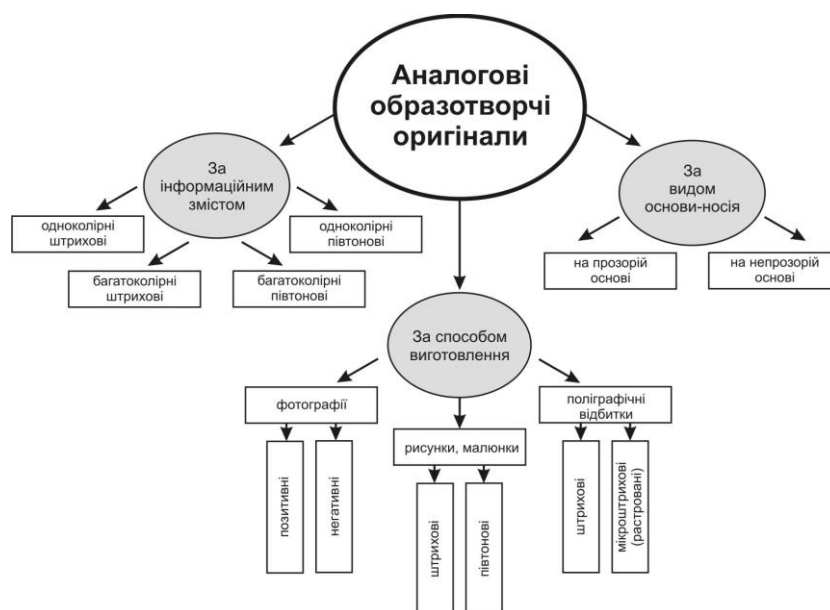


Рисунок 1 – Класифікація образотворчих оригіналів на матеріальній основі

Однак цей стандарт не поширюється на цифрові кольорові фотозображення, а саме цей тип образотворчих оригіналів найчастіше застосовується у видавничому процесі. Оскільки налагодження наскрізного управління якістю на поліграфічних підприємствах неможливе без об'єктивного вхідного контролю образотворчих оригіналів та операційного контролю фотозображень на етапі їх додрукарського опрацювання, тому питання формулювання методики та критеріїв оцінювання цифрового півтонового зображення є важливим.

Мета та задачі дослідження

Аналізуючи інформацію щодо сприйняття людиною візуальної інформації можна узагальнити наступний перелік показників якості цифрового фотографічного зображення: геометричні параметри, структурні характеристики, градаційні та колірні характеристики. Людський мозок особливо критично реагує на недоліки структурних показників зображення [8] (наявність цифрового шуму, зниження різкості та невідтворення дрібних деталей об'єктів). Але градаційні втрати та порушення відтворення кольорів не менш важливі для адекватного сприйняття інформації споживачем (читачем).

Людське око тонко розрізняє насамперед саме градаційні втрати та зміни. Порушення відтворення кольорів не таке критичне для збереження загального колірного контрасту і тонового розрізнення між близькими кольорами, оскільки людський мозок легко до них адаптується та переналагоджує сприйняття та відчуття.

Кольоровідтворення фотозображення при зйомці будь-якою фототехнікою, у тому числі цифровою, залежать від багатьох факторів: розподіл яскравості об'єкта зйомки (здатність відбивати чи поглинати певні зони спектру випромінювання джерела світла), особливості освітлення (потужність та спектральний склад світлового потоку), характеристика оптики (світлосила об'єктиву), правильний вибір експозиції (поєднання витримки та діафрагми), тип і характеристики сепаруючих середовищ (приспосіблення для реєстрування одноколірних компонент складного випромінювання), характеристика світлочутливих сенсорів.

Більшість авторів публікацій, присвячених оцінюванню якісних показників цифрових фотозображень [6, 7, 9], пропонують здійснювати візуальне оцінювання фото глядачем. Але таку методику не можна вважати об'єктивною. Відомо, що такий експертний аналіз можна робити групою кваліфікованих експертів і лише у стандартизованих умовах перегляду [5] (відповідний рівень та спектральний склад освітлення, кут зору і т.д.) та на каліброваних проглядових пристроях. Але і за таких умов реалізації оцінювання показників якості отримані результати є суб'єктивними, оскільки відомо, що лише інструментальні методи оцінювання якості вважаються об'єктивними. Експертний метод визначення значень показників якості продукції

використовують тільки у разі, коли ті або інші показники якості неможливо визначити іншими, більш об'єктивними методами [10].

З огляду на викладене вище авторами статті пропонується укласти унікальну методику оцінювання якісних показників цифрових фотографічних зображень на підставі аналізу об'єктивних даних.

Основна частина

Основними показниками якості цифрового кольорового тонового зображення є: тоновідтворення, колірний баланс (відтворення пам'ятних кольорів та баланс по сірому), відтворення дрібних деталей та чіткість (різкість) зображення, наявність дефектів на зображенні (шумів та ін.).

З метою систематизування усіх чинників впливу на якість цифрового фотозображення було побудовано діаграму причинно-наслідкового зв'язку факторів впливу (рис. 2).

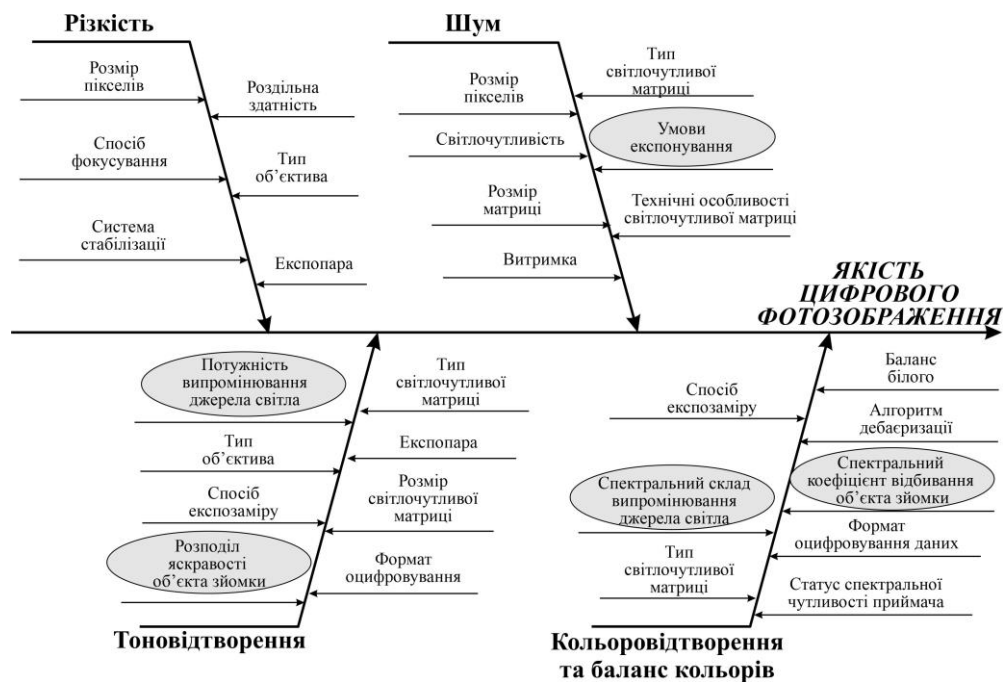


Рисунок 2 – Діаграма причинно-наслідкового зв'язку факторів впливу на якісні показники цифрового фотозображення

Кожен з перелічених показників якості цифрового фотографічного зображення закладається на етапі експонування і залежить від багатьох факторів: світлочутливої матриці та об'єктива фотокамери, програмного її забезпечення, а також зовнішніх чинників (потужність та спектральний склад світлового потоку, коефіцієнт відбивання поверхні об'єкта фотографування та розподіл потужності випромінювання джерела світла від довжини хвилі випромінювання). Більшість цих факторів динамічно змінюються у процесі кожного експонування.

Перелічені вище основні показники якості фактично є комплексними, оскільки кожен з них кількісно описується рядом простих показників.

1. Тоновідтворення на фотозображенні визначається параметрами точок білого та чорного, відтворенням окремих деталей яскравості по усьому тоновому діапазоні, відтворенням тональності сюжетно вагомих об'єктів, загальним контрастом зображення.

2. Кольоровідтворення на фотозображенні визначається показником загального колірному тону зображення, точністю відтворення пам'ятних кольорів, балансом кольорів по нейтральних (ахроматичних) кольорах.

3. Різкість зображення характеризується шириною розмитої зони.

4. Наявність на фотозображенні шумів та ін. артефактів описується у кількісному їх вираженні.

Одним з найбільш критичних для людського сприйняття, показником якості фотографічного зображення є різкість його деталей. Дивлячись на фотографію, що займає лише частину поля зору, читач (глядач) інстинктивно бажає бачити не менш різке зображення, ніж у реальному світі, принаймні у межах деякої опорної області переднього плану. Тому нерізке фото однозначно вважається бракованим за винятком випадків застосування нерізкості як художнього прийому.

Спосіб визначення різкості полягає у вимірюванні ширини розмитої зони. На фотозображеннях у аналоговій формі ширина розмитої зони вимірюється у міліметрах при перегляді у збільшувальне скло з кратністю збільшення, що дорівнює планованому масштабуванню зображення.

На цифровому фотозображенні ця методика не може застосовуватися. Для оцінювання різкості цифрового фотозображення необхідно застосувати програмне забезпечення, що може забезпечити вирішення поставленого завдання.

Одним із способів визначення різкості є використання спеціалізованого програмного забезпечення ImaTest (рис. 3), яке визначає багато характеристик цифрових фотозображень. Зокрема різкість зображення визначається на підставі обчислення функції модульованої передачі сигналу. Однак даний програмний продукт визначає різкість лише тестових фотографічних зображень, що містять спеціальний тест-об'єкт: чорний штрих на білому фоні. Таким чином можна визначити лише різкість, що забезпечує оптика фотоапарата.

Цифрове фотозображення є прикладом растрової графіки, тому складається з певної сукупності пікселів, кількість яких визначається роздільною здатністю світлочутливої матриці фотокамери. Кожен піксель характеризується певним рівнем яскравості та координатами кольору. Об'єктивно кількісно визначити різкість деталей зображення пропонується за шириною розмитої зони у пікселях як ширини граничного переходу між кольоровими полями, у межах якої рівень тону змінюється від 10% до 90% свого кінцевого значення. Чим менше значення ширини переходу, тим вища різкість зображення. При цьому для можливості поліграфічного відтворення фотозображень цей показник повинен узгоджуватися з їх масштабуванням на відбитку відносно вихідних розмірів та відстанню, з якої споживач його розглядає (табл. 1).

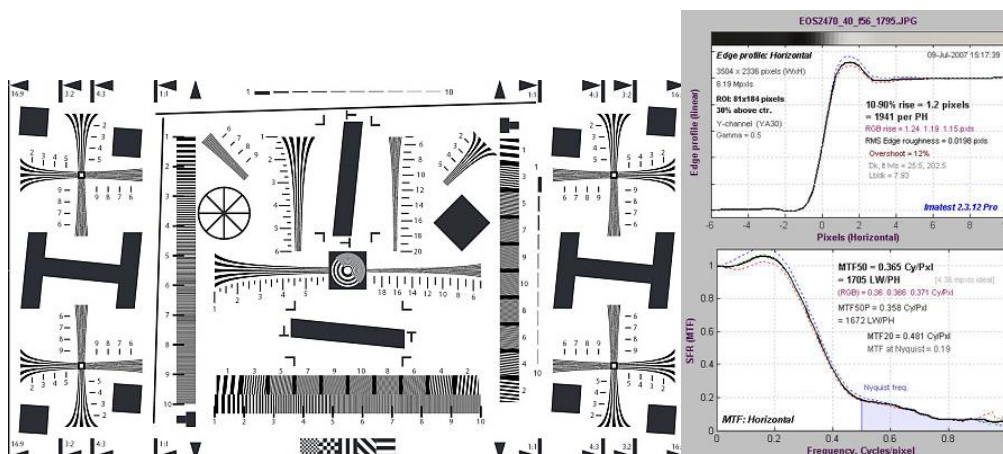


Рисунок 3 – Приклад тест-об'єкта та діалогового вікна для визначення різкості у програмному забезпеченні ImaTest

Таблиця 1 – Допустима ширина розмитої зони (роздільна здатність друку 1200 ppi)

Відстань перегляду, м	Ширина розмитої зони, пікселі
0,25	4,7
0,5	9,4
1	18,9
5	94,5
100	1890

Ще однією важливою структурною характеристикою цифрового фотозображення є наявність цифрового шуму. Шуми у цифровій фотографії – це випадковий хаотичний розподіл кольору пікселів, що не відповідає зареєстрованій світловій інформації. Розрізняють хроматичний і яскравісний шум. Як і різкість рівень шуму можна визначити у згадуваному спеціалізованому програмному забезпеченні ImaTest, однак і у графічному редакторі, наприклад PhotoShop, можна об'єктивно оцінити рівень шумів за параметром Std Dev – «Standard Deviation» (Стандартне відхилення) – палітри «Гістограма».

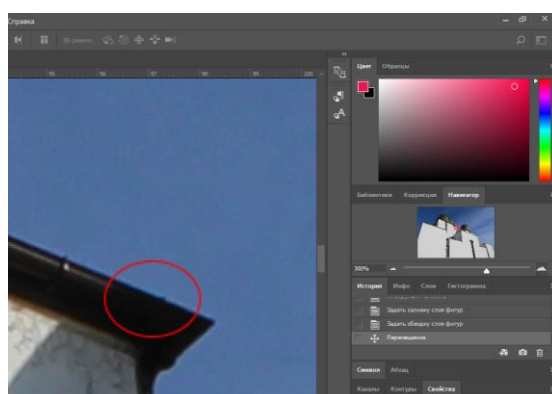


Рисунок 4 – Спосіб визначення різкості у графічному редакторі

Величина стандартного відхилення обчислюється у рівнях яскравості. Для рівномірної заливки тоном Std Dev рівне 0, для ділянки з рівномірним розподілом чорного та білого показник Std Dev визначається як $\frac{255}{2} = 127,5$. Чим менше чисельне значення Std Dev, тим менше шумів (рис. 5).

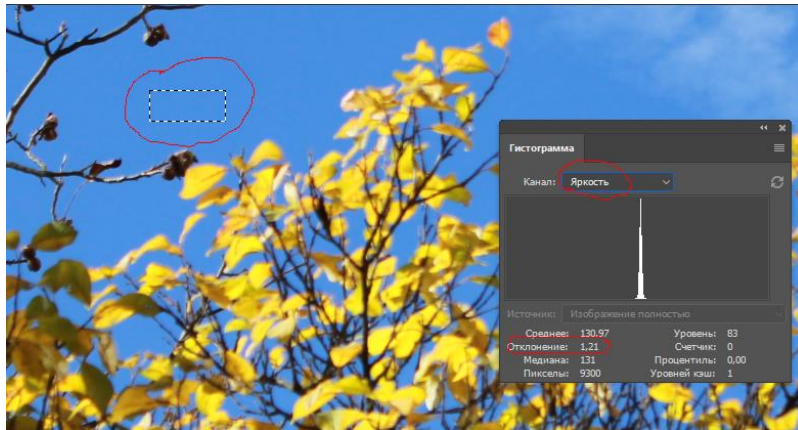


Рисунок 5 – Спосіб оцінювання зашумленості фотозображення у графічному редакторі PhotoShop

Зробити висновок про рівень зашумленості зображення можна за величиною стандартного відхилення: $\text{Std Dev} \leq 3$ ($\text{Std Dev} \leq 5$) – прийнятний, малопомітний оком рівень шуму; $\text{Std Dev} > 3$ у високих яскравостях та півтінях та $\text{Std Dev} > 5$ у тінях – необхідна корекція шумів.

Візуально оцінювати тоновідтворення, як і кольоровідтворення, по монітору у жодному випадку не допустимо. Джерела яскравого світла, до яких відноситься і монітор, спотворюють сприйняття людським оком відносних рівнів яскравості, особливо у діапазоні високих яскравостей. І якщо на моніторі око розрізняє деталі, то у друці ці ділянки з близьким високим значенням яскравості відтворюватимуться суцільною білою плямою, імовірно взагалі як колір основи.

На етапі вхідного контролю відтворення яскравості та кольору фотозображень слід уважно візуально оцінити і вивчити його особливості:

- сюжет (як відображається те, для чого власне і створили дане фотографічне зображення);
- загальний контраст (наявність і відтворення деталей яскравості на темному та світлому фоні);
- колір сюжетно вагомих деталей;
- наявність пам'ятних та ахроматичних кольорів;
- розташування точок чорного та білого.

При оцінюванні тоновідтворення потрібно користуватися єдиним об'єктивним засобом, доступним при роботі з цифровими тоновими зображеннями, – гістограмою – графіком, який відображає статистику розподілу пікселів зображення з кожним із 256 рівнів яскравості. Цей засіб є в усіх програмах-редакторах растрової графіки. Гістограма показує наявність рівнів яскравості, які переважають на зображенні або, навпаки, відсутні; ширину тонового діапазону; загальний контраст зображення; наявність деталей у певних тональних діапазонах.

Перш, ніж виконувати корекцію зображення, слід визначитися з експозицією зображення, тоновідтворенням та наявністю сюжетно вагомих деталей у відповідних тонових діапазонах. Від того, наскільки правильно встановили експозицію при отриманні цифрового чи аналогового

фотозображення, залежить рівень фіксування важливих деталей яскравості на зображенні. Слід наголосити, що не існує доброї чи задовільної гістограми, потрібно вміти читати інформацію, закладену у кожній гістограмі, і робити грамотні висновки у плані наступного виправлення недоліків тоно- та кольоровідтворення. Гістограма – це допоміжний засіб оцінювання тоновідтворення, її характер слід завжди аналізувати паралельно з аналізом семантики фотозображення. Не менш важливою є композиційна побудова фото, оскільки сюжет і композиція визначають підходи до наступного редагування.

За характером тоновідтворення фотографічні цифрові зображення розділяють на три групи.

1. Недоекспоновані (темні) – з частково втраченими деталями яскравості у тіньовому діапазоні. Гістограма таких зображень інформативно насичена у тіньовій ділянці. Зображення цього класу підлягають виправленню у програмах-редакторах.

2. Нормально експоновані (збалансовані), які містять основну інформацію у ділянці півтонів, а отже, основний розподіл тонів у гістограмі зосереджений у центральній її частині.

3. Переекспоновані (світлі), з частково втраченими деталями яскравості у ділянці високих яскравостей. Максимум гістограми при цьому розташований у ділянці високих яскравостей. Такі зображення практично не підлягають виправленню: деталі у діапазоні високих яскравостей просто втрачені і відновити їх неможливо, на відміну від недоекспонованих зображень, на яких деталі все-таки наявні, але погано помітні через низький рівень освітленості.

Однак у кожному випадку зокрема при аналізі тоновідтворення слід враховувати сюжет зображення, оскільки відсутність на гістограмі деталей у діапазоні високих яскравостей не завжди характеризує недоекспоноване зображення, можливо по сюжету у кадр просто не ввійшли світлі об'єкти.

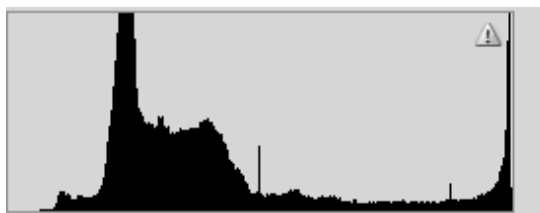
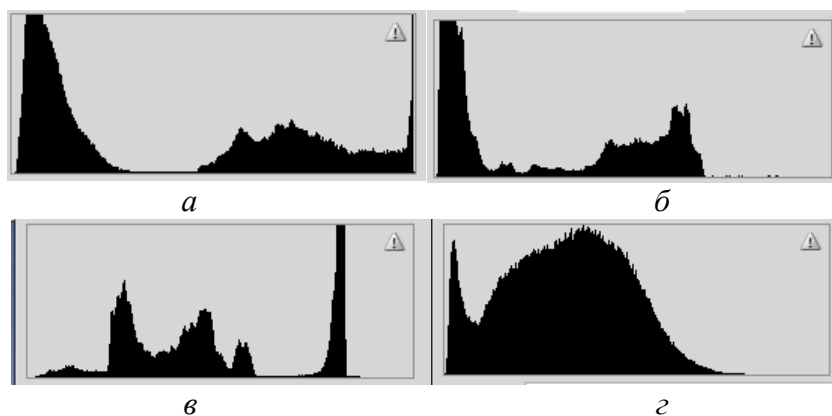


Рисунок 6 – Вигляд гістограми переекспонованого фотозображення

На рис. 6 наведено приклад гістограми переекспонованого фото. Права частина гістограми підходить до межі, тобто є певна кількість пікселів з максимальною яскравістю, що підтверджують дані з палітри Info - максимальні значення компонент RGB. Це означає, що на зображенні наявні ділянки абсолютно білого кольору, на яких при виведенні на матеріальний носій не буде жодного растрового елемента. Таке фотозображення не підлягає корекції у редакторі растрової графіки, при умові запису даних у форматі JPEG. Відновлення деталей яскравості на переекспонованих фото можливе лише при умові запису даних у формат RAW.



- а - вузький динамічний діапазон матриці – одночасно у зображенні присутні і дуже світлі і дуже темні ділянки, втрачено високі яскравості*
б - недоекспоноване фото (максимум зсунутий вліво), малий діапазон тональностей
в - фото у світлій тональності, найяскравіші ділянки відтворені допустимими рівнями яскравості – 201-203 (у СМУК приблизно по 20% усіх фарб)
г - фото у темній тональності

Рисунок 7 – Приклад гістограм фотозображень, отриманих з різними експозиційними умовами

Для об'єктивного визначення тонового характеру зображення необхідно знайти максимум його гістограми. Якщо положення точки максимуму зміщено у бік тіней, то ми маємо справу з темним зображенням, якщо у бік високих яскравостей – зі світлим, якщо яскраво вираженого зсуву немає – з середнім по тону. Положення точки максимуму можна шукати як на око, так і по обчисленому параметру гістограми Mean – середньому значенню яскравості. Якщо воно менше 100, то зображення темне, якщо більше 150 – світле. Звичайно, не можна сліпо покладатися на вказані рекомендації, але в 95% випадків цього достатньо, щоб точно визначити тоновий характер і зробити відповідні висновки, наприклад, про необхідну корекцію.

Практично усі півтонові оригінали мають діапазон яскравостей ширший, ніж динамічний діапазон техніки для оцифровування. Тому неминучою є часткова втрата деталей яскравості у результаті стискування тонового діапазону. Однак і офсетний спосіб друку теж не дозволяє відтворити надто широкий тоновий діапазон, наприклад, кольорових діапозитивних оригіналів (слайдів), тому процедури стискування тонового діапазону не уникнути.

Ще одним важливим показником якості фотозображення, цифрового зокрема, є його контраст. Оцінити загальний контраст зображення можна знову ж по гістограмі. За визначенням, контраст фотозображення – це різниця у яскравості найсвітлішої та найтемнішої ділянок. Відповідно на гістограмі це відобразатиметься двома максимумами – у ділянках високої та низької яскравості. Розмір та положення максимумів визначатимуть тип фотозображення за контрастом.

Таким чином, за контрастом зображення поділяють на наступні.

1. Зображення з посиленням контрастом – на гістограмі наявні максимуми у ділянці тіней та високих яскравостей (рис. 8, а).

2. Зображення з помірним контрастом – на гістограмі максимум знаходиться у центральній частині (переважають півтони), а діапазон тіней та високих яскравостей мало насичений деталями яскравості (рис. 8, б).

3. Малоконтрастне зображення, втрачені деталі у високих яскравостях (рис. 8, в)

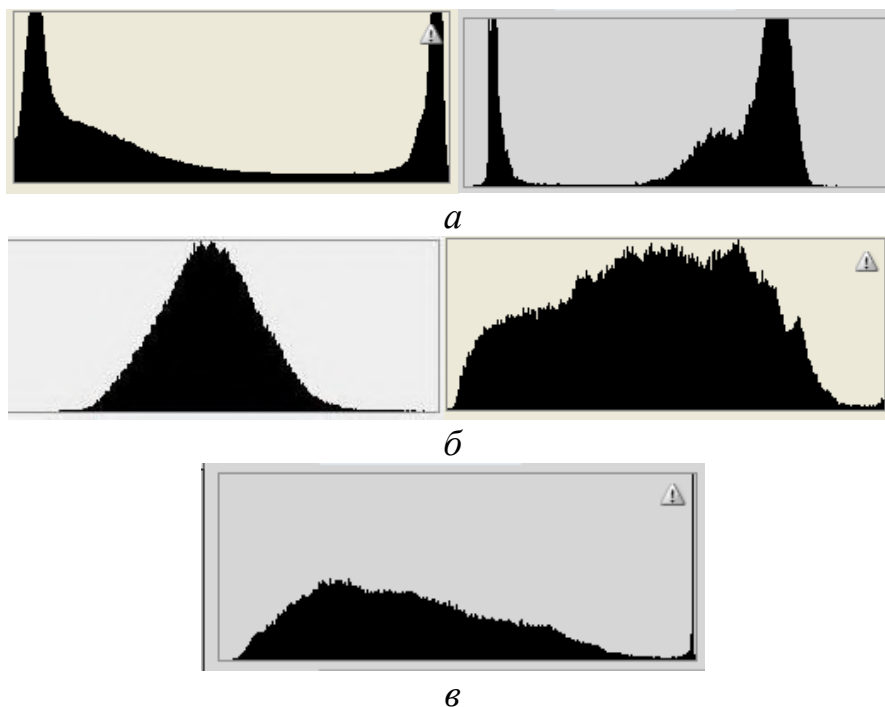


Рисунок 8 – Приклади гістограм фотозображень з різним контрастом

При аналізі та наступній корекції контрасту зображення обов’язково слід враховувати зміст (сюжет) фотографії. Так, портрет потребує зниженого контрасту і тому після аналізу по гістограмі не потрібно його надмірно підвищувати. І навпаки, фото архітектури або зображення з великою кількістю фактурних деталей потребує посилення загального чи локального контрасту. Таким чином, виявлення певного рівня контрасту не завжди визначається як недолік цифрового фотозображення.

Найкращим по тоновідтворенню вважається зображення, у якому наявні усі складові тонового діапазону з незначним максимумом у ділянках високих та низьких яскравостей. У цьому випадку зображення є тонально насиченим, із загальним контрастом та відтворенням деталей у всьому тоновому діапазоні.

Ще одним важливим етапом оцінювання якісних характеристик зображення є визначення параметрів точки максимальної та мінімальної яскравостей – т. зв. точок білого та чорного відповідно. Точка найвищої яскравості на зображенні (точка білого) не повинна відповідати 255 рівням яскравості у системі RGB, оскільки у цьому випадку така ділянка на поліграфічному відбитку відтворюватиметься кольором основи – повністю незадрукованою ділянкою. При поліграфічному відтворенні рівнем білого приймають такий процент фарбового покриття, який гарантовано відтворюється даним способом друку. Зокрема, для високоякісного офсетного друку на крейдованих сортах паперу яскравість білої

точки повинна знаходитися у діапазоні 245 рівнів яскравості у системі RGB або у системі СМΥК: 5% голубої, по 3% пурпурної та жовтої фарб та 0% чорної. Для друку на газетних сортах паперу вміст кольорових фарб повинен знаходитися у межах 6-8%. У будь-якому випадку рівень яскравості у кожному з каналів не повинен перевищувати 245 рівнів яскравості, у протилежному випадку втраяться деталі у діапазоні високих яскравостей і на зображенні просвічуватиме колір основи. Також не допускається формування точки найнижчої яскравості абсолютно чорним кольором. Це пов'язано з обмеженням кількості фарби, що дозволяється наносити на відбиток: сумарна кількість фарби повинна не перевищувати 320-350% у системі СМΥК. Таким чином, значення точки чорного у системі СМΥК по кожній з фарб повинно становити не більше 85-98%.

Аналіз кольоровідтворення - найскладніший етап оцінювання якості цифрового фотозображення, оскільки важко визначитися, чи наявне в принципі спотворення кольорів. Існує декілька критеріїв точності оцінювання кольоровідтворення (згідно Н.Д. Ньюберга): фізична точність – точність за спектральним складом випромінювання від окремих ділянок зображення; фізіологічна (колориметрична) точність – людське око сприймає деякі окремі ділянки зображення однаковими за колірним тоном; психологічна точність – це точність кольоровідтворення на зображенні вцілому, а не на окремих його ділянках.

Оцінювати кольоровідтворення найлегше за нейтральними кольорами. Найпростіше це було би виконувати по ахроматичній шкалі, при її наявності у кадрі. Однак ввести такий тест-об'єкт можна лише на етапі сканування, тоді по ньому можливо виявити недоліки кольоровідтворення, які виникають саме на цьому етапі. Але і при таких ідеальних умовах залишається невирішеним завдання аналізу кольоровідтворення, оскільки сам оригінал у аналоговій формі може бути розбалансованим по кольорах, хоча згідно з вимогами нормативних документів фотооригінали з помітним розбалансуванням кольоровідтворення не повинні надходити до репродукування. Ще важче оцінити кольоровідтворення і виявити його недоліки при аналізі фотозображень у цифровій формі, отриманих цифровою фототехнікою, оскільки ввести у кадр нейтрально сірий тест-об'єкт у більшості випадків просто неможливо. У цьому випадку слід повністю покладатися на аналіз самого зображення при допомозі засобів, інтегрованих у графічних редакторах.

Як і при аналізуванні тоновідтворення, слід керуватися чисельними даними по палітрі Info та сюжетом самого зображення. Оцінювати кольори «на око» візуально по монітору у жодному випадку не можна, оскільки навіть калібровані видавничі системи з часом втрачають виставлені налаштування, також на сприйняття кольорів оператором впливають колір стін, забарвлене світло нестандартизованих джерел світла у приміщенні, випадкові сонячні та світлові рефлекси від блискучих поверхонь стін та меблів. Усі перелічені фактори вносять спотворення у сприйняття кольорів людиною.

Аналогічно слід враховувати не лише сухі чисельні дані, відображенні на палітрі Info. Наприклад, якщо на фото зображено захід сонця, то домінуючий червоно-оранжевий відтінок не можна вважати спотворенням кольоровідтворення.

Вимоги до кольоровідтворення прямо залежать від семантики оригіналу (рис. 9). Спочатку слід визначитися з сюжетно вагомих об'єктом фотозображення, так званим композиційним центром або фокус-точкою. На зображенні пам'ятні кольори можуть бути наявними або ні, а сюжетно вагомий об'єкт у свою чергу може містити пам'ятні кольори, частково бути забарвленим у пам'ятні кольори або зовсім не містити пам'ятних кольорів. У відповідності до результатів цього аналізу приймається рішення про критерії точності оцінювання кольоровідтворення.

При поліграфічному репродукуванні у першу чергу необхідно забезпечити відтворення у межах допусків психологічної точності саме кольорів сюжетно-вагомих об'єктів, оскільки власне ці об'єкти найбільше впливають на формування зорового сприйняття усього зображення в цілому.

Оцінювати кольоровідтворення слід у два етапи: по нейтральних кольорах (для цього слід знайти на зображенні об'єкти, які на вашу думку повинні бути нейтральних кольорів – білий сніг, асфальтне покриття доріг, білки очей), зокрема по світлих нейтральних ділянках, оскільки око найбільш чутливе до розбалансування кольорів на світлих ділянках зображення; а також по пам'ятних кольорах – кольори природних та штучних об'єктів, які зберігаються у пам'яті людини (відтінки шкіри, кольори неба та трави).

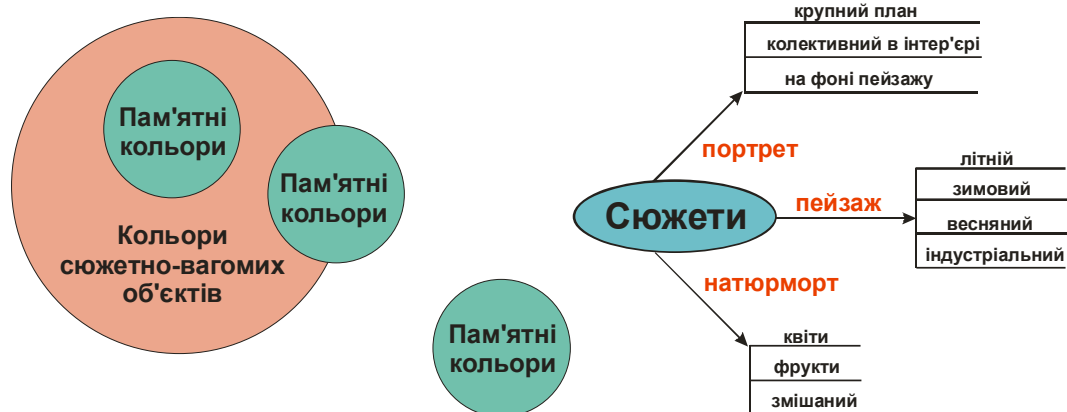


Рисунок 9 – Особливості семантики фотозображення

Оцінюючи нейтрально сірі відтінки слід пам'ятати, що для їх отримання при друкуванні необхідно виготовити кольороподілені фото- та друкарські форми з більшою щільністю по голубій, що зумовлено особливими спектральними характеристиками цієї фарби (табл. 2).

Таблиця 2 – Рекомендовані співвідношення барвників поліграфічного синтезу для відтворення півтонів нейтрально сірого кольору

Значення сірого (відносний розмір растрових елементів)	Вміст голубої (%)	Вміст пурпурної (%)	Вміст жовтої (%)	Вміст чорної (%)
10	8	5	5	0
20	17	11	11	0
50	44	31	31	1
70	62	48	47	9
100	79	68	67	85

На наступному етапі слід також оцінити кольоровідтворення пам'ятних кольорів, які у даному фотографічному зображенні є водночас і сюжетно вагомими. Аналіз кольоровідтворення цих кольорів базується на знаннях теорії формування кольорів основними барвниками поліграфічного синтезу. Так, для небесно-голубого кольору характерна повна відсутність жовтої і чорної фарб. Оптимальним вважається співвідношення 35–70% голубої та 8–25% пурпурної. Тобто пурпурна повинна складати не більше 40 % від вмісту голубої, у іншому випадку небесний колір набуває фіолетового відтінку, що значно погіршує якісні характеристики репродукції. Для тілесних відтінків білошкірих людей характерна повна відсутність чорної фарби і значно меншим порівняно з пурпурним та жовтим вміст голубого. Кількість останнього регулює ступінь засмаги, але не повинно становити більше 40% вмісту жовтого кольору. Жовта повинна дорівнювати по вмісту пурпурній або переважати на 15-20%. Наприклад, 18% голубої, 45 пурпурної, 50% жовтої та 0% чорної. При цьому важливі не абсолютні числові значення, а співвідношення між ними. Характерним для формування кольорів у субтрактивному синтезі є те, що переважно беруть у ньому участь два кольори, а третій виступає як затемнюючий (додає чорноти).

Приблизне співвідношення координат кольору для об'єктів, що є у пам'яті кожного споживача, наведено у таблиці 3. Це не абсолютні значення, важливо звертати увагу саме на співвідношення координат кольору.

Таблиця 3 – Приклади співвідношення координат кольору у просторі sRGB та CMYK для основних пам'ятних кольорів

Колір	sRGB	CMYK (Euroscale Coated v2)
Ахроматичні відтінки		
Білий	247 247 247	4 3 3 0
Сірий	132 132 132	54 41 41 7
Чорний	17 17 17	84 70 70 80
Тілесні відтінки		
Білошкіра людина	234 178 146	7 35 40 0
Засмагла шкіра	218 151 108	15 45 55 0
Жовтошкіра людина	235 188 150	7 30 40 0
Чорношкіра людина	91 45 16	60 80 100 40
Природні об'єкти		
Трава (листя)	126 166 60	60 15 90 0
хвоя	70 134 55	75 15 90 20
Небо вдень	0 200 255	70 0 0 0
Небо вранці та ввечері	0 160 255	70 15 0 0
Лимон	255 212 6	0 15 90 0
Апельсин	240 132 0	0 55 100 0
Помідор	231 51 44	0 90 80 0
Банан	255 223 78	0 10 75 0

Результати досліджень

Згідно розробленої методики пропонується оцінити якісні показники цифрового фотооригіналу (рис. 10) та за результатами скласти план модифікації його інформаційного змісту. Тестове фото – це пейзаж, який містить об'єкти пам'ятних кольорів (небо, море, трава).



Рисунок 10 – Тестове фотозображення

Експозиція та тоновідтворення даного фото ілюструється гистограмою наступного змісту (рис. 11). Діапазон тіней максимально насичений деталями та інформаційним змістом, натомість високі яскравості представлені мінімальними ділянками. Ще одна характеристика фотозображення – втрата деталей у високих яскравостях та глибоких тінях, оскільки гистограма впритул доходить до країв. Отже, зображення темне, малоконтрастне (на гистограмі максимум лише у тінях, у високих яскравостях незначний підйом гісторгами), з непроробленими деталями у тінях та високих яскравостях.

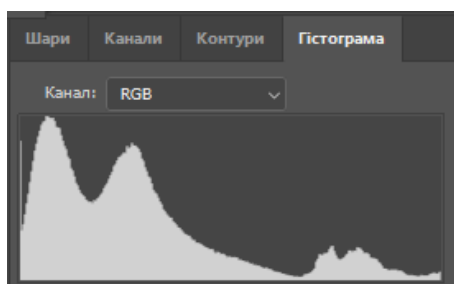


Рисунок 11 – Гистограма тестового фотозображення

Точка чорного сформована сумарним накладанням фарб понад 300% у СМУК (C83M71Y64K91), що слід врахувати під час кольороподілу. Точка білого – це незначна деталь неба з координатами кольору C0M5Y20K0, що прийнятно для більшості способів друку.

Кольоровідтворення аналізуємо лише по об'єктах пам'ятних кольорів, оскільки по семантиці зображення об'єкти нейтрального кольору відсутні. Каміні у морі прийняти за чорний колір можна лише умовно, до того ж вони не є сюжетно вагомими у цьому фото, тому не будемо по них визначати збалансування кольорів. Колір неба представлено співвідношенням C26M12Y16K0, трава – C80M63Y75K83.

Рівень шуму у високих яскравостях – 5,54, що вище допуску, потребує корекції. Різкість визначена по місцю, де закінчується берег і починається море, ширина розмитої зони становить приблизно 3-4 пікселі, що є задовільним для відтворення у друкованих виданнях.

Після аналізу усіх ключових характеристик якості цифрового зображення, можна дати наступні рекомендації щодо його корекції: знизити рівень шуму, знизити вміст жовтого по зображенню та локально опрацювати частину з травною з метою зменшити вміст пурпурного, що забруднює колір через недоліки сепарації кольорів. Щодо яскравості фотозображення, то якщо чисельні показники та гістограма свідчать про недоекспозицію, то після аналізу сюжету та семантики зображення приймається рішення про недоречність корекції яскравості, бо це суперечитиме змісту зображення.

Висновки

За відсутності чітких вимог до показників якості цифрових фотозображень, пропонована методика дозволяє реалізувати вхідний та операційний контроль. Перед початком опрацювання цифрового фотографічного зображення слід: визначитися з кінцевою метою – видом майбутньої поліграфічної продукції; оцінити величину яскравості і коригувати її при потребі, враховуючи при цьому приріст растрових елементів у друці; оцінити наявність відхилень у кольоровідтворенні і чи це є саме недоліком, а не спеціальним художнім прийомом; визначити різкість зображення і зробити висновок про доцільність її підвищення. Лише після такого послідовного аналізу проводити коректуру інформаційного змісту цифрового фотозображення.

Список літератури.

1. ISO 12647-1:2013. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 1: Parameters and measurement methods. <https://www.iso.org/standard/57816.html>.
2. ISO 12647-2:2013. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes. <https://www.iso.org/standard/57833.html>.
3. ISO 12647-7:2016. Graphic technology – Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints – Part 7: Proofing processes working directly from digital data. <https://www.iso.org/standard/66426.html>.
4. ISO 12647-8:2012. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 8: Validation print processes working directly from digital data. <https://www.iso.org/standard/53436.html>.
5. Kovalskiy, B., Dubnevych, M., Holubnyk, T., Pysanchyn, N., & Havrysh, B. (2019). Development of a technology for eliminating color rendering imperfections in digital photographic images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/2 (97), 40-47. ISSN 1729-3774. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154512>.
6. Lyashenko, V., Deineko, Zh., Zeleniy, O., & Tabakova, I. (2021). Wavelet ideology as a universal tool for data processing and analysis: some application examples. *International Journal of Academic Information Systems Research (IAISR)*, 5(9). 25-30.

7. Gan, M., & Lyu, M. (2023). Investigation on Visual Communication Design Based on Information Systems. 2nd International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (ICDACAI). (p. 720-725). <https://doi.org/10.1109/ICDACAI59742.2023.00143>.
8. Wu, P.-C., & Lin, C.-H. (2022). A Green and Practical Color Photograph Printing Technology Based on Color Difference Model and Human Perception. *IEEE Access*, (10), 649-666. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3138270>.
9. Faragó, R., et al. (2022). Automatic Photography System for Adventure Parks Using Computer Vision. 2022 IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY). (p. 000151-000156). <https://doi.org/10.1109/SISY56759.2022.10036271>.
10. Tennø, H. (2018). Traditional vs. Digital Design Thinking. Digital design thinking portal. <https://www.digitaldesignthinking.io/>.
11. Xue, Y. (2020). Analysis of Computer Graphic Image Design and Visual Communication Design. 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE). (p. 2449-2452). <https://doi.org/10.1109/ICMCCE51767.2020.00528>.
12. Бондар, І.О., & Хорошевський, О.І. (2012). Виробнича інформаційна система поліграфічного виробництва: навчальний посібник. Х.: Вид. ХНЕУ.
13. Дубневич, М. (2018). Аналіз поліграфічного виконання журнальної періодики для дітей. *Наукові записки*, 1(56), 82-92.
14. Дубневич, М.М. (2016). Кваліметричний аналіз поліграфічного оформлення книжкових видань для дітей. *Поліграфія і видавнича справа*, (3), 154-161.
15. Чеботарьова, І.Б., & Манаков, В.П. (2021). Дослідження засобів та методів управління якістю на підприємстві «БУРУНІН І К». Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: монографія. (с. 164-188). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».

ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБРАЗІВ ХУДОЖНЬОГО ВИДАННЯ РІЗНИХ НАЦІЙ

Федина Б.І.

к.т.н., доцент, кафедра «Комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах», Львівський університет «Львівська політехніка»

Лисий Ю.М.

аспірант, кафедра «Комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах», Львівський університет «Львівська політехніка»

***Анотація.** У роботі розглядаються інформаційні аспекти створення образів у художньому оформленні книг різних націй. Особливу увагу приділено візуальним та культурним кодам, які передаються через обкладинки та ілюстрації видань. Досліджено вплив національних традицій, історичних контекстів і художніх шкіл на формування образів. Наведено приклади з української книжкової графіки епохи романтизму.*

***Ключові слова:** КНИГИ, ІЛЮСТРАЦІЯ, ОБРАЗ, АНАЛІЗ, ОФОРМЛЕННЯ, КУЛЬТУРА, ОБКЛАДИНКА, ШРИФТ, ВИДАННЯ.*

Вступ

У сучасному інформаційному суспільстві художнє оформлення книг відіграє важливу роль не лише як засіб естетичного впливу, а й як носій національних і культурних ідентичностей. Образи на обкладинках книжкових видань – це візуальна мова, яка формує перше враження про твір, впливає на сприйняття змісту та несе в собі важливу інформацію про культуру, історію та традиції певного народу. Особливої уваги заслуговує аналіз таких візуальних образів у контексті художніх видань різних націй, оскільки саме через них відбувається міжкультурна комунікація, трансляція національних цінностей та збереження культурної спадщини. Дослідження інформаційних аспектів створення таких образів дозволяє краще зрозуміти роль візуального мистецтва в книговидавничому процесі та культурному розвитку суспільства загалом.

У дослідженні інформаційних аспектів створення образів у художніх виданнях різних націй особливу увагу заслуговує польська література ХІХ століття. Цей період був надзвичайно багатим як з точки зору художнього наповнення, так і поліграфічного оформлення видань, що зберегли свою мистецьку й національну цінність до сьогодні.

Поряд із Польщею, аналогічні процеси можна спостерігати і в літературній традиції Німеччини, де образи у художніх виданнях тісно пов'язувалися з ідеями романтизму, національного самоствердження та культурної ідентичності. Візуальна й текстова компоненти часто були засобом трансляції філософських, естетичних і соціальних концептів, що формували спільне уявлення про німецьку культуру в очах читача.

Українська література цього періоду, попри складні історичні умови, демонструвала потужний потенціал у створенні власного образного простору, в якому народні мотиви, етнографічні деталі та глибока символіка стали ключовими елементами ідентифікації нації. У художніх виданнях українських авторів особливу роль відігравала ілюстративна складова, що допомагала закріпити в свідомості читача національно значущі образи.

Таким чином, аналіз художніх видань Польщі, Німеччини та України дозволяє простежити спільні і відмінні підходи до візуального та текстового формування образів, які виконували як мистецьку, так і інформаційно-культурну функцію.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є аналіз інформаційних аспектів створення візуальних образів у художніх виданнях різних націй, виявлення національних, культурних та естетичних особливостей їх оформлення, а також визначення ролі цих образів у передачі культурних кодів, ідентичності та художнього змісту видання.

Задачі дослідження:

- визначити ключові інформаційні аспекти, які впливають на формування художнього образу в оформленні книжкових видань різних національних культур;
- проаналізувати приклади візуального оформлення українських книг епохи романтизму та зіставити їх з тенденціями інших націй для виявлення спільних та відмінних рис;
- дослідити, які особливості культурних традицій та історичного контексту різних націй відображаються в образах персонажів у художній літературі та ілюстраціях;
- порівняти підходи до візуалізації та оформлення обкладинок книг у різних країнах та визначити, як це відображає національні особливості та культурні стереотипи.

Основна частина

XIX століття стало добою активного розвитку польської літератури, що охоплювала широкий спектр жанрів – від драм і публіцистики до поезії та романів. Одним із провідних напрямів став романтизм, що не лише виражав загальноєвропейські естетичні ідеї, а й глибоко вкорінився у національному контексті. Постаті Адама Міцкевича, Юліуша Словацького й Ципріяна Каміля Норвіда стали символами боротьби за культурне відродження Польщі, яка в цей період втратила незалежність. Образи у виданнях того часу передавали національну тугу, історичну пам'ять та ідеали свободи.

У німецькому культурному просторі значну роль у формуванні образів у художніх виданнях відігравали Фрідріх Август Вольф, Грубер Йона Ісаакович, а

також брати Грімм, які популяризували народну казку як джерело національного духу та колективної пам'яті. Їхні твори вирізнялись поєднанням фольклорних мотивів із глибокими моральними й соціальними посланнями. Видання часто супроводжувались характерними ілюстраціями, які візуалізували ключові сцени та підкреслювали символіку текстів.

В українській літературі XIX століття образи в художніх виданнях були тісно пов'язані з національним відродженням, фольклором і селянською культурою. Постаті Тараса Шевченка, Олександра Білецького та Івана Бойка сприяли формуванню національної ідеї через слово і друковану форму. Їхні твори наповнені символами рідної землі, боротьби за гідність і збереження народної пам'яті. Оформлення українських видань того часу включало етнографічні елементи, орнаменти та образи, що підсилювали естетичну та ідеологічну виразність літературного твору.

Окремо варто зазначити увагу, яку видавці XIX століття в Польщі, Німеччині та Україні приділяли інформаційному наповненню вихідних даних книги. У польських виданнях детально фіксували гарнітуру, кегель, техніку друку та матеріали виготовлення, що забезпечувало глибше розуміння естетичної концепції книги як мистецького об'єкта. Подібна практика спостерігалась і в німецьких виданнях, де типографіка, якість паперу та методи ілюстрації були частиною загального мистецького задуму, що підкреслював інтелектуальну глибину твору. В Україні, попри складні технічні умови, також приділялася увага оформленню – особливо в народно-освітніх виданнях, де використовували етнографічні мотиви й локальні стилістичні особливості.

Загалом, інформаційні характеристики оформлення відігравали важливу роль у трансляції національних ідей та художнього смаку кожної культури. На відміну від сучасних тенденцій до мінімалізму, які часто спрощують зовнішнє оформлення, історичні видання були більш відкритими в демонстрації технічних та стилістичних параметрів, що дозволяло читачеві сприймати книгу як багатшаровий культурний артефакт.

Шрифтові традиції.

Історичний розвиток шрифтів теж відіграє значну роль у створенні художнього образу книги. Устав, як одна з найдавніших форм кириличного письма, вирізнявся строгою симетрією, чіткістю та прямолінійністю. Він символізував сакральний характер текстів, часто використовувався у релігійних книгах Київської Русі. Його антикварна структура зберегла культурну спадщину у вигляді окремих церковних видань [3].

Скоропис, навпаки, представляв гнучкість і декоративність. Його швидкість виконання, естетика та зручність сприяли широкому використанню в художніх книгах. У порівнянні з українськими виданнями, де зчитуваність часто була низькою, польські приклади скоропису демонстрували вищу якість і зрозумілість.

Сучасні приклади: гарнітури та технології.

Шрифт Times New Roman, популярний у художніх текстах із елементами історизму, вдалий для створення атмосфери минулих епох. У сучасних польських дитячих книгах зустрічається Baltica – шрифт із широкими прописними знаками, який забезпечує легкість читання для юних читачів [4]. Завдяки наявності повної інформації про шрифт та кегль у вихідних даних, аналіз таких видань стає можливим та змістовним.

Польща. Візуально-інформаційні засоби оформлення книжкових видань: аналіз шрифтів, композиційних рішень та ілюстрацій

У художніх виданнях XIX–XX століть інформаційне наповнення не обмежувалося лише текстовим змістом. Істотну роль у сприйнятті літературного твору відігравали візуальні елементи – шрифт, композиція, ілюстрації, декоративні елементи. Польські книжки, зокрема романтичного періоду, вирізнялися винятковою увагою до оформлення. У порівнянні з українськими виданнями того ж періоду, польські книги часто демонстрували значно більшу повноту вихідних даних – включаючи розмір кегля, гарнітуру, техніку ілюстрування [2]. Це, у свою чергу, сприяє глибшому аналізу матеріалу.

Особливістю польських книжкових видань є їхня інформаційна насиченість. Сучасні друковані видання дедалі частіше тяжіють до мінімалізму: відсутні шрифтові специфікації, тип гарнітури або технічні дані щодо композиційного оформлення. Натомість польські книжки XIX століття демонструють чітко виражене прагнення до передачі не лише змісту, а й національного художнього коду через оформлення.

Шрифти.

Окрему увагу заслуговує аналіз шрифтів (табл. 1), які використовувалися в книжкових виданнях того часу.

Таблиця 1 – Аналіз польських шрифтів

№	Автор	Шрифт	Кегль	Насиченість	Контрастність	Класифікація
1.	Julian Tuwim	Устав, основний відсутній	-	не насичений	малоконтрастний	гротеск
2.	Juliusz Susak	Скоропис	-	насичений	контрастний	рукописний
3.	Valdas Petrauskas	Taims	14	не насичений	не контрастний	антиква
4.	Petras Cvirka	-	-	не насичений	малоконтрастний	егіпетський
5.	Народна казка	Baltika	16	не насичений	малоконтрастний	гротеск
6.	Aleksandras Volkovas	Baltika	12	не насичений	малоконтрастний	гротеск
7.	Vytautas Masevičius	Baltika	12	не насичений	малоконтрастний	гротеск

Серед них – устав, скоропис, гарнітури типу Times New Roman і сучасні шрифти, такий як Baltica. Устав, як найдавніша форма кириличного письма, вирізнявся строгістю, симетричністю та чіткою геометрією літер. Він був складним у виконанні, але забезпечував надзвичайно високу читабельність. Це був шрифт епохи формалізму, призначений для передачі сакральних та офіційних текстів.

Скоропис, натомість, уособлював швидкість, ефективність і певну витонченість. Його використання в книжках надавало тексту динаміки та візуальної виразності. У деяких сучасних перевиданнях класичних текстів (зокрема й у порівнюваних польських) можна побачити адаптацію скоропису для декоративних заголовків, початкових літер, що додає книжці характеру та індивідуальності.

Особливий інтерес викликає шрифт Baltica, який активно використовується в книжках для молодших читачів. Завдяки широким літерам, чітким лініям і помірному контрасту цей шрифт забезпечує комфортне читання навіть при невеликому кеглі. Згаданий приклад польської книги з 16-м кеглем демонструє уважне ставлення до читацького комфорту, що важливо з педагогічної точки зору.

Ілюстрації.

Книжкове оформлення також передбачає взаємодію з ілюстративним рядом. У польських виданнях часто використовувалися змішані техніки – акварель у поєднанні з тушшю, пастель із графітним олівцем. Ці техніки дозволяли досягати як декоративного ефекту, так і глибокого змістового навантаження. Ілюстрація не лише доповнювала текст, а й комунікувала з читачем через кольори, форми, композиційне вирішення, передаючи емоції, культурний підтекст і національні особливості (табл. 2).

Таблиця 2 – Аналіз польських ілюстрацій

№	Автор	Автор ілюстрацій	Ілюстрація	Кольорова гамма	Техніка	Матеріал
1.	Julian Tuwim	-	+	ахроматична	гравюра	туш
2.	Juliusz Susak	-	-	-	-	-
3.	Valdas Petrauskas	Alfreda Ginraliene	+	хроматична	графічна техніка	олівець
4.	Petras Cvirka	V. Banys	+	хроматична	живопис	акварель
5.	Народна казка	Sigitas Sniras	+	хроматична	рисунок	пастель
6.	Aleksandras Volkovas	Leonidas Vladimiskis	+	хроматична	живопис	акварель
7.	Vytautas Masevičius	Povilas Kuprys	+	хроматична	змішана техніка	кольорові олівці, ручка

Таким чином, візуально-графічне оформлення книжки виступає не просто засобом подачі інформації, а й повноцінним учасником літературного твору. Польські книжкові видання XIX століття демонструють, як типографія,

ілюстрація й композиція можуть втілювати культурну ідентичність та національний художній стиль, слугуючи основою для глибшого пізнання літературної спадщини.

Візуально-графічні особливості оформлення ілюстрацій, шрифтів художніх видань Польщі.

У дослідженні національних особливостей образів у художніх виданнях важливу роль відіграє аналіз оформлення обкладинок, які виконують не лише естетичну, а й інформативну функцію. Обкладинка є першим візуальним контактом читача з книгою, а тому несе у собі символічне та семантичне навантаження. Саме у ХХ столітті, зокрема у польському та литовському книгодрукуванні, можна прослідкувати виразні прагнення передати національний контекст через іконографіку, кольорову палітру та типографічне рішення.

Польські обкладинки початку ХХ століття демонструють активне використання історичних символів, архетипічних образів, а також кольорової драматургії. Наприклад, у книзі «Слово о полку Ігоревім» у перекладі Юліана Тувіма обкладинка витримана у насичених червоних тонах, які викликають асоціації з героїзмом, кров'ю та бойовим духом [1]. Зображення вершників у кольчугах, що рушають у бій, у поєднанні з реалістичним фоном – лісом, річкою, горами – формують драматичний, але правдивий історичний наратив.

Інший приклад – обкладинка з зображенням Нестора Літописця, яка виконана у темно-зелених, коричневих і чорних тонах. Такий вибір палітри створює глибину і додає серйозності. Ілюстрація літописця, зануреного у працю, натякає на сакральність тексту, історичну значущість та культурну спадщину. Чіткість охристого шрифту на темному тлі підкреслює важливість імені та змісту.

Книга «Шахеразадові казки» пропонує спокійну, пастельну палітру, яка гармонійно поєднує зображення природи з текстовим наповненням. М'які сині та коричневі тони посилюють враження містики, затишку та внутрішньої гармонії, що відповідає тематиці східних казок.

У книзі «Лисиці хитрості» видно поєднання символічного зеленого фону – кольору природи і життя – з яскраво-оранжевими образами лисиць, що створюють ілюзію руху, веселощів та мудрості. Однак відсутність назви на обкладинці дещо ускладнює перше враження про зміст книги, тоді як ім'я автора, подане чітко, компенсує цей недолік лише частково.

Ілюстрація до дитячої книги «Вовк і козенята» вирізняється контрастним поєднанням синього та жовтого, що передає як відчуття безпеки та спокою (синій), так і радості та теплоти (жовтий). Простий, яскравий дизайн обкладинки полегшує сприйняття для дитячої аудиторії та водночас відображає сюжетну динаміку.

Особливою візуальною метафориною наділена обкладинка книги «Таємниця покинутої фортеці». Комбінація білого кольору, як символу невизначеності з теплими охристими відтінками замку та жовтим – ракети – створює образ мандрівки між минулим і майбутнім. Тут обкладинка виступає як

своєрідна карта для читача: вона натякає на багатовимірний сюжет і поєднує історичну символіку з науково-фантастичним елементом.

Нарешті, яскравий анімаційний стиль книги «Juodojo Dzentelmeno galas» – приклад вдалого використання іронії в дизайні. Веселий персонаж, карлик з гарматою, встановлює ігровий тон ще до відкриття книги. Це рішення особливо ефективно для молодіжної аудиторії, яка цінує гумор та нестандартний підхід у візуальному оформленні.

Таким чином, аналіз обкладинок художніх видань показує, що саме візуальна подача допомагає не лише зацікавити читача, а й передати національну самобутність, історичний контекст та художню інтенцію (табл. 3). Польські книжкові обкладинки ХХ століття є вдалим прикладом глибокої симбіозу ілюстративного стилю, кольорової гармонії та типографіки у формуванні образу книги як культурного артефакту [11].

Таблиця 3 – Аналіз польських обкладинок

№	Автор	Обкладинка	Матеріал	Гамма
1.	Julian Tuwim	тверда палітурка	глянець	хроматична
2.	Juliusz Susak	тверда палітурка	глянець	хроматична
3.	Valdas Petrauskas	тверда палітурка	матовий	хроматична
4.	Petras Cvirka	м'яка	матовий	хроматична
5.	Народна казка	м'яка	матовий	хроматична
6.	Aleksandras Volkovas	м'яка	матовий	хроматична
7.	Vytautas Masevičius	м'яка	матовий	хроматична

Німеччина. Аналіз шрифтів, ілюстрацій, обкладинок у художньому оформленні книг

У німецьких виданнях XVIII–XIX століть можна спостерігати низку проблем, пов'язаних із шрифтами. Насамперед – відсутність чіткої інформації про назви шрифтів у вихідних даних. Це ускладнює ідентифікацію, редагування чи відтворення текстів, особливо в умовах діджиталізації. Відсутність назви шрифту може спричинити неправильне відображення тексту або викривлення авторського стилю. Німецька мова має складну граматику та велику кількість знаків, що потребує спеціально розроблених шрифтів. У XIX столітті з'являлися нові гарнітури, адаптовані до мовних особливостей, але видавці часто продовжували користуватися застарілими й складними для читання шрифтами, внаслідок чого їхня типографіка залишалась консервативною.

Шрифти.

Шрифт «Конкорд» (Павло Єршов, 1994). Оснований на латинському Univers, цей кириличний шрифт став популярним в Україні. Його малоконтрастність, наявність зарубок і помірна насиченість дозволяють використовувати «Конкорд» у широкому спектрі друкованої продукції – від газет до веб-дизайну [12].

Гротеск без зарубок. У низці видань використано беззарубкові шрифти типу гротеск, що легко пізнаються за відсутністю декоративних елементів. Вони не насичені, малоконтрастні, призначені для заголовків або читабельного основного тексту.

Малоконтрастні шрифти з округлими формами. Такі шрифти створюють елегантний і м'який візуальний ефект, що особливо доречно для казкових сюжетів. Їх плавні лінії та невелика варіативність товщини створюють відчуття гармонії.

Буквиці як декоративний елемент. Відсутність унікального шрифту часто компенсується використанням декоративних букв (буквиць) на початку абзаців. Вони акцентують увагу, додають стилістичного різноманіття й підтримують жанрову атмосферу, зокрема в дитячій літературі.

У деяких випадках шрифт із зарубками залишається малоконтрастним і не насиченим, або навпаки – без зарубок, але з чітким поділом на елементи. Це свідчить про намагання зберегти читацьку зручність, водночас адаптуючи типографіку до особливостей конкретного твору.

Таким чином, типографіка в художніх виданнях відіграє не менш важливу роль, ніж ілюстративний чи композиційний дизайн (табл. 4). Вибір шрифту здатен як підкреслити настрій твору, так і вплинути на сприйняття тексту, особливо в дитячій, казковій або історичній літературі.

Таблиця 4 – Аналіз німецьких шрифтів

№	Автор	Шрифт	Насиченість	Контрастність	Класифікація
1	Jona Gruber	Конкорд	не насичений	малоконтрастний	антиква
2.	Friedrich Wolf	-	не насичений	малоконтрастний	гротеск
3.	Auflage, Der Kinderbuchverlag	-	не насичений	малоконтрастний	антиква
4.	Ursula Dorge	-	не насичений	малоконтрастний	египетський
5.	Der bruder Grimm	-	не насичений	малоконтрастний	антиква
6.	Hannelore Wegener	-	не насичений	малоконтрастний	гротеск

Ілюстрації 1800-х років були переважно реалістичними, зображуючи справжніх людей та події з історії, літератури та повсякденного життя. Однією з технік був акварельний живопис, де художник використовував прозорі фарби для створення яскравих, хоча в деяких випадках холодних і темних кольорів, характерних для ілюстрацій Ю. І. Криги до дитячих книг.

Іншим поширеним методом була ілюстрація тушшю, зокрема техніка штрихування. Використання пера дозволяло створювати делікатні лінії з різним натиском, а самі ілюстрації часто мали ескізний характер. На противагу цьому, деякі ілюстрації демонстрували яскраві акварельні роботи, що піднімали настрій, з плавними переходами кольору, типові для робіт майстрів початку ХХ століття.

Олівець також був популярним інструментом. Художники використовували різні м'якості олівця для створення чітких штрихів та плавних світлотіньових переходів, що надавало ілюстрації реалістичності, як у відомих обкладинках до літературних творів. Зустрічалася й змішана техніка, де поєднувалися акварель та деталізація тушшю для досягнення різноманітних ефектів (табл. 5).

Таблиця 5 – Аналіз німецьких ілюстрацій

№	Автор	Автор ілюстрацій	Ілюстрація	Кольорова гамма	Техніка	Матеріал
1.	Jona Gruber	Ю.І. Крига	+	хроматична	живопис	акварель
2.	Friedrich Wolf	-	+	ахроматична	графіка	туш
3.	Auflage, Der Kinderbuchverlag	Carl Hoffman	+	хроматична	живопис	акварель
4.	Ursula Dorge	Hans Wiegandt	+	ахроматична	рисунок	графіт, олівець
5.	Der bruder Grimm	Карл Фішер	+	хроматична	змішана живопис/графіка	акварель, туш
6.	Hannelore Wegener	-	+	хроматична	аплікація	папір

Досить незвичайним методом ілюстрування в той час була аплікація, зокрема техніка орігамі. Складні форми одних елементів та простіші обриси інших створювалися шляхом складання, скручування та згинання різноманітного паперу, що робило такі ілюстрації рідкістю у XIX-XX століттях.

Обкладинки.

На німецьких книжкових обкладинках на межі XIX-XX століть спостерігається еволюція художнього вираження, спрямована на передачу внутрішнього світу людини та емоційного забарвлення творів. Перші обкладинки відзначалися стилістичною простотою, де акцент робився на яскравих кольорах та лаконічних формах. З розвитком індустріальної Німеччини дизайн обкладинок ускладнюється, стаючи більш експресивним та насиченим символікою й алегоріями, що відображали тогочасні ідеї та настрої [10].

Аналіз окремих прикладів демонструє різноманіття підходів. Так, суперобкладинка «Das Fliegende Schiff» привертає увагу яскравою палітрою, де кожен колір несе певне символічне навантаження, а зображення літаючого корабля поєднує реалізм з фантастикою. Дитячі видання, такі як «Буммі», вирізняються веселими та зрозумілими кольорами й простими ілюстраціями тварин на природному тлі. Обкладинка «Das Lumpengesindel» вражає насиченістю кольорів та декоративністю зображення півнів. У свою чергу «Der vertauschte Osterhase» використовує яскраві кольори для створення атмосфери тепла та радості, а зображення лисиці й зайця викликає інтригу.

Оформлення класичних казок «Спляча красуня» та «Снігуронька і рожева троянда», також вирізняється увагою до кольору та символізму. У першому випадку яскрава гама підкреслює казкову атмосферу та перемогу добра, а готичний шрифт додає загадковості. У другому – домінуючі синій, білий та акцентний червоний створюють образи спокою, чистоти та пристрасті, відповідно до змісту казки. Загалом, німецькі обкладинки цього періоду є цінним джерелом для розуміння художніх тенденцій та культурних кодів епохи (табл. 6).

Таблиця 6 – Аналіз німецьких обкладинок

№	Автор	Обкладинка	Матеріал	Гамма
1.	Jona Gruber	тверда	глянець	хроматична
2.	Friedrich Wolf	тверда	матовий	хроматична
3.	Auflage, Der Kinderbuchverlag	тверда	матовий	хроматична
4.	Ursula Dorge	тверда	глянець	хроматична
5.	Der bruder Grimm	тверда	матовий	хроматична
6.	Der bruder Grimm	тверда	глянець	хроматична

Візуальне обличчя української книги: аналіз шрифтів, ілюстрацій та обкладинок

У дев'ятнадцятому столітті українська література продовжувала свій бурхливий розвиток у добі романтизму, що знайшло відображення у появі цілої плеяди талановитих письменників та їхніх знакових творів. Цей період характеризувався особливим інтересом до національної історії, фольклору, народної творчості та емоційної сфери людини. Романтичні ідеали свободи, індивідуальності та піднесеного почуття пронизували літературні твори, формуючи унікальний голос української літератури.

Шрифти.

Еволюція шрифту протягом століть відображена в шрифтах історичних книг. Коли книги друкувалися вручну, шрифт був складним і трудомістким. Книжки часто мали нерівності та різні шрифти [9].

З появою друкованих видань шрифт став більш чітким і стандартизованим. У середньовіччі готичний шрифт був популярним, але під час епохи Відродження його замінили шрифтом антикви. Він легше читати, тому він став більш популярним для друку. Шрифт, який використовується в історичних книгах, може багато сказати про епоху, в яку вони були написані. Він може відображати культурні тренди, технологічний прогрес і особисті переваги того часу. У проаналізованих книгах прослідковується історія, що починається з уставу та закінчується сучасною гарнітурою шрифта (табл. 7).

Приклади та візуальний аналіз шрифтів в Україні.

Книга «Дума про військо Ігореве» (1953): переважає рукописний стиль із елементами уставу – стародавнього шрифту з широкими міжбуквеними інтервалами. Важливу роль відіграє ініціал – збільшена орнаментована перша літера з флоральними мотивами. Загальний шрифт – гротеск, малоконтрастний і ненасичений [6].

Bodoni – класичний насичений антиквальний шрифт з високим контрастом, використовується для заголовків. Основний текст – скоропис, інколи важкий для читання через переплетення літер і нерозбірливість почерку.

Шрифт Journal – малоконтрастний гротеск із чіткими геометричними формами та відкритими апертурами. Підтримує кирилицю й латиницю, популярний для логотипів, журналів, веб-дизайну.

Таблиця 7 – Аналіз українських шрифтів

№	Автор	Шрифт	Насиченість	Контрастність	Класифікація
1	-	устав, основний відсутній	Насичений Не насичений	контрастний малоконтрастний	рукописний гротеск
2.	-	-	Не насичений	контрастний	єгипетський
3.	О. І. Білецький	-	Не насичений	контрастний	єгипетський
4.	Українські народні казки	банниківський	Не насичений	малоконтрастний	антиква
5.	Хрестоматія	-	Не насичений	контрастний	антиква
6.	-	шкільна	Не насичений	малоконтрастний	антиква
7.	А. Глібов	-	Не насичений	малоконтрастний	антиква
8.	І.Т. Бойко	Times New Roman	насичений	контрастний	антиква
9.	Т.Г. Шевченко	банниківський	Не насичений	малоконтрастний	антиква

Готичний шрифт (фрактура) – характеризується вертикальними штрихами, часто використовувався у релігійних і юридичних текстах. У рідкісному поєднанні з уставом створює унікальну композицію.

Контрастний шрифт із зарубками – ефектний, проте вимагає обережності у використанні – надмірний контраст ускладнює читання.

Шрифт із округлими літерами – великі та малі літери мають плавні форми, широкий інтерліньяж, що сприяє зручному читанню.

Антиква – традиційний шрифт із високим контрастом і засічками. Читабельний, елегантний, універсальний – застосовується у різних жанрах літератури.

Times New Roman – створений у 1932 році, високий і вузький шрифт із засічками. Широко використовується для офіційної документації, добре читається в друку та на екрані.

Банниківський шрифт – без засічок, із рівними штрихами. Розроблений у 1920-х Іваном Банниковим для української мови. Заборонений радянською владою, але знову використовується з 1990-х років, як один із найвиразніших національних шрифтів [5].

Ілюстрації.

Хроматичні ілюстрації створюють зображення за допомогою кольорів. Вони можуть бути створені різними способами, наприклад малюванням, живописом, графікою та фотомонтажем. Хроматичні ілюстрації часто використовуються для створення реалістичних і емоційних зображень.

Ахроматичні малюнки не використовують кольори. Вони складаються з чорного, білого та сірого відтінків. Абстрактні зображення та драматичний або емоційний ефект часто досягаються за допомогою ахроматичних ілюстрацій. У більшості книгах будуть присутні саме ахроматичні ілюстрації відповідно до року видання [8]. Ілюстрації сьогодення є хроматичні та більш цікавіші для зорового контакту дитини чи підлітка з книгою.

Сучасний світ ілюстрації різноманітний та інноваційний. Ілюстратори створюють роботи, які є як інформативними, так і красивими, використовуючи широкий спектр технік і стилів. Використання цифрових технологій є однією з найпоширеніших тенденцій у сучасній ілюстрації. З використанням цифрових ілюстрацій ілюстратори можуть створювати складні та реалістичні зображення з великою точністю.

Експериментальні техніки та стилі також часто використовують сучасні ілюстратори. Вони можуть створювати роботи, які є унікальними та незабутніми, використовуючи абстрактні форми, яскраві кольори або незвичайні композиції.

Ілюстрації, створені у різноманітних техніках – від уставного письма та візантійської стилізації до ліногравюри та олійного живопису – не лише зображають конкретні сцени з історії, міфів або казок, але й відкривають глядачеві глибший сенс культурної спадщини. Використання графічних засобів виразності, таких як штрих, крапка, лінія, а також тональних та кольорових контрастів, дозволяє художникам досягати емоційної насиченості та історичної достовірності.

Важливою рисою усіх проаналізованих ілюстрацій (табл. 8) є їхня здатність поєднувати естетичну функцію з пізнавальною.

Таблиця 8 – Аналіз ілюстрацій України

Автор	Автор ілюстрацій	Ілюстрація	Кольорова гамма	Техніка	Матеріал
-	Пономаренко А.Ф.	+	ахроматична	графіка (орнаментальні плетінки, заставки)	туш
-	Засенко Л.Ф.	+	ахроматична	графіка	туш
О.І. Білецький	-	+	ахроматична	цифрова графіка	фото
Українські народні казки	А.О. Лівень	+	ахроматична	графіка	туш
Хрестоматія	М.Н. Грох	+	змішана	змішана, живопис/графіка	акварель, туш
Л.Ф. Дунаєвська	К.І. Сулима	+	хроматичні	графіка, живопис	акварель туш
А. Глібов	Г. Глікман	+	ахроматичні	графіка	туш
І. Т. Бойко	А.О. Лівень	+	ахроматичні	гравюра	літорит
Т. Г. Шевченко	В.І. Касіян	+	хроматична	живопис	олія

Через зображення передається не тільки сюжет, але й дух епохи, національні риси, героїка або іронія, що підкреслює роль художника як візуального оповідача [7]. Ілюстрації стають продовженням тексту, розширюють його зміст, акцентують увагу на ключових моментах або контрастах.

Завдяки майстерному володінню технікою, митці створили образи, які живуть власним мистецьким життям – часто вони можуть функціонувати незалежно від тексту, однак у поєднанні з ним створюють повноцінний художній простір.

Таким чином, розмаїття стилів, засобів і технічних прийомів, використаних у проаналізованих ілюстраціях, свідчить про високий рівень ілюстративної культури

та її значення для збереження та передачі культурної пам'яті. Це ще раз підтверджує важливість мистецтва книги як міждисциплінарного явища, що об'єднує літературу, образотворче мистецтво та історію.

Обкладинки.

Обкладинка книги в епоху романтизму в Україні – це не просто декоративний елемент, а повноцінне художнє явище, яке відображає дух часу, національну ідентичність і культурні прагнення епохи. Проаналізовані приклади демонструють багатство стилістичних рішень, технік і символів, використаних українськими митцями для передачі ідей краси, героїзму, гармонії з природою та глибокого зв'язку з історією.

Природні мотиви, орнаментальні елементи, героїчні сюжети та патріотичні кольори формують цілісну візуальну мову, яка не тільки прикрашає книгу, але й активно комунікує з читачем. Вони задають тон твору ще до того, як буде прочитано перше речення. Багато з проаналізованих обкладинок – від стриманої класики «Слова о полку Ігоревім» до яскравої народної стилістики «Закувала зозуленька» – показують глибоку повагу до національної традиції та водночас готовність до експерименту.

Кожна обкладинка має власний наратив, вона відображає не тільки зміст книги, але й емоційний, символічний контекст, у якому вона була створена (табл. 9). Усі ці фактори разом сприяють формуванню національного художнього стилю, що є унікальним і впізнаваним у європейському контексті.

Таблиця 9 – Аналіз обкладинок України

№	Автор	Обкладинка	Матеріал	Гамма
1.	-	тверда	шкіра з тисненням	хроматична
2.	-	тверда	тканина	хроматична
3.	О. І. Білецький	тверда	тканина	хроматична
4.	Українські народні казки	тверда	матовий	хроматична
5.	Хрестоматія	тверда	матовий	ахроматична
6.	-	тверда	матовий	хроматична
7.	А. Глібов	тверда	матовий	хроматична
8.	І. Т. Бойко	м'яка	матовий	хроматична
9.	Т. Г. Шевченко	тверда	матовий	хроматична

Висновок

Обкладинки художніх видань XIX століття відігравали важливу роль не лише як елемент візуального оформлення, а й як носій культурного змісту. У Польщі, Німеччині та Україні вони виступали інструментом комунікації національних цінностей, історичної пам'яті й естетичних ідеалів. Зокрема, українські видання епохи романтизму демонстрували глибоку пов'язаність із фольклором, природою й національною символікою, що виявлялось у кольоровій гамі, декоративних елементах та стилістиці.

Польські обкладинки нерідко поєднували графічну вишуканість із патріотичними мотивами, передаючи дух спротиву та національної гідності. Німецькі ж видання тяжіли до символізму й філософської глибини, що відображалось у виборі тем, шрифтів та композиційних рішень. Усі три національні традиції демонструють, що обкладинка може бути не лише вступом до літературного тексту, а й візуальним виявом національної ідентичності, синтезом художніх та інформаційних функцій.

Список літератури.

1. Скуратівський, В.Т. (Ред.). (1993). Міфологія і література: Нарис взаємодії. Наукова думка.
2. Кісь, О.Р. (2017). Ілюстрація: від малюнка до книги. Основи.
3. Кісь, О.Р. (2014). Ілюстрація: історія, теорія, практика. Основи.
4. Кісь, О.Р. (2016). Основи дизайну: Шрифт, ілюстрація, верстка. Основи.
5. Неупокоева, І.Г. (2015). Шрифт. Історія, теорія, практика. АртЕк.
6. Неупокоева, І.Г. (2013). Шрифтознавство: Навчальний посібник. АртЕк.
7. Прищенко, С.В. (2018). Кольорознавство: Навчальний посібник. Кондор.
8. Лотошинська, Н.Д., & Івахів О.В. (2014). Теорія кольору та кольороутворення: навч. посіб. Львів. Політехніка.
9. Таранов, Н.Н. (1986). Рукописний шрифт. Вища школа.
10. Даниленко, В.Я. (2004). Дизайн. ХДАДМ.
11. Сава, В.І. (2004). Основи техніки творення книги. Каменяр.
12. Стребіж, Н.О., & Куць, Я.Й. (2021). Особливості шрифтів та типографіки у зовнішньому оформленні видань. УАД.

ANNOTATIONS

UDC 004.05

APPROACH TO COMPREHENSIVE WEBSITE TESTING: COMBINING USABILITY AND FUNCTIONAL TEST METHODS

Vovk O.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Chebotarova I.B.

Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Mendielieva M.V.

Junior Researcher, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *Testing website interface is a rather complicated process due to the large variety of existing testing methods. The article discusses an approach for testing the interfaces of educational and e-commerce websites in working conditions, which includes a combination of usability and functional testing methods. Based on the analysis of test results and possible types of website projects and their constraints, we propose a test approach that provides an effective usability evaluation and verification of interface interaction with the server-side component of educational or e-commerce website. We expect the proposed approach can be used to identify a larger number of errors on a website in use and to form recommendations for its improvement when testing resources are limited on its project.*

Keywords: WEBSITE, USABILITY, FUNCTIONAL TESTING, HEURISTICS, EXPERT, SURVEY, QUALITY.

UDC 004.8

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE TRANSFORMATION
OF ONLINE EDUCATION: A CASE STUDY
OF “MASTER OF STUDIES IN DIGITAL EDUCATION”
PROGRAM OF UNIVERSITY OF GUANAJUATO**

Gurieva N.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Reyes Espino V.M.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Jimenez Arredondo V.H.

Ph.D., Department of Art, University of Guanajuato, Mexico

Abstract. *The integration explores the impact of artificial intelligence (AI) on the transformation of online education through a case study of a master's program in Digital Education at the University of Guanajuato. The study examines the theoretical foundations for integrating AI into the educational process. It analyses the potential of AI to personalize learning, automate routine tasks, create intelligent learning systems, and improve the digital competencies of program graduate's students. The **objective** is to examine the potential for applying AI technologies in the master's program in Digital Education at the University of Guanajuato, including the adaptation of educational content, the use of generative AI to support students and assessment tools, and the development of appropriate strategies, teacher training, and the creation of assessment systems that take into account the specificities of AI use. Along with the benefits, the paper also details the challenges and risks associated with introducing AI into online education, such as ethical dilemmas, academic integrity issues when using generative AI, the need to develop critical thinking, and adapt the role of the teacher. The paper concludes by offering recommendations for the effective and ethical integration of AI technologies into online education, emphasizing the importance of teacher training, the development of appropriate policies, and maintaining a balance with traditional teaching methods to ensure a quality educational experience.*

Key words: ONLINE EDUCATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MASTER'S PROGRAM IN DIGITAL EDUCATION.

UDC 004.414.2:37.091.3

**USING SCRIPTS IN PHOTOSHOP WITHIN
THE EDUCATIONAL DISCIPLINE
"SOFTWARE TOOLS FOR COMPUTER PUBLISHING SYSTEMS"**

Andrii Biziuk

Candidate of Technical Science (PhD), Docent,

Professor at the Department of the "Mediasystem and technology"

Kharkiv National University of Radioelectronics

Abstract. *The study examines methods of using software tools for workflow automation in Photoshop, specifically JavaScript scripts, and the integration of these tools into laboratory sessions of the academic course "Software Tools for Computer Publishing Systems" at the MST Department of KhNURE.*

Keywords: SCRIPT, PHOTOSHOP, AUTOMATION, EDUCATIONAL PROCESS.

UDC 004.4'242.2:378.147:655.5

ANALYSIS OF TYPICAL SITUATIONAL TASKS WITHIN THE EDUCATIONAL DISCIPLINE «INFORMATICS»

Andrii Biziuk

Candidate of Technical Science (PhD), Docent,
Professor at the Department of the "Mediasystem and technology"
Kharkiv National University of Radioelectronics

Abstract. *The study explores the integration of analytical tasks based on printing calculators into the educational process for students in the field of printing technologies. The use of Microsoft Excel is proposed for performing calculations, enabling automation, result visualization, and deeper understanding of print cost structures. Completing such tasks helps students develop essential digital competencies required in modern printing production. The study is focused on the implementation of the academic course 'Informatics' by the Department of Media Systems and Technologies at Kharkiv National University of Radio Electronics".*

Keywords: EDUCATIONAL TASKS, EXCEL SPREADSHEET PROCESSOR, PRINTING CALCULATOR, PRINT COST, CALCULATION AUTOMATION

UDC 37.01:004.8

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONTENT GENERATION: TECHNOLOGIES, CHALLENGES AND APPLICATIONS IN EDUCATION

Biziuk A.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Media Systems
and Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics

Oliinyk V.M.

Postgraduate student, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *In this article, the authors examine the current state of artificial intelligence (AI) technology implementation in content generation processes. They analyse the key development directions, technical challenges and ethical considerations related to AI integration in this process. The role of machine learning models, particularly transformer architectures, in producing text, images, audio, video, and presentations is explored, as well as their capacity to increase the efficiency and accessibility of content creation for businesses, educational institutions, and creative industries. The authors highlight the technical limitations of AI systems related to computing resources, scalability, and the quality of training data, as well as significant ethical challenges, ranging from the authenticity issues of generated content and copyright to the risks of misinformation, bias, and manipulation in society. To ensure the responsible use of AI in the content generation process, the article emphasizes the need to establish comprehensive regulatory frameworks, ethical guidelines and standards. The study predicts further evolution of the field toward multimodality and hyper-personalization of content, which opens up new perspectives for creativity, but at the same time requires attention to regulation and social impact of the technology. The research findings highlight the revolutionary nature of AI integration in the content generation process, which is transforming creative processes and business models, yet also creating new challenges for modern society.*

Keywords: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, CONTENT GENERATION, MACHINE LEARNING MODELS, GENERATIVE PRE-TRAINED TRANSFORMERS, NATURAL LANGUAGE PROCESSING, GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS, ETHICAL CHALLENGES.

THREE-DIMENSIONAL OPERATING SUITE SIMULATOR WITH CONFIGURABLE HYGIENIC STANDARD VARIABILITY

Tkachenko V. P.

PhD, Professor, department of Media Systems and Technologies
Kharkiv National University of Radio Electronics

Zavgorodnii I. V.

Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Hygiene and Ecology,
Kharkiv National Medical University

Litovchenko O. L.

Ph.D., Associate Professor, Department of Hygiene and Ecology,
Kharkiv National Medical University

Lysak M. S.

Assistant, Department of Hygiene and Ecology,
Kharkiv National Medical University

Paramonov A. K.

Senior Lecturer, department of Media Systems and Technologies
Kharkiv National University of Radio Electronics

Likhinina R. V.

Master's student, department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *The paper presents an operating suite simulator with configurable hygienic standard variability, enabling the generation of diverse virtual environments. The tool provides interactive hygienic assessment functionality and controlled reproduction of regulatory violations for educational purposes.*

Keywords: SIMULATOR, 3D MODELING, VIRTUAL REALITY, UNITY, HYGIENIC ASSESSMENT, IMMERSIVE TECHNOLOGIES.

WEB SYSTEM OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL TESTING

Deyneko Zh.V.

Ph.D., Professor, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Litovchenko O.L.

Ph.D., Associate Professor, Department of Hygiene and Ecology,
Kharkiv National Medical University

Stukalkina D.S.

Research Fellow, Department of Hygiene and Ecology,
Kharkiv National Medical University

Zavgorodnia N.I.

Ph.D., Associate Professor, Department of Sexology, Psychotherapy and Medical
Psychology,
Kharkiv National Medical University

Paramonov A.K.

Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Bielmachov O.A.

Bachelor, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *The work is dedicated to the design of a web platform for conducting medical and psychological research, which enables personalized completion of a set of questionnaires in an interactive format. The developed platform allows for repeated participation in groups of surveys, ensures respondent anonymity, and provides convenient tools for processing the results.*

Keywords: WEB SYSTEM, TESTING, PSYCHOLOGY, DESIGN, LARAVEL, DATABASE.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO DESIGN INTERNET RESOURCES DESIGN WITH USERS' PREFERENCES

Biziuk A.

PhD of Engineering Sciences, Professor, Department of Media Systems and
Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics

Kulishova N.

PhD of Design Automation Systems, Professor, Department of Media Systems and
Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics

Sydorenko G.

PhD of Technical Sciences, Associate professor, Department of System Analysis and
Information-Analytical Technologies,
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

Bilets D.

PhD of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Department of Media Systems and
Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics

Abstract. *The section explores modern approaches to automating the processes of creating stylistic design of web resources, taking into account color theory, psychology of perception, and principles of UX/UI design. The use of image clustering and machine learning for analyzing color palettes is described. The influence of color on the emotional perception of users and the effectiveness of the interface is considered. Significant attention is paid to the integration of automated tools into the educational process for the formation of professional skills of designers in the field of digital communication and web technologies.*

Keywords: WEB DESIGN, COLOR PALETTE, UX/UI DESIGN, IMAGE CLUSTERIZATION, STYLE AUTOMATION.

UDC 004.932.2

COHERENT FILTERING FOR PROCESSING BLURRED DIGITAL IMAGES

Trunova T.O.

Assistant Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Khlamov S.V.

Ph.D., Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** The paper presents a method of coherent filtering for processing blurred digital images, with a focus on astronomical data. The mathematical foundations of the method are analyzed, and an algorithm is developed that incorporates a priori information about the objects and noise characteristics. Experimental studies on real CCD frames confirmed the filter's effectiveness in enhancing image quality and detail. The study also substantiates the potential applicability of the method to other domains of digital image processing.*

***Keywords:** IMAGE PROCESSING, MATCHED FILTERING, DIGITAL IMAGE, CCD FRAMES, NOISE, DECONVOLUTION, BLUR.*

UDC 004.932.2

DIGITAL IMAGE PROCESSING USING MODELS OF TYPICAL OBJECT SHAPE

Khlamov S.V.

Ph.D., Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

Trunova T.O.

Assistant, Department of Media Systems and Technologies,
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** The study examines methods of digital image processing based on typical object shape models. Special attention is given to astronomical images, where typical shapes are employed for detecting and analyzing extended blurred objects. Adaptive mathematical models and their implementation algorithms were developed and experimentally verified using data from multiple telescopes. The approach's effectiveness was evaluated using pixel brightness reconstruction accuracy criteria. The proposed methods have been integrated into the automated CoLiTec system. The work is of practical relevance for astronomy, biomedicine, and other fields involving image analysis.*

***Keywords:** DIGITAL IMAGE, TYPICAL SHAPE, OBJECT DETECTION, MATHEMATICAL MODELS, STATISTICAL ANALYSIS, COLITEC.*

UDC 659.1

ADVERTISING AS A COMMUNICATION TOOL IN CRISIS CONDITIONS

Holubnyk T.S.

Ph.D., Associate Professor, Department of Multimedia Technologies
IPMT National University «Lviv Polytechnic»

Abstract. *The paper analyzes the measures taken in countries during the crisis from the advertising side. It identifies and formulates recommendations for influencing consumers in crisis countries. It demonstrates the types of media that are appropriate to use for the sustainability and stability of society.*

Keywords: NATIONAL RESILIENCE, ADVERTISING, CRISIS, WAR, PANDEMIC, COMMUNICATION, CONSUMER BEHAVIOR, PROPAGANDA, SOCIAL COHESION, UNITY, SOLIDARITY.

UDC 655.255+77.01

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF DIGITAL HALF-TONE IMAGES

Dubnevych M. M.

PhD, Associate Professor of the Department of Multimedia Technologies, IPMT,
National University "Lviv Polytechnic"

Selmenska Z.M.

PhD, Associate Professor of the Department of Multimedia Technologies, IPMT,
National University "Lviv Polytechnic"

Abstract. *Many of the quality indicators of printing reproduction are established at the pre-printing stage of processing the information content of visual originals. Conducting objective input and operational quality control ensures the receipt of a high-quality product. The article formulates a clear list of quality indicators of digital photographic images and presents the methodology developed by the authors for their evaluation.*

Keywords: DIGITAL PHOTOGRAPHY, QUALITY INDICATORS, BRIGHTNESS, GRADATION CONTENT, COLOR REPRODUCTION, STRUCTURAL CHARACTERISTICS, DIGITAL NOISE, SHARPNESS, CONTRAST.

INFORMATION ASPECTS OF SHAPING THE VISUAL IMAGERY IN ARTISTIC PUBLICATIONS ACROSS DIFFERENT NATIONS

Fedyna Bohdana

Ph.D., Associated professor, Department of Computer Technologies in
Publishing and Printing Processes, Lviv Polytechnic National University

Lysyi Yurii

PhD student, Department of Computer Technologies in
Publishing and Printing Processes, Lviv Polytechnic National University

Annotation. *This paper explores the informational aspects of creating visual imagery in the artistic design of book editions from different nations. Special attention is given to the visual and cultural codes conveyed through book covers and illustrations. The study analyzes the influence of national traditions, historical contexts, and art schools on the formation of book imagery. Examples from Ukrainian book graphics during the Romantic era are presented.*

Keywords: BOOKS, ILLUSTRATION, IMAGE, ANALYSIS, DESIGN, CULTURE, COVER, TYPOGRAPHY, PUBLICATION.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Chebotarova I.B.	5	Кулішова Н.Є.	137
Gurieva N.	31	Лисак М.С.	105
Jimenez Arredondo V.H.	31	Лисий Ю.М.	239
Mendielieva M.V.	5	Літовченко О.Л.	105, 122
Reyes Espino V.M.	31	Ліхніна Р.В.	105
Vovk O.V.	5	Олійник В.М.	85
Бельмачов О.А.	122	Парамонов А.К.	105, 122
Бізюк А.В.	44, 72, 85, 137	Сельменська З.М.	223
Білець Д.Ю.	137	Сидоренко Г.Ю.	137
Голубник Т.С.	214	Стукалкина Д.С.	122
Дейнеко Ж.В.	122	Ткаченко В.П.	105
Дубневич М.М.	223	Трунова Т.О.	171, 191
Завгородній І.В.	105	Федина Б.І.	239
Завгородня Н.І.	122	Хламов С.В.	171, 191

Наукове видання

**ВОВК Олександр Володимирович
ЧЕБОТАРЬОВА Ірина Борисівна
ДЕЙНЕКО Жанна Валентинівна**

«Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасний стан»

Монографія

(укр. та англ. мовами)

в авторській редакції

Відповідальний редактор

Дейнеко Ж.В.

Комп'ютерна верстка

Чеботарьова І.Б.

Технічний редактор

Гобельовська Л.П.

Підп. до друку 16.07.2023. Формат 60x84 1/16. Гарнітура Nimes New Roman
Спосіб друку цифровий. Ум. друк. арк. 17,67. Обл.-вид. арк. 9,4.
Наклад 100 прим. Зам. № 0083



Видавець та виготовлювач: ТОВ «Друкарня Мадрид»
Через ФОП Гобельовська Л.П.
61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18 Тел.: 0800 33 67 62
www.madrid.in.ua e-mail: info@madrid.in.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4399 від 27.08.2012 р.