

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)
Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

«Дослідження методів та технологій підвищення ефективності роботи співробітників за допомогою візуальних комунікацій при розробці ІТ-проектів»

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи УПГІТм-20-1
Кузьміна О.Г.

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами
в галузі інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Петров К.Е.

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Петров К.Е.

(прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук

Кафедра Інформаційних управляючих систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Кузьміній Олександрі Геннадіївній
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів та технологій підвищення ефективності роботи співробітників за допомогою візуальних комунікацій при розробці ІТ-проектів

затверджена наказом університету від 05 листопада 2021 р. № 1646Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 13.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічні публікації та інтернет джерела з тематики атестаційної роботи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: дослідити особливості побудови та можливості інтерфейсу ІС; виділити критерії ефективної комунікації користувача з інтерфейсом ІС; провести аналіз підходів до оцінки ефективності інтерфейсів ІС; дослідити методи кількісної оцінки ефективності інтерфейсів ІС;- дослідити методи детекції об'єктів на зображенні; розробити метод кількісної оцінки ефективності комунікації інтерфейсу з користувачем; провести апробацію отриманих результатів.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на атестаційну роботу	08.11.2021	
2	Аналіз літератури та Інтернет-джерел	08.11.2021-09.11.2021	
3	Дослідження сучасного стану вирішення проблеми	09.11.2021-10.11.2021	
4	Формування проблеми	11.11.2021	
5	Постановка задачі	11.11.2021	
6	Формування критеріїв ефективної комунікації користувача з інтерфейсом ІС	12.11.2021-14.11.2021	
7	Аналіз підходів до оцінки ефективності інтерфейсів ІС	15.11.2021-16.11.2021	
8	Дослідження методів кількісної оцінки ефективності інтерфейсів ІС	16.11.2021-19.11.2021	
9	Дослідження методи детекції об'єктів на зображенні	20.11.2021-28.11.2021	
10	Розробка методу кількісної оцінки ефективності комунікації інтерфейсу з користувачем	29.11.2021-30.11.2021	
11	Апробація отриманих результатів	01.12.2021-02.12.2021	
12	Написання пояснювальної записки	02.12.2021-07.12.2021	
13	Підготовка презентації	08.12.2021	
14	Надання роботи для перевірки на плагіат	08.12.2021	
15	Надання роботи на підпис науковому керівникові	09.12.2021	
16	Надання роботи на рецензію	10.12.2021	
17	Надання підписаної завідувачем кафедри роботи в ЕК	10.12.2021	
18	Захист	13.12.2021	

Дата видачі завдання 08 листопада 2021 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Петров К.Е.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи містить: 97 с., 4 розділи, 28 рис., 7 табл., 41 джерело.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, АНАЛІЗ ДАНИХ, ДЕТЕКЦІЯ ОБ'ЄКТІВ, СЕГМЕНТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ, ВІЗУАЛЬНА КОМУНІКАЦІЯ, ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ, РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕКСТУ, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ, ВИМОГИ ДО ДИЗАЙНУ UI, СТАНДАРТИ ВІЗУАЛЬНОГО ІНТЕРФЕЙСУ

Об'єктом дослідження є процес візуальної комунікації користувача із інтерфейсом ІС.

Предметом дослідження є методи кількісної оцінки елементів інтерфейсу ІС, що впливають на ефективність комунікації із користувачем

Метою досліджень є дослідження та розробка актуальних методів кількісної оцінки елементів інтерфейсу ІС, що впливають на ефективність комунікації із користувачем для створення списку рекомендацій щодо подальшого покращення інтерфейсу. Актуальність роботи полягає низькому ступені формалізації оцінки інтерфейсу в цілому з візуальної точки зору.

Практична значимість роботи полягає у підвищенні ефективності комунікації із користувачем шляхом пропонування рекомендацій щодо підвищення рівня якості інтерфейсу ІС з точки зору візуальних комунікацій

В результаті роботи було розроблено інтелектуальну систему для оцінки та формування рекомендацій щодо подальшого покращення інтерфейсу з точки зору візуальних комунікацій. Розроблену систему можна використовувати при проектуванні та при оптимізації інформаційних систем. Отримані результати можна використовувати для подальшої оптимізації та практичній реалізації розробленого підходу та інших наукових досліджень.

ABSTRACT

The explanatory note to the master's qualification work contains: 97 pages, 4 sections, 28 pictures, 7 tables, 41 sources.

INTELLIGENT SYSTEMS, DATA ANALYSIS, OBJECT DETECTION, OBJECT SEGMENTATION, VISUAL COMMUNICATION, EVALUATION INTERFACE, TEXT RECOGNITION, IMAGE OBJECT RECOGNITION, THE UI DESIGN REQUIREMENTS, VISUAL INTERFACE STANDARDS

The object of research is the process of visual communication of the user with the IP interface.

The subject of the research is the methods of quantitative evaluation of the elements of the information system interface that can affect the effectiveness of communication with the user.

The research purpose is to study and develop current methods for quantifying the elements of the information system interface that affect the effectiveness of communication with the user to create a list of recommendations for further improvement of the interface. The relevance of the work lies in the low degree of formalization of the assessment of the interface as a whole from a visual point of view.

The practical significance of the work is to improve the efficiency of communication with the user by offering recommendations for improving the quality of the IP interface in terms of visual communications.

As a result, an intelligent system was developed to evaluate and make recommendations for further improvement of the interface in terms of visual communications. The developed system can be used in the design and optimization of information systems. The obtained results can be used for further optimization and practical implementation of the developed approach and other research.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, одиниць та термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області візуальної комунікації в інтерфейсах ІС та постановка задачі.....	10
1.1 Дослідження поняття візуальної комунікації	10
1.2 Формування принципів побудови інтерфейсів ІС	11
1.3 Аналіз існуючих підходів вирішення проблеми та систем аналізу та оцінки інтерфейсу.....	20
1.4 Постановка задачі.....	27
2 Дослідження методів аналізу та оцінки інтерфейсу ІС	28
2.1 Аналіз та формування переліку об'єктів інтерфейсу ІС, які оцінюються.....	28
2.2 Методи розпізнавання об'єктів інтерфейсу на зображенні	29
2.3 Методи оцінки характеристик оптимальності інтерфейсу.....	33
2.3.1 Методи оцінки читабельності тексту	33
2.3.2 Методи оцінки гармонійності кольорової гами.....	41
2.3.3 Методи оцінки доступності інтерфейсу.....	45
2.3.4 Методи оцінки ієрархічності та візуальної завантаженості інтерфейсу ІС.....	47
3 Реалізація методу комплексного аналізу та оцінки елементів інтерфейсу ІС.....	53
3.1 Вхідні дані для вирішення задачі аналізу та оцінки інтерфейсу.....	53
3.2 Вибір алгоритму детекції для детекції та аналізу інтерфейсу ІС	53
3.3 Технологія використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу.....	59
4 Апробація результатів дослідження.....	63
4.1 Програмна реалізація інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу ІС	63
4.2 Приклад використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки	63
4.3 Рекомендації щодо використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу	70
Висновки	72
Перелік джерел посилань.....	74
Додаток А Графічний матеріал.....	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ ТА ТЕРМІНІВ

ІС — інформаційна система;

ПЗ — програмне забезпечення;

pt – одиниця виміру (англ. point) кеглю тексту, в 1 дюймі 72 pt;

Інтерфейс — спосіб та засоби, які забезпечують взаємодію користувача з програмами або програм між собою, програм з апаратними засобами або апаратних засобів між собою.

ВСТУП

Розвиток людства супроводжується неухильним збільшенням інформації, яка споживається людиною постійно. Людина отримує інформацію багатьма способами, комунікативними каналами, які можна виділити у класифікацію, характеризувану типом сприйняття та зчитування: смакова, вокальна, тактильна, візуальна та нюховий комунікація[1] .

За сприйняття інформації в тілі людини відповідають сенсорні системи, які є системами органів, що відповідають за взаємодію зовнішніх або внутрішніх факторів із свідомістю [2]. Показники органів чуття, тобто інформація зчитана ними, є головним джерелом загальної інформації, яка споживається та засвоюється людиною. Сенсорні системи можна класифікувати на системи наступним чином:

- аудіальну, утворену системою органів слуху, яка сприймає звукову інформацію, звуки, пісні, характеристики тональності, частоти та тембру;
- візуальну, утворену системою органів зору, яка сприймає візуальну інформацію, зображення, текст, розташування, форми, колір та композицію;
- кінестетичну, яка сприймає інформацію, пов'язану із контактуванням вивченого предмета із тілом, дотик, смак, температура, структура поверхні, жорсткість, запах;
- дискретну, яка сприймає інформацію логічним способом, осмисленням [3].

«На основі сукупності відчуттів формується чуттєве сприйняття, тобто осмислення відчуттів і готовність їх описати. Сприйняття не є простим відображенням діючого стимулу; воно залежить від розподілу уваги в момент його дії і суб'єктивного ставлення до подій, що виражається в емоційних переживаннях [4]».

Засновуючись на численних досліджах можна сказати, що близько

вісімдесяти відсотків інформації, що потрапляє до мозку людини становить інформація, сприйнята візуальною сенсорною системою [5]. Таким чином, через візуалізацію можна передати чимало інформації.

«Для ока достатньо кількох ліній; все інше робить мозок: він бачить об'єкт і знаходить в ньому все, що тільки можливо. Іноді ми бачимо не існуючі предмети: зображення облич у полум'ї, місяць здається нам людським обличчям [6]».

Отримані результати виконання магістерської атестаційної роботи оформлені у вигляді пояснювальної записки [7, 8].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ВІЗУАЛЬНОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ІНТЕРФЕЙСАХ ІС ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Дослідження поняття візуальної комунікації

У сучасному суспільстві вже спостерігається тенденція до візуального представлення інформації. Візуальні аспекти комунікаційного процесу стають все більш важливими [2]. Чіткість, читабельність і візуальна зручність є основними критеріями ефективності будь-якого повідомлення. За допомогою візуального спілкування створюються тексти, які краще сприймаються та легше запам'ятовуються.

Візуальний канал – не лише потужний канал передачі, а й нагромадження інформації. Основний масив інформації, створеної людством, знаходиться в документах різного виду, які сприймаються візуально. Як підкреслює Г. Почепцов, візуальна комунікація являє собою створення довготривалих повідомлень, і це одна із її головних особливостей [9].

Оскільки інформаційні технології розвиваються в напрямі поліпшення інформаційних систем, до яких відносять інттернет-ресурси, мобільні додатки та програмні забезпечення (ПЗ), розкрити потенціал даних продуктів у повній мірі можна за допомогою візуальної комунікації.

Кажучи про візуальну комунікацію в даному ключі мається на увазі візуальна частина ПЗ, тобто інтерфейс. Під поняттям «інтерфейс» прийнято розуміти набір засобів, що використовуються для взаємодії двох систем. У перекладі з англійської слово *interface* буквально означає місце дотику, а під системами, між якими здійснюється така взаємодія, можуть матися на увазі різні об'єкти. Наприклад, це є взаємодія між обладнанням і людиною, різними видами обладнання, але найчастіше під інтерфейсом мають на увазі систему взаємодії програми з людиною для обміну даними та отримання потрібної інформації. Останній варіант інтерфейсу називають користувацьким.

1.2 Формування принципів побудови інтерфейсів ІС

Через інтерфейс ПЗ можна передати чимало інформації, оскільки інструментом візуальної інформації є не тільки текст, але й колір, форма та композиція.

Беручи до уваги сказане вище, впливає, що інтерфейс ПЗ, як інструмент комунікації та джерела інформації, можна використовувати неправильно або ж не використовувати у повному обсязі потенціал. Такий підхід, відповідно дасть негативний ефект на комунікацію людини та програми. Проблеми низькоякісного інтерфейсу можна розділити за категоріями:

- проблеми невідповідності кольору, важке сприйняття тексту, зображень, або функціональних модулів із-за невірно підбраної кольорової гама;
- проблеми не оптимізованої системи, довге завантаження сторінок, низькоякісний хостінг системи;
- проблеми лендінгу, функціональні модулі сторінок системи повинні бути розміщені інтуїтивно зрозуміло користувачу;
- проблеми архітектури і функціонування інтерфейсу системи, наявність тупикових сторінок, незрозуміла навігація, непрацюючі посилання тощо.

Наступні аспекти пов'язані із візуальною компонентою ІС.

Інтуїтивність. Основне завдання дизайнера зробити інтерфейси інтуїтивно зрозумілими. Якщо врахувати, що користувачі, наприклад, будуть відволікатися або мати обмежений час, то їхнє когнітивне навантаження буде високим і, ймовірно, на інформаційну систему, сайт, залишиться лише кілька секунд. Якщо в ці кілька секунд системою буде складно користуватися, користувачі відмовляться від неї, дизайн не впорається зі своїм завданням.

Ускладнений дизайн. Важливо пам'ятати, що сайт – це насамперед контент та функціональність, а не дизайн. Дизайн допомагає користувачеві

з'ясувати, що він хоче знати чи зробити те, що потрібно зробити, але він ніколи не повинен займати центральне місце.

Контроль у користувача. Дизайн має бути насамперед сфокусований на те, щоб дати користувачеві відчуття контролю над своїм досвідом. Коли дизайн змушує користувача з'ясувати як щось зробити або щось порушує базову функцію Інтернету (наприклад, натискання кнопки «Назад» або зміна розміру тексту), він зазнає краху. Надання користувачеві елемента керування також означає контроль за циклічною анімацією або автоматичним відтворенням відео. Чим більше користувача контролю, тим він більш розслаблений і сприйнятливий.

Взаємодія. Важливо пам'ятати, що ІС є інтерактивним середовищем, і всі її елементи повинні враховувати це. Кнопки повинні виглядати та поводитися, як кнопки. Те саме стосується і посилань. Також необхідно ретельно визначити всі сценарії взаємодій користувачів. Що станеться, якщо користувач припуститься помилки? Як адаптується дизайн, якщо користувач змінить розміри браузера або перемкне пристрої?

Єдиний фокус. Через інтерактивний характер дизайну в Інтернеті користувачам часто доводиться виконувати багато взаємодій. Проте це може їх швидко перевантажити. Ось чому потрібно зосередитись на одній дії за раз. Це особливо важливо, коли справа доходить до закликів до дії. Часто користувачів бомбардують вторинними закликами до дії (наприклад, підписка на список розсилки або підписка на нас у соціальних мережах), коли основна дія залишається непоміченою.

Розбиття великої кількості інформації по групах. Великі блоки тексту, безліч категорій продуктів або плоска інформаційна архітектура може перевантажувати користувачів, надаючи багато інформації за один раз. Щоб уникнути цієї проблеми, ми можемо розбити контент на дрібніші групи, що полегшить та прискорить засвоєння інформації.

Колір. Згідно даним результатів досліджень, проведених компанією-розробником системи веб-аналітики, Kissmetrics, представила наступну інформацію, що відображає силу впливу сприйняття кольору на споживачів: основний вплив на рішення покупців про придбання нового товару надають:

- 93% – колір/дизайн;
- 6% - текстура;
- 1% - звук/запах.

Так, наприклад, 85% споживачів називають колір як головну причину вибору конкретного товару. За даними результатів досліджень Х. Чидзієва [10] відомо, що люди середнього та старшого віку менш схильні до безпосереднього впливу характеру кольору, у той час як молодь схильна мати більш розвинене почуття соціальної спільності, і тому вплив кольору на них значніші. Слід зазначити, що за даними Color Marketing Group, яка веде міжнародної асоціації професіоналів у галузі колірної дизайну, грамотно підібраний колір здатний до 80% підвищити рівень розпізнавання бренду, до 73% покращити розуміння рекламного повідомлення і до 40% покращити його читабельність. У зв'язку з цим існує класифікація основних стратегій колірної маркетингу, яка активно використовується як в Україні, так і закордоном[11].

Групування пов'язаних елементів. Хоча розбивка контенту може бути корисною у багатьох обставинах, іноді вам потрібно зробити зворотне, візуально згрупувати пов'язані елементи. Наприклад, навігаційні елементи можна згрупувати в одну вкладку, таким чином користувач швидко знайде всю необхідну інформацію по темі.

Візуальна ієрархія. Зрештою, угруповання та розбивка контенту зводяться до створення міцної візуальної ієрархії вашого сайту. Але це виходить за межі відносин між елементами. Розмір, колір та розташування відіграють важливу роль у створенні візуальної ієрархії та орієнтуванні користувача по сторінці.

Передбачливість. Якщо дизайн відхиляється від очікувань користувачів, це збиває їх з пантелику і викликає почуття занепокоєння.

Тематична естетика. Використання естетики в дизайні викликає у користувачів правильний настрій будь то зміна настрою, враження чи довіру.

Зображення повинні мати чітку мету. Зображення повинні підтримувати контент на сторінці, надаючи інформацію, або повинні бути обраними так, щоб заохотити конкретну відповідь користувача.

Тестування. Тестування дуже важливе для процесу проектування загалом, зокрема і дизайну. Чудовий дизайн не формується повністю у голові дизайнера. Натомість він розвивається шляхом проведення тестів та ітерацій.

Зворотній зв'язок відносять до проблем не оптимізованої системи. Відсутність візуального зворотного зв'язку на дії користувача допустима лише протягом дуже обмеженого часу. Для безперервних дій користувача, таких як скролл, відсутність реакції програми можлива лише протягом найкоротшого періоду. Навіть перепустка одного кадру в 16 мілісекунд вже виглядає недопрацьовано. Для дискретних (разових) дій, таких як клік, за даними деяких досліджень, користувачі нормально сприймають затримки у відліку менше 100 мілісекунд. Якщо ж дія займає більше часу, необхідно показувати візуальний індикатор.

Час відгуку є важливим критерієм ефективності оптимізації будь-якої системи. Комп'ютерні обчислення та передача даних через мережу потребує часу. Іноді можна ігнорувати час обчислень, якщо воно не впливає на зворотній зв'язок на пристроях користувачів. Однак обробку часу передачі даних через мережу уникнути не можна. Програма не може просто «зависнути», поки ми чекаємо на завантаження даних або коду. Це означає, що будь-яка дія, що вимагає нових даних, коду або асетів, є потенційно асинхронною і повинна обробляти стан завантаження. Це вірно для абсолютної більшості екранів та елементів.

Навігація є аспектом лендінгу та функціонування інтерфейсу. Ми очікуємо, що інтерфейс буде стабільним при взаємодії з ним. Елементи не повинні раптово зникати. Навігація, як всередині програми (наприклад, посилання), так і зовнішня (наприклад, кнопка «Назад» у браузері), так само має дотримуватись цього принципу. Наприклад, перемикання між вкладками у розділі користувача не повинно скинути вміст поля пошуку за межами цього розділу. повернувшись назад, вони знайдуть усі речі там, де вони їх залишили. Так само і для положення у стрічці новин, якщо користувач був всередині такої стрічки, після натискання на вкладку профілю, після чого він має повернутись назад у те ж положення стрічки.

Пріоритет є також аспектом лендінгу. Одні речі важливіші за інші. Можливо, інтерфейс діалогу повинен з'являтися строго над кнопкою, якою він був викликаний, і виходити за межі батьківського контейнера. Або щойно заплановане завдання (тобто результат кліка) може бути важливішим, ніж тривале завдання, виконання якого вже почалося. Зі збільшенням масштабу програми різні його частини, написані різними людьми чи навіть командами, починають змагатися за обмежені ресурси, такі як обчислювальні потужності процесора, трафік мережі або місце на екрані. Іноді можна розподілити елементи за єдиною шкалою «важливості», подібно до CSS-правила z-індексу. Але розподіл важливості елементів є основним способом ефективного розподілу ресурсів. Якщо все елементи є однаково важливими, це призводить до відсутності важливості як такової взагалі.

До проблем архітектури і функціонування інтерфейсу системи відносять проблеми цілісності. Цілісністю системи в розрізі даного питання називають залежність кожного елемента системи, його властивостей та зв'язків у системі від його місця, функцій тощо. всередині цілого. Це означає, що вплив на один або декілька елементів системи обов'язково викликає реакцію, зміну інших елементів. Наприклад, підпис про кількість вподобань в соціальній мережі під постом повинен реагувати на дію вподобання, тобто динамічно змінити

кількість вподобань при натисканні кнопки вподобання. Також при цьому перехід в інший розділ або натискання кнопки «назад», пост не повинен «забути», що у нього є отримане вподобання. Таким чином локальна цілісність одного користувача створює ряд непростих задач

До архітектурних проблем та проблем із інтерфейсом системи відносять доступність інтерфейсу. Сайти, які не адаптовані для людей з обмеженими можливостями, не є вузькоспеціалізованою проблемою. Наприклад, в Англії з цією проблемою стикається кожен п'ятий користувач. Навіть звичайному користувачу важко користуюся сайтами з тонкими шрифтами та неконтрастною кольоровою гамою. Важливо враховувати універсальність дизайну інтерфейсу та його доступність. До того ж необхідно зробити простим і зрозумілим для дизайнерів та розробників прийняття правильних рішень.

Гнучкість системи полягає у можливості підстроювання системи під різні її стани. Деякі помилки у кодї викликають неправильну, але суворо визначену та заздалегідь задану поведінку. Наприклад, код показує не відповідний стан для заданої умови. Але що якщо в результаті бага програма повністю припинила відображення? Таким чином з'явиться можливість продовжити осмислене виконання програми, оскільки візуальний висновок буде визначено. Помилка під час підгрузки одного посту зі стрічки не повинна «ламати» завантаження всієї стрічки або ввести додаток у нестабільний стан, який призведе до подальших помилок.

Система повинна підтримуватись різними браузерами. Веб-інтерфейс повинен бути доступним у різних сучасних десктопних браузерах. Основними браузерами є Firefox та Chrome (Chromium). Може працювати (а може і не працювати) на новому Internet Explorer 11, Safari, новій Opera (версії починаючи з 15, що використовують двигун Chromium). Не працюватиме на старих ІЕ (на версії ІЕ 8 не працює точно), старій Opera (на русій Presto, до Opera 12 включно) тощо.

В ході аналізу джерел інформації було виділено критерії інтерфейсу, які

б додатково підвищували якість системи та покращували б користувацький досвід:

- гармонійна кольорова гама, яка пасує до предметної області та призначення системи;

- текст є гарно читабельним, чітко виділяється на тлі сторінки, відформатований згідно із його призначенням та смисловим навантаженням;

- функціональні модулі, як стандартні (наприклад, меню дій, панель управління вікном і так далі) так і вузькоспеціалізовані, розміщені за правилами лендінгу;

- час завантаження сторінок повинен бути оптимальним і не перевищувати нормованих значень;

- код програми ПЗ повинен бути відрефактореним, щоб мати стандартизовану структуру системи, що забезпечить подальшу ефективність розробників під час вдосконалення системи;

- всі функціональні модулі повинні бути робочими, посилання мають переадресовувати на необхідні сторінку, а кнопки викликати необхідну послідовність викликів методів;

- час виконання методів повинен бути оптимальним та збалансовано швидким.

Окрім цього інтерфейс, безумовно, повинен підтримувати із користувачем візуальну комунікацію для того щоб передати інформацію максимально ефективно, швидко та комфортно. Візуальною комунікацією називають зв'язок із реципієнтом шляхом засобів візуалізації. У сучасній культурі існує кілька типів характеристик, коли мова йде про візуальні елементи, вони складаються з об'єктів, моделей, графіків, діаграм, карт і фотографій. Крім різних типів характеристик та елементів, існує сім компонентів візуальної комунікації: колір, форма, тони, текстура, фон, баланс та ієрархія [12].

Аспекти високоефективного дизайну, які були проаналізовані, покликані

для покращення користувацького досвіду користувача. Користувацький досвід включає сприйняття людиною корисності, простоти використання та ефективності. Покращення користувацького досвіду важливо для більшості компаній, дизайнерів і творців під час створення та вдосконалення продуктів, оскільки негативний досвід користувача може зменшити використання продукту і, отже, будь-який бажаний позитивний вплив; навпаки, проектування з метою прибутковості часто суперечить цілям етичного досвіду користувачів і навіть завдає шкоди. Досвід користувача суб'єктивний. Однак атрибути, які складають користувацький досвід, є об'єктивними.

Позитивний досвід користувача також повинен бути економічно вигідним для власника сайту, або роботодавця, якщо йде мова про корпоративну ІС. З точки зору провайдера системи, він зацікавлений у найбільш ефективному досвіді користувача, адже це є ключовим моментом зростання продажів, відвідуваності сайту або ж будь-якого іншого виду цільового результату використання ІС. Для роботодавця також є критично важливим ефективність праці його підлеглих робітників. Ефективність, на яку можна вплинути за допомогою візуальних комунікацій ІС, визначається підтриманням мотивації робітника шляхом надання зручного та якісного дизайну ІС.

Низькоефективний дизайн чимало впливає на результати роботи користувача. Беручи до уваги вищевизначені аспекти інтерфейсу та функціонування ІС можна визначити негативні наслідки, які отримується від користувача ІС, які описані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Наслідки порушення принципів ефективного дизайну

Принцип, який було порушено	Наслідок проблеми	Приклад проблеми, що була спричинена
Інтуїтивність, передбачливість, навігація	Збільшення часу адаптації користувача до інтерфейсу із-за пошуку функціональних модулів, які знаходяться не на «звичайному» для них місці	Користувач не знайшов або довго шукав необхідний функціональний модуль
Уникнення ускладненого дизайну, єдиний фокус, розбиття великої кількості інформації по групах, візуальна ієрархія, пріоритет елементів, зображення мають чітку мету, тематична естетика	Збільшення часу на сприйняття інформації із-за дезорієнтації на сторінці та збільшеного навантаження із-за великої кількості рівноважливих деталей	Користувачу було важко зконцентруватися на необхідному йому пункті із-за перевантаження та відволікання на побічні деталі
Доступність інтерфейсу, колір, кольорова гама, читабельність тексту	Збільшення часу на сприйняття інформації із-за поганої читабельності тексту, занадто яскравих кольорів, або несумісних поєднань	Користувачу було важко сприйняти інформацію із-за незручного оформлення, що дратує зір
Взаємодія, зворотній зв'язок, контроль користувачем	Зниження зацікавленості або відмова продовжувати комунікацію із-за незручного користування	Користувач не зміг зв'язатись з адміністрацією системи
Тестування, гнучкість, мультиплатформерність	Зниження довіри до системи та концентрації уваги	Користувач зіткнувся із помилками системами

Таким чином порушуючи аспекти вискоєфективного дизайну ІС провайдер системи може зіткнутися із проблемами комунікації та мотивації користувачів під час їхнього досвіду користування системою.

«Мотивація — це процес стимулювання працівників до здійснення ефективної діяльності, спрямованої на досягнення цілей підприємства. Мотивація необхідна для ефективного виконання прийнятих рішень і запланованих задач [13]». Замотивована людина виконує більш ефективно та результат її роботи може призвести до більш якісного результату [14, 15].

1.3 Аналіз існуючих підходів вирішення проблеми та систем аналізу та оцінки інтерфейсу

Комплекс проблем із дизайном інтерфейсу ІС, який було описано раніше, є розповсюдженою проблемою навіть у наш час розвинутих інформаційних технологій. Для вирішення цього ряду питань пропонується створити список рекомендацій провайдеру системи. Найбільш ефективним буде створення та використання наступного рекомендаційного листу на етапі проектування системи, коли система ще тільки створюється, або ж на момент ескізного проекту, макету. Проте в цілому допускається оформлення і використання рекомендацій на будь-якій стадії життя проекту, коли провайдер ІС вважає це доцільним.

Рекомендації повинні бути результатом аналізу інтерфейсу ІС. Відповідно до цього, інтерфейс повинен бути розбитим на інформаційні модулі, кожен із яких повинен бути оціненим. Оцінка є кількісною, пропонується використовувати шкалу від 1 до 5, де 5 — найкраща оцінка інформаційного модулю, а 1 — найгірша. Був проведений аналіз методів та методологій кількісної оцінки елементів інтерфейсу та його інформаційних модулів.

Юзабіліті-контроль — оцінка якості ПЗ за характеристиками юзабіліті. При евристичному контролі потрібний деяка кількість експертів (юзабіліті-фахівців, НСІ-фахівців), які оцінюють інтерфейс за деяким набором критеріїв,

наприклад, евристик Нільсена. Такий контроль дозволяє знайти основні проблеми, з якими, найперше, зіткнеться користувач. Як недолік цієї методики можна вказати значні витрати на залучення достатньої кількості експертів. Також до завершення розробки можна оцінювати, наскільки інтерфейс задовольняє цілям користувачів. Для цього періодично необхідно відповісти на два питання:

- чи знає користувач, що робити на наступному кроці;
- якщо знає, чи наближається він до вирішення своєї мети?

На більш пізніх етапах розробки доцільно застосовувати юзабіліті-тестування. Юзабіліті-тестування — вимір якості розробленої ІС за характеристиками юзабіліті. Всі методи можна розбити на дві великі групи: методи безпосередньо тестування інтерфейсу групою користувачів і методом без тестування, засновані на формальних розрахунках. Всі ці методи однаково ефективні як для оцінки інтерфейсу традиційних ІС, і web-додатків.

Вибір групи методів залежить, в основному, від того, наскільки можливе безпосереднє тестування на тій чи іншій стадії виконання проекту, та від кількості матеріальних та часових ресурсів, які передбачені на тестування. При цьому слід враховувати не тільки вартість самого проектування та розробки якісного та зручного користувацького інтерфейсу, але й можливих фінансових втрат через неточної опрацьованості інтерфейсу або незадоволеності користувача при його експлуатації.

Існують декілька методів безпосереднього тестування інтерфейсу групою користувачів:

- експертна оцінка;
- коридорний тест;
- тест п'яти секунд;
- карткове сортування;
- анкетування;
- віддалене тестування;

- А / В тестування.

Евристичний аналіз – це експертний аналіз, який визначає сприйнятливості системи до певного ризику. Евристичний аналіз в UX-дизайні — це процедура, яка використовується для визначення загальних проблем з використанням продукту. Коли спеціалісти з UX проводять евристичний аналіз, вони порівнюють дизайн цифрового продукту зі списком попередньо визначених принципів та рекомендацій, також відомих як евристики.

Евристика складається з конвенцій проектування, які були перевірені або досліджені протягом тривалого періоду і довели свою ефективність. « 10 евристик юзабіліті для дизайну інтерфейсу користувача » Якоба Нільсена та «Вісім золотих правил дизайну інтерфейсу » Бена Шнайдермана є, мабуть, найбільш часто використовуваним набором евристик зручності використання.

Формування рекомендацій щодо інтерфейсу ІС пропонується автоматизувати за допомогою сторонніх систем та із використанням штучного інтелекту, який би автоматично розпізнав та класифікував елементи інтерфейсу на макеті, скріншоті або ж веб-сторінці ІС.

Системи, що дозволяють проаналізувати або оцінити інтерфейс поділяються на категорії аналізу тексту та підбору кольору.

До систем аналізу тексту відносять наступні системи.

StylifiMe — це система аналізу інтернет-сторінки, яка звертаючись до html-коду сторінки, видає список використаних кольорів сторінка та перелік шрифтів із кеглем. Приклад аналізу сторінки сайту pure.ua наведений на рисунку 1.1.

Colorable — аналітична система, що на основі заданих параметрів кольорів для фону та тексту, продукує оцінку читабельності. Оцінки бувають чотирьох типів:

- «fail», при якій текст вважається нечитабельним;
- «AALarge», при якій текст вважається читабельним лише у разі використання у кеглі більше 18 pt або жирного накреслення;

- «АА» - задовільно читабельний текст;
- «ААА» - відмінно читабельний текст.

Приклад роботи системи зображено на рисунку 1.2.

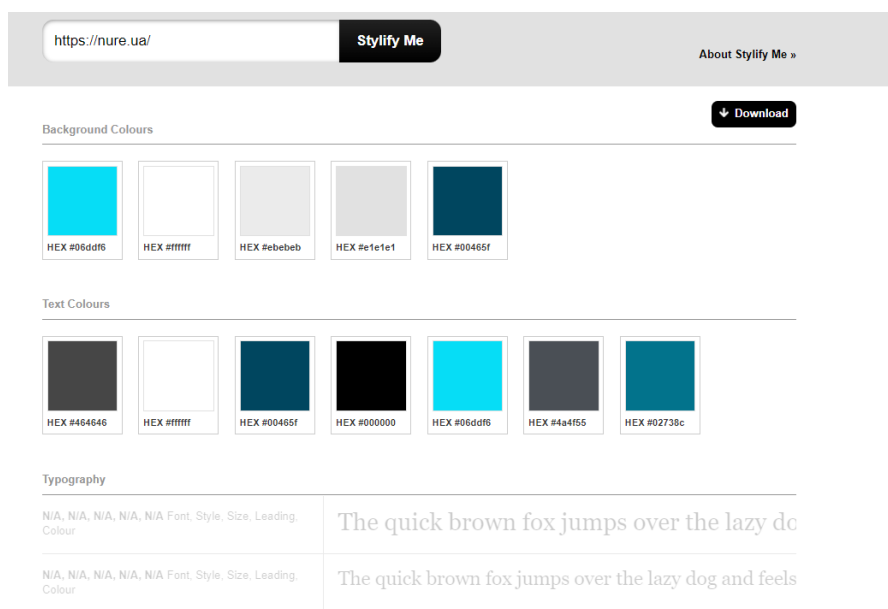


Рисунок 1.1 — Знімок екрану сайту StylifyMe із прикладом його роботи

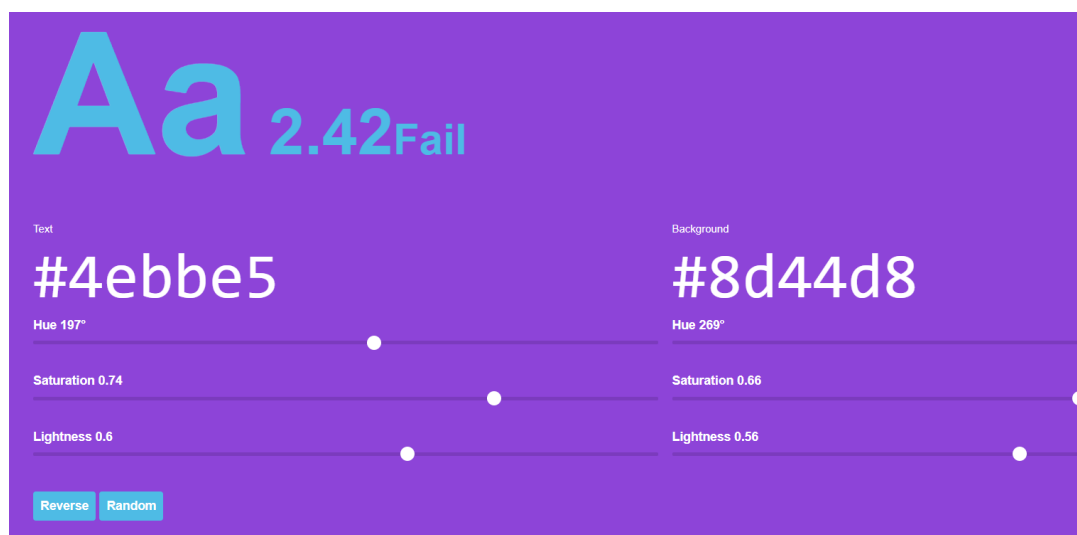


Рисунок 1.2 — Знімок екрану сайту Colorable із прикладом його роботи

Contrast Checker WebAIM — система аналогічна Colorable, але дозволяє оцінити читабельність не тільки тексту, але й іконок із демонстрацією прикладів. Дана система є продуктом організації, яка розробила стандарти

контрастності для тексту та фону, які використовуються на даний момент у всіх системах подібного типу. Приклад роботи системи зображено на рисунку 1.3.

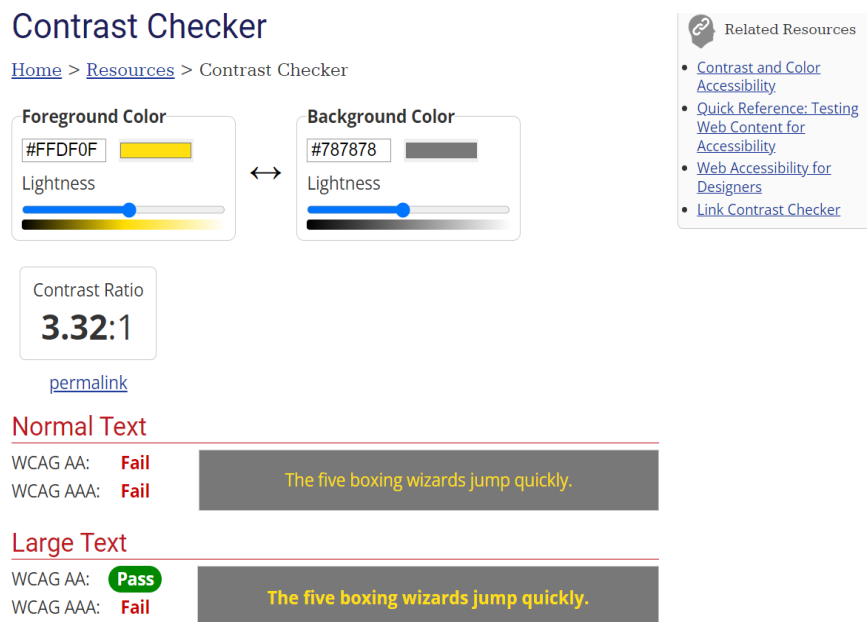


Рисунок 1.3 — Знімок екрану сайту Contrast Checker WebAIM із прикладом його роботи

TypeWolf Type Sample — система, яка сканує html-код сторінки та в режимі реального часу підсвічуючи структурні елементи сторінки, видає інформацію щодо тексту та зображень. Приклад роботи системи зображено на рисунку 1.4.

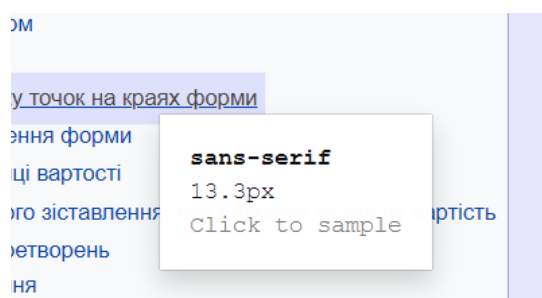


Рисунок 1.4 — Знімок екрану із прикладом роботи TypeWolf Type Sample

ColourScheme — система для підбору гармонійних поєднань за правилами гармонії. Знімок екрану системи зображений на рисунку 1.5.

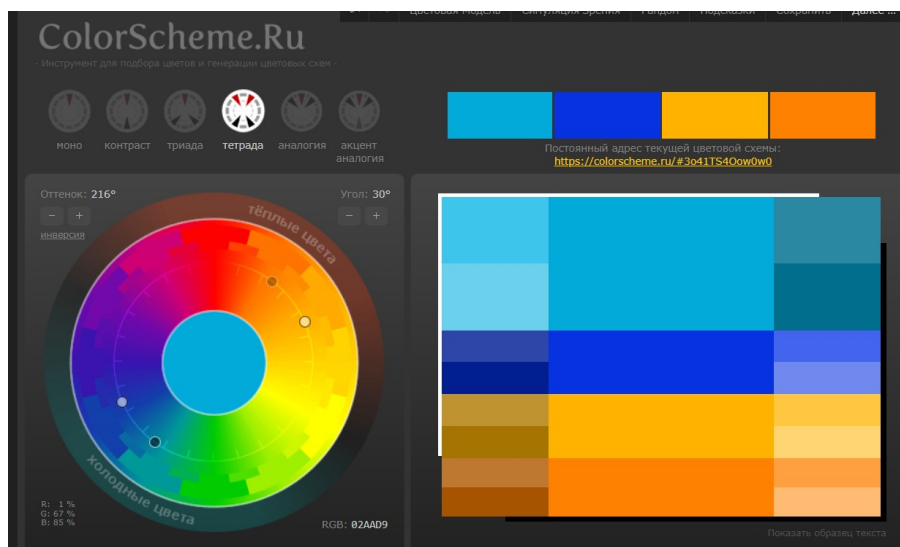


Рисунок 1.5 — Знімок екрану сайту ColourScheme із прикладом його роботи

Colour Tool — схожа система, але окрім поєднань вона пропонує переглянути приклад-ескіз. Знімок екрану системи зображений на рисунку 1.6.

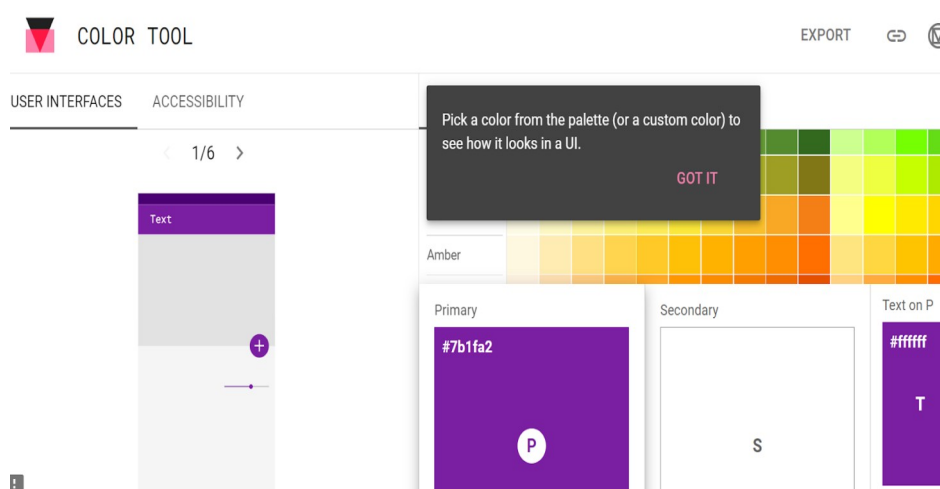


Рисунок 1.6 — Знімок екрану сайту Colour Tool із прикладом його роботи

Було проведено аналіз ринку програмних продуктів, які б мали можливість проаналізувати інтерфейс ІС.

Також проаналізовані системи для навчання штучного інтелекту за візуальними образами.

IBM Maximo Visual Inspection. Навчає моделі класифікувати зображення та виявляти об'єкти в зображеннях і відео без глибокого навчання. Повна екосистема IBM для надання моделей глибокого навчання, пов'язаних з комп'ютерним баченням (computer vision).

IBM® PowerAI Vision — це платформа для аналізу відео та зображень, створена для серверів IBM Power Systems. PowerAI Vision використовує графічні процесори для оптимізації продуктивності. PowerAI Vision включає інструменти та інтерфейси для тих, хто має обмежені навички в технологіях глибокого навчання. PowerAI Vision використовується, щоб легко позначати зображення та відео, які можна використовувати для навчання та перевірки моделі.

Нижче наведено основні функції PowerAI Vision [16]:

- спрощене навчання моделі, використовуються наявні моделі, які вже навчені, як відправну точку, щоб скоротити час, необхідний для навчання моделей, і покращити результати навчання;
- розгортання моделі одним клацанням миші, після створення навчальної моделі одним клацанням миші можна розгорнути API;
- управління наборами даних і маркування, є можливість керувати даними, які не мають міток, і даними з мітками;
- допомога у виявленні відео об'єктів та нанесенні маркування, імпортовані відео можна сканувати на наявність об'єктів, а об'єкти можна автоматично позначати.

Google Analytics — зручний і багатофункціональний сервіс від компанії Google для аналізу інтернет-сайтів та мобільних додатків. Дозволяє вебмайстрам перевірити стан індексування, створити детальну статистику

аудиторії сайту та оптимізувати видимість своїх вебсторінок.

1.4 Постановка задачі

З усього вищезазначеного можна визначити об'єкт, предмет та мету дослідження. Об'єктом дослідження є процес візуальної комунікації користувача із інтерфейсом ІС [17-19].

Предметом дослідження роботи є методи кількісної оцінки елементів інтерфейсу ІС, що впливають на ефективність комунікації із користувачем.

Метою є дослідження та розробка актуальних методів кількісної оцінки елементів інтерфейсу ІС що впливають на ефективність комунікації із користувачем для створення списку рекомендацій щодо подальшого покращення інтерфейсу.

Таким чином для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити особливості побудови та можливості інтерфейсу ІС;
- виділити критерії ефективної комунікації з інтерфейсом ІС;
- провести аналіз підходів до оцінки ефективності інтерфейсів ІС;
- дослідити методи кількісної оцінки ефективності інтерфейсів ІС;
- дослідити методи детекції об'єктів на зображенні;
- провести аналіз інструментарію для навчання штучного інтелекту визначеним критеріям;
- розробити метод кількісної оцінки ефективності комунікації інтерфейсу з користувачем;
- провести апробацію отриманих результатів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ІНТЕРФЕЙСУ ІС

2.1 Аналіз та формування переліку об'єктів інтерфейсу ІС, які оцінюються

Для досягнення сформульованої мети роботи необхідно розробити систему методів, які б аналізували та оцінювали б інтерфейс ІС. Таким чином має сенс провести аналіз методів, моделей та технологій, запропонувати власні рішення на основі отриманих результатів, у вигляді системи чи сукупності технологій.

З точки зору візуальних комунікацій та підходу даного дослідження виявляться та оцінюватись буде обмежена кількість порушень принципів інтерфейсів, а саме [21]:

- інтуїтивність, передбачливість, наявність типових функціональних модулів, навігація;
- ускладнений дизайн;
- контроль у користувача;
- взаємодія, зворотній зв'язок;
- єдиний фокус, візуальна ієрархія, пріоритет;
- розбиття великої кількості інформації по групам, групування пов'язаних елементів;
- колір, гармонійна гама, доступність інтерфейсу, читабельний текст;
- тематична естетика, зображення повинні мати чітку мету.

Для процесу аналізу та кількісної оцінки інтерфейсу ІС необхідно проаналізувати екранний знімок інтерфейсу, в якому виділити структурні елементи, такі як:

- заголовки;
- текст;

- зображення;
- іконки та логотипи;
- контактні дані, телефони та адреси електронної пошти;
- структурні елементи, посилання, меню тощо.

Для аналізу виділених частин інтерфейсу [22, 23] необхідно використовувати методи, які б виділили ці частини із зображення та оцінили ефективність їх використання.

2.2 Методи розпізнавання об'єктів інтерфейсу на зображенні

Для того, щоб проаналізувати інтерфейс ІС, а в випадку даного дослідження — знімок екрану із інтерфейсом, необхідно на зображенні виділити структурні його елементи. Елементи, які необхідно визначити [23]:

- текст, його шрифт, його кегль, колір літер, колір фону літер;
- іконки, невеликі картинки;
- зображення;
- панелі меню, футер та хедер.

Розпізнавання об'єктів — це загальний термін для опису сукупності пов'язаних завдань комп'ютерного зору, які передбачають ідентифікацію об'єктів на цифрових фотографіях.

Класифікація зображень [24] передбачає передбачення класу одного об'єкта на зображенні. Локалізація об'єкта — це визначення розташування одного або кількох об'єктів на зображенні та малювання великої кількості квадратів навколо їх протяжності. Виявлення об'єктів поєднує ці дві задачі та локалізує та класифікує один або кілька об'єктів на зображенні. Таким чином, ми можемо розрізнити ці три завдання комп'ютерного зору, що зображено на таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 — Характеристика задач розпізнавання об'єктів

Задача	Вхідні дані	Вихідні дані
Класифікація зображень: передбачити тип або клас об'єкта на зображенні	Зображення з одним об'єктом, наприклад фотографією	Мітка класу (наприклад, одне або кілька цілих чисел, які зіставлені з мітками класу).
Локалізація об'єктів : визначити наявність об'єктів на зображенні та вказати їхнє розташування за допомогою рамки.	Зображення з одним або кількома об'єктами, наприклад фотографією.	Один або кілька обмежувальних прямокутників (наприклад, визначені точкою, шириною та висотою).
Детекція об'єктів: визначити наявність об'єктів із обмежувальною рамкою та типами чи класами розташованих об'єктів на зображенні.	Зображення з одним або кількома об'єктами, наприклад фотографією.	Один або кілька обмежувальних прямокутників (наприклад, визначених точкою, шириною та висотою) та мітка класу для кожної обмежувальної рамки.

Також виділяють поняття класифікації із локалізуванням [25], яке від детекції відрізняється тим, що в даному випадку кількість об'єктів, що розпізнаються відома спочатку.

Ще одним розширенням цієї розбивки завдань комп'ютерного зору є сегментація об'єктів, так звана «сегментація екземплярів об'єкта» або «семантична сегментація» [26], де екземпляри розпізнаних об'єктів позначаються виділенням конкретних пікселів об'єкта замість грубої рамки.

З рисунка 2.1 ми бачимо, що розпізнавання об'єктів відноситься до набору складних завдань комп'ютерного зору.

Для виконання поставленої мети MAP, деталі якої були описані вище, необхідно, щоб об'єкти були і класифіковані і локалізовані, тому підходять

задачі детекції та сегментації. Для загального аналізу інтерфейсу використовуватиметься метод детекції, адже на первинному етапі необхідно визначити співвідношення типів елементів інтерфейсу, і точні границі по формі об'єкта не має сенсу з'ясовувати.

Але, незважаючи на це, метод сегментації об'єктів все одно необхідно буде застосувати у методі із визначенням доступності та читабельності тексту. В даному питанні критично важливо визначити форму досліджуваних об'єктів, а якщо точніше — літер.

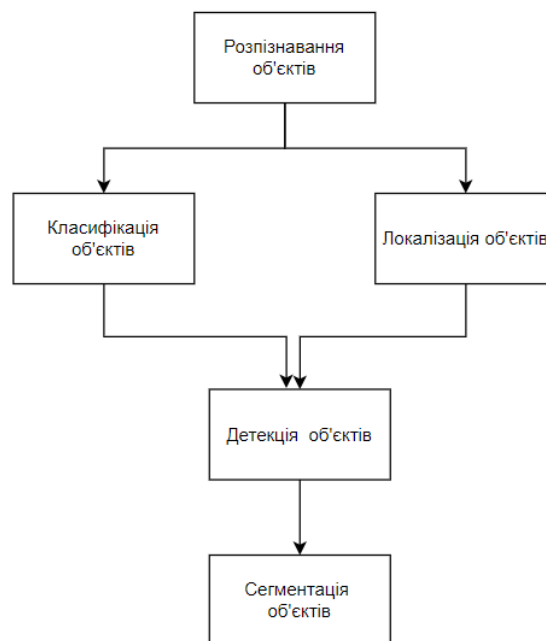


Рисунок 2.1 — Деталізація задачі розпізнавання об'єктів

Одним з наївних підходів на основі згорткових нейронних мереж може бути використання в якості ядра канонічних зображень класів, які необхідно знайти на зображенні, та подальше використання ковзного вікна для обчислення згортки. Такий підхід називається зіставленням із шаблоном (англ. *template matching*). У випадку, коли замість шаблону використовується натренований класифікатор, для досягнення найкращого результату необхідно здійснити повний перебір рамок, що обмежують, з порогом впевненості в правдивості класифікації за рахунок того, що об'єкти можуть бути різних масштабів і

знаходиться в різних місцях зображень. Однак, на зображенні дозволу $W \times H$ сумарна кількість рамок, що обмежують за формулою 2.1 [26]

$$\sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (W-i)*(H-j) = 1/4 * m * n * (m+1) * (n+1) = O(m^2 n^2), \quad (2.1)$$

що робить повний перебір неефективним методом, який займає дуже багато часу. Для зменшення кількості аналізованих обмежувальних рамок виділяють два основних підходи.

Двоетапні методи (англ. two-stage methods), вони ж «методи, засновані на регіонах» (англ. region-based methods) — підхід, поділений на два етапи. На першому етапі селективним пошуком або за допомогою спеціального шару нейронної мережі виділяються регіони інтересу (англ. regions of interest, RoI) - області, з високою ймовірністю, що містять у собі об'єкти. На другому етапі обрані регіони розглядаються класифікатором для визначення належності вихідним класам та регресором, що уточнює розташування обмежуючих рамок.

Одноетапні методи (англ. one-stage methods) — підхід, що не використовує окремий алгоритм для генерації регіонів, натомість передбачаючи координати певної кількості рамок, що обмежують, з різними характеристиками, такими, як результати класифікації та ступінь впевненості і надалі коригуючи місцезнаходження рамок.

До двохетапних відносять Region-CNN (Region-based Convolutional Network), Fast Region-CNN, Faster Region-CNN, Mask R-CNN. До одноетапних — YOLO (You Look Only Once), YOLOv2, YOLOv3, Single Shot Detector (SSD) та Anchor boxes.

2.3 Методи оцінки характеристик оптимальності інтерфейсу

Для оцінки характеристик в інтерфейсі ІС існують різні методи та технології. Більша частина оцінки заснована на експертних оцінках суб'єктивних враженнях експертів-користувачів. Проте беручи до уваги те, що напрям даного дослідження направлений до автоматичної процесу кількісної оцінки елементів інтерфейсу, то має сенс застосувати методи, засновані на взаємодії із людиною, лише на етапі визначення граничних оцінок характеристик інтерфейсу.

2.3.1 Методи оцінки читабельності тексту

Читабельністю називають степінь спроможності прочитати текст без візуальних або смислових перешкод, при якій відчуття напруги та втоми очей є мінімальними [27]. Існує декілька видів читабельності. Поліграфічна читабельність вимірюється спеціальними тестами. Оцінюють насамперед легкість візуального сприйняття тексту людиною, які характеризуються наступним:

- жирність літер;
- відношення позитивного та негативного простору в літерах;
- відстань між літерами;
- пропорції та розміри букв;
- конфігурація та розмір шрифтів;
- довжина рядка;
- ширина полів сторінки;
- колір та контрастність літер;

- вирівнювання тексту.

Лінгвістична читабельність Для різної аудиторії текст має бути різним: чим складніше конструкції та слова, тим більше читацького (і життєвого) досвіду потрібно для його розшифрування. Критерії лінгвістичної читабельності:

- довжина слів та речень;
- складність синтаксичних конструкцій (наявність однорідних членів речення та прийменникових груп, перевантаженість причетними та зворотами);
- показники частотності слова («нудота»);
- рівень абстрактності лексики;
- велика кількість термінів;
- використання неологізмів та жаргонізмів тощо.

Існують індекси до розрахунку лінгвістичної читабельності тексту [28], такі як тест читабельності Флеша-Кінкейда, автоматичний фнтекс зручночитабельності, індекс Колман-Лиау, SMOG, формула Дель-Чолла та інші. Більшість із них заснована на відношенні кількості складів у слові, кількості слів у реченні до вагових коефіцієнтів.

Для з'ясування поліграфічної читабельності використовують підходи засновані на різних її характеристиках. Для дослідження читабельності з точки зору кольорової гами використовують підходи засновані на розрахунках кількісних показників кольору фону та кольору тексту. Під кількісними характеристиками мається на увазі їх цифрове значення у певній колірній системі.

Система RGB, «червоний», «зелений» і «синій», це колірна модель, де різне значення (від 0 до 255) червоного, зеленого і синього поєднуються адитивно для отримання інших кольорів. Кольори RGB часто представлені у форматі шестизначного шістнадцяткового числа, де перші дві цифри позначають червоний колір, другі дві - зеленого і два останні синього. Колірна схема RGB добре відповідає людському сприйняттю. Людина також сприймає

кольори через рецептори червоного, зеленого та синього очак [29]. RGB також є комбінацією кольорів, безпосередньо представлених у більшості цифрових дисплеїв. Візуалізацію даної системи зображено на рисунку 2.2.

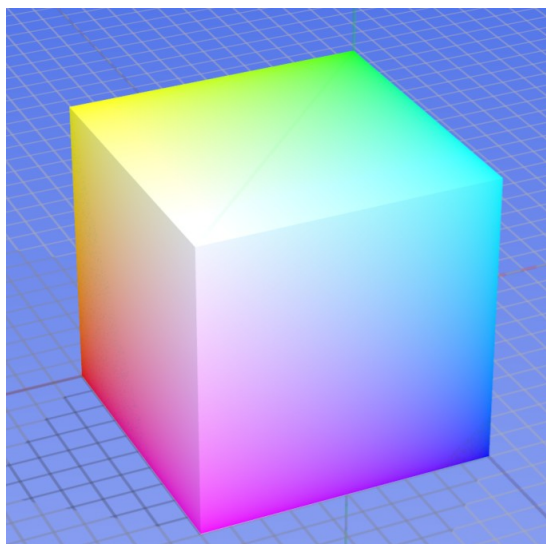


Рисунок 2.2 — Візуалізація колірної моделі RGB

Система СМУК («cyan» - циан, насичений блакитний, «magenta» - пурпурний, «yellow» - жовтий, «key black» - ключовий чорний) має принцип утворення кольорів прямо протилежний RGB. Для утворення білого колір не використовується, а для чорного — використовуються всі кольори, хоча зараз для чорного використовують окреме чорнило. Цю модель використовують в поліграфії для фізичних та аналогових носіїв кольору, тому використовувати її в дослідженні не вважається доцільним взагалі. Візуалізацію даної системи зображено на рисунку 2.3.

Сімейство колірних моделей CIE (Comission Internationale de l'Eclairage - Міжнародна комісія з освітленості) засноване на початку ХХ століття з метою створення моделі, яка б точно відповідала людському баченню і була незалежною від пристрою, який відображає колір. Найбільш відомі такі моделі: CIE XYZ та CIE L*a*b (LAB). Ці моделі залишаються актуальними через те, що вони використовуються для конвертації кольорів між колірними моделями RGB

та СМУК. Модель LAB є покращеною моделлю XYZ. В її основу покладено поняття яскравості (L), колірного тону та насиченості за зелено-червоною шкалою (A), та синьо-жовтою шкалою (B). Вісь a проходить від зеленого (-a) до червоного (+a), а вісь b - від синього (-b) до жовтого (+b). Яскравість (L) тривимірної моделі зростає в напрямку знизу вгору. В результаті загальний колір зображення можна змінювати без зміни самого зображення або його яскравості. Візуалізацію даної системи зображено на рисунку 2.4.

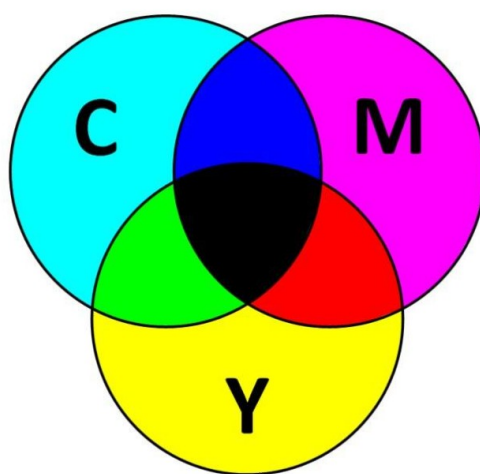


Рисунок 2.3 — Візуалізація колірної моделі СМУК

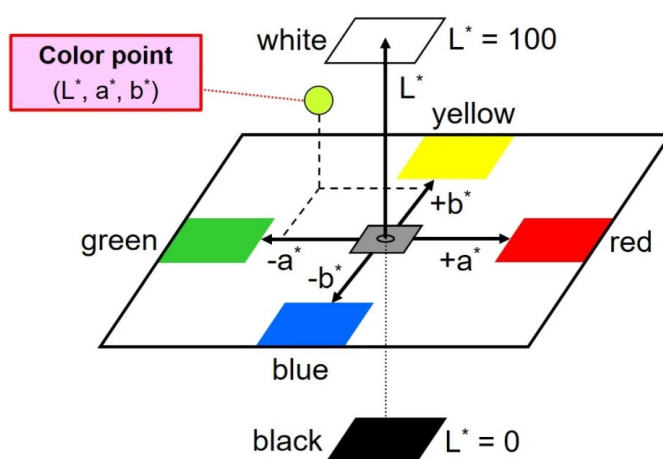


Рисунок 2.4 — Візуалізація колірної моделі LAB

HSL модель включає в себе поняття «відтінок», «насиченість» і «світлість». Це циліндричне представлення точок у колірній моделі RGB, було розроблено як спроба зробити колірну модель ще більш перцептивно інтуїтивною. Відтінок змінюється в діапазоні від 0 до 360, тоді як насиченість і легкість лежать у діапазоні від 0 до 1, іноді використовуються відсоткове значення. Насиченість відноситься до того, наскільки «яскраві» або «сірі» кольори, характеризується часткою відтінку у кольорі. Легкість є значенням виміру наскільки «темні» чи «бліді» кольори, або ж степінь близькості до білого. Ця модель може бути представлена за допомогою циліндра. Візуалізацію даної системи зображено на рисунку 2.5.

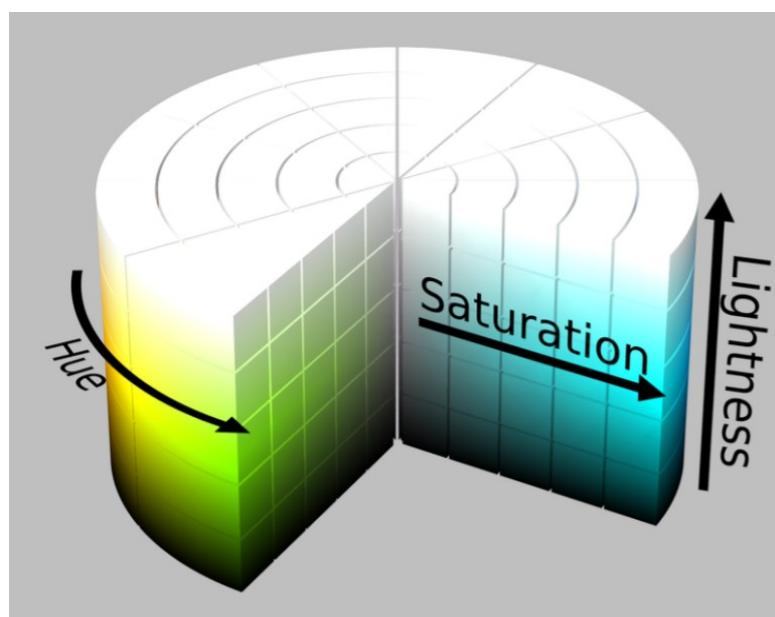


Рисунок 2.5 — Візуалізація колірної моделі HSL

Модель HSV або HSB включає в себе поняття про відтінок, насиченість та яскравість. Схожа на HSL модель, але тут замість степіню наближеності білому використовується яскравість кольору. Візуалізацію даної системи зображено на рисунку 2.6.

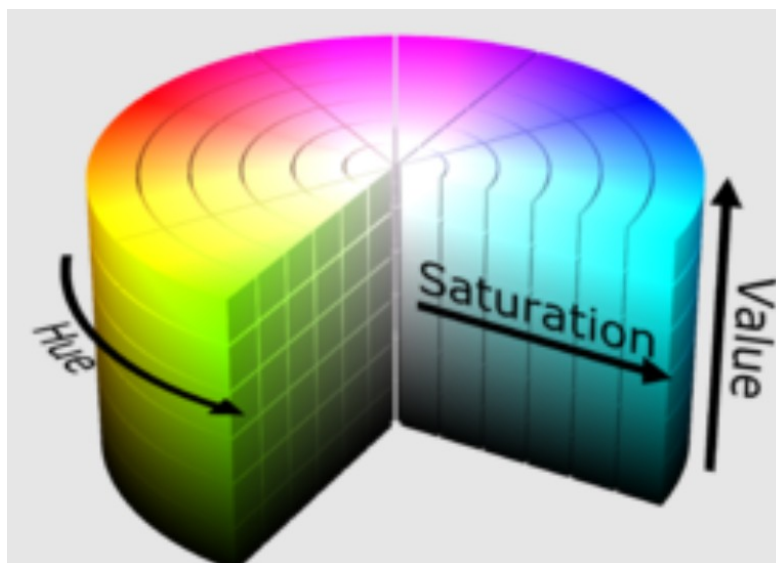


Рисунок 2.6 — Візуалізація колірної моделі HSV

Недолік HSL-моделі в тому, що вона також залежить від апаратної частини. Вона недостатньо відповідає сприйняттю людського ока, адже воно сприймає кольори з різною яскравістю (наприклад, синій сприймається нами темнішим, ніж червоний), а цієї моделі у всіх кольорів однакова яскравість. У HSL аналогічні проблеми. Проте переваги таких моделей в тому, що у них використовуються ті характеристики, які самі собою спадають на думку, коли ми описуємо колір, тобто їх зручно використовувати та оперувати при складанні кольору та його корекції.

Враховуючи, що модель RGB є найбільш розповсюдженою для екранів цифрових пристроїв та найбільш репрезентативною в даній області дослідження. Для визначення кольору в RGB необхідно задати числове значення для кожного з каналів від 0 до 255.

Читабельність тексту залежить від його характеристик. Для визначення читабельності тексту спираються на такі аспекти кольору:

- колір тексту;
- степінь контрасту між кольором фону та кольором тексту, еталоном друкованого тексту є чорний колір на білому, але із використанням цифрових технологій є велика кількість можливостей щодо вибору кольору тексту та фону

сторінки. Використання недостатньо або черезмірно контрастної композиції кольорів, обраних для тексту і для фону, призводить до зниження спроможності прочитати текст.

Для оптимального контрасту між кольором тексту та кольором фону існує загальноприйнятий стандарт WCAG. Вимоги до тексту з погляду стандарту WCAG висувуються наступним чином [30, 31] :

- текст на сторінці або зображенні повинен мати коефіцієнт контрасту не менше 4,5:1. В ідеалі це значення має бути не менше 7:1;

- для збільшеного тексту (наприклад, заголовків) коефіцієнт контрасту повинен мати значення не менше 3 : 1. В ідеалі це значення має бути не менше 4.5 : 1. Збільшеним вважається текст розміром 18 пікселів, або 14 пікселів з напівжирним зображенням.

Для обчислення коефіцієнту контрастності використовують формулу 2.2 та формулу 2.3 [32,33]:

$$(L_1 + 0,05) / (L_2 + 0,05), \quad (2.2)$$

де L_1 – відносна яскравість світлішого кольору переднього плану або фону;

L_2 – відносна яскравість темного кольору переднього плану або фону.

$$L = 0.2126 * R + 0.7152 * G + 0.0722 * B, \quad (2.3)$$

де R , G та B – значення відповідного кольорового каналу, які було нормовано за коефіцієнтами.

Нормування значень каналу використовують за наступними методами, на формулах 2.4-2.6:

$$R = \left\{ \begin{array}{l} R_{sRGB} / 12.92, \text{ якщо } R_{sRGB} \leq 0.03928; \\ \left((R_{sRGB} + 0.055) / 1.055 \right)^{2.4}, \text{ якщо } R_{sRGB} > 0.03928; \end{array} \right\}, \quad (2.4)$$

$$G = \left\{ \begin{array}{l} GsRGB/12.92, \text{ якщо } GsRGB \leq 0.03928; \\ \left((GsRGB + 0.055)/1.055 \right)^{2.4}, \text{ якщо } GsRGB > 0.03928; \end{array} \right\}, \quad (2.5)$$

$$B = \left\{ \begin{array}{l} BsRGB/12.92, \text{ якщо } BsRGB \leq 0.03928; \\ \left((BsRGB + 0.055)/1.055 \right)^{2.4}, \text{ якщо } BsRGB > 0.03928; \end{array} \right\}, \quad (2.6)$$

де $RsRGB$, $GsRGB$, $BsRGB$ – нормовані значення кольорових каналів до значень показників у стандартизованій системі подання кольору sRGB.

Для оцінки читабельності тексту, використовуючи формули 2.2-2.6, можна оцінити читабельність тексту за градацією:

- відмінно, при значенні коефіцієнту контрастності 7;
- добре, при 4,5;
- незадовільно при значенні меншому 4,5.

Так само і для тексту заголовків, жирного тексту та іконок:

- відмінно, при значенні коефіцієнту контрастності 4,5 і більше;
- добре, при 3 і до 4,5;
- незадовільно при значенні меншому 3.

Методом різниці відтінків можна оцінити читабельність. Для цього порівнюють кожний показник кольору фону та тексту за формулою 2.7 [34].

$$\begin{aligned} HueDiff = & \max((R_{text} - R_{bg}), (R_{text} - R_{bg})) + \max((G_{text} - G_{bg}), (G_{text} - G_{bg})) \\ & + \max((B_{text} - B_{bg}), (B_{text} - B_{bg})), \end{aligned} \quad (2,7)$$

де C_{text} – колір тексту;

C_{bg} – колір фону.

Отримане значення характеризує читабельність наступним чином:

- відмінно, при значенні більше 125;
- добре, при значенні 125;
- незадовільно при значенні 125.

Освічені методи є використовуваними та мають місце бути у практиці оцінки контрастності. Метод оцінки різниці відтінків є досить простим та швидким для розрахунку. Проте він не входить до стандарту WCAG, що робить його непридатним для оцінки читабельності з точки зору доступності. Доступність у розумінні, що розглядається тут, відноситься до дизайну продуктів, пристроїв, послуг або середовища таким чином, щоб їх могли використовувати люди з обмеженими можливостями. Концепція доступного дизайну та практика доступної розробки забезпечує як «прямий доступ» (тобто без допомоги), так і «непрямий доступ», що означає сумісність із допоміжними технологіями людини (наприклад, програми зчитування з екрана комп'ютера). Метод відносної контрастності в свою чергу враховує необхідну степінь читабельності для людей із слабким зором. Тому має сенс використовувати саме цей метод

2.3.2 Методи оцінки гармонійності кольорової гами

У теорії кольору, колірна гармонія відноситься до властивості, при якій кольорові поєднання мають приємний та естетичний вигляд. Ці поєднання створюють приємні контрасти та співзвуччя, які, як кажуть, є гармонійними.

Існують експериментально перевірені гармонійні поєднання кольорів [35, 36], які вважаються вдалими для кольору тексту та фону. За ступенем погіршення сприймання вони розміщуються наступним чином:

- синій на білому;
- чорний на жовтому;
- зелений на білому;
- чорний на білому;
- зелений на червоному;

- червоний на жовтому;
- червоний на білому;
- оранжевий на чорному;
- чорний на червоному;
- оранжевий на білому;
- червоний на зеленому.

Підхід до створення балансу більшості класичних колірних гармоній - це комбінація кольорів, які врівноважують спектр. Виконується це за допомогою так званого колірної круга, на якому розміщено кольори у правильній послідовності. Сам колірний круг зображено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 — Зображення кольорового круга

Для гармонійної композиції кольорів із точки зору теорії кольору використовують підхід геометричних фігур, коли на колірному крузі малюють певну фігуру. В залежності від того яка саме фігура буде використана, точка, лінія, трикутник або чотирикутник, можна отримати різновид гармонійного поєднання кольорів.

Монохроматична гармонія (фігура — точка) складається з єдиного сімейства кольорів. У більшості дизайнів монохроматична схема включає комбінацію відтінків, тонів і півтонів з одного сімейства кольорів разом із чорним, білим та/або сірим, щоб додати глибини та контрасту.

Діада (фігура — лінія) — гармонія, яка є поєднанням двох кольорів, які розділені одним кольором на колірному колі, наприклад жовтий і зелений або жовто-помаранчевий і червоно-оранжевий. Хоча відтінки в цій гармонії можна використовувати самі по собі, ви часто можна побачити комбінацію діад, яка використовується як акцентні кольори з нейтральними.

Додаткова гармонія створюється шляхом поєднання двох кольорів, розташованих прямо навпроти колірного кола один від одного. Кожен колір на колесі має лише одне доповнення, яке також називають його прямим доповненням. Додаткова колірна гармонія має найвищий ступінь колірного контрасту. Величина контрасту робить цю гармонію популярною для логотипів, кольорів спортивних команд та графіки.

Розділена комплементарна гармонія – один колір у парі з двома кольорами по обидва боки від прямого доповнення цього кольору, також відомого як розділене доповнення. Використання розділеної комплементарної гармонії – це простий спосіб позбутися від сильного контрасту між двома доповненнями, надавши колірній схемі більше варіацій та візуального інтересу.

Тріада (трикутник) - поєднання трьох відтінків, які на однаковій відстані один від одного по всьому колірному колу. Наприклад червоний, жовтий, синій або зелений, фіолетовий, помаранчевий.

Аналогова гармонія складається з двох або більше кольорів, які розташовані поруч на колірному колі. Щоб вибрати аналогову колірну схему, до кольору на колірному колі обираються ще два-чотири кольори безпосередньо зліва або справа від першого кольору, не пропускаючи жодних кольорів; також називають суміжними кольорами.

Подвійне доповнення - це поєднання кольорів, що складається з двох наборів додаткових кольорів.

Тетрадна гармонія - комбінації двох додаткових пар кольорів, при цьому жоден із кольорів не є суміжним на колірному колі. Наприклад жовтий, фіолетовий, зелений і синій. Розрізняють два утворення тетрадної гармонії,

прямокутну і квадратну.

Для аналізу сторінки інтерфейсу на гармонійність кольорів використовують перевірку за типами гармоній, які були описані вище. Для цього використовують методи порівняння із шаблоном, враховуючи похибку на відтінки кольору.

Перед використанням даного методу необхідно виділити домінуючі кольори інтерфейсу. Для цього зображення інтерфейсу розбити на пікселі. Значення пікселів необхідно класифікувати до певного кольору. Найактуальнішим і найпростішим методом є спочатку визначити дискретну кількість основних кольорів із колірної круга у вигляді діапазонів RGB характеристик і послідовне порівняння значень кольору кожного пікселя. Кольором пікселя вважається той, який має найменшу розбіжність із попередньо визначеним основним кольором діапазону. Таким чином, колір, в діапазон якого входить найбільша кількість пікселів зображення інтерфейсу, є домінуючим. Домінуючих кольорів може бути до 4-5 за кількістю.

Гармонія характеризується відношенням кольорових характеристик червоного, зеленого та синього двох домінуючих кольорів за формулою 2.8:

$$HarmonyC(DCa, DCb) = CDCa / CDCb, \quad (2.8)$$

де DCn – домінуючий колір;

$CDCn$ – RGB значення домінуючого кольору.

Значення величини гармонії порівнюється із коефіцієнтами гармонійності і повинно бути в межах допустимого теоритично-гармонійного кольору, що зазначено на формулі 2.9.

$$\alpha - \varepsilon \leq HarmonyC(DCa, DCb) \leq \alpha + \varepsilon, \quad (2.9)$$

де α — константа гармонійного сполучення;

ε — значення допустимого відхилення від гармонійного сполучення без втрати візуального імпаكتу.

Таким чином оцінюються домінантні кольори сторінки, які було виділено із інтерфейсу. За методом, що описано вище оцінюється наскільки наближеною є кожне відношення RGB-складових домінантних кольорів до константи гармоній. Так можна оцінити гармонійність кольорової гама інтерфейсу ІС.

Оскільки на даний момент не існує формалізованих методів оцінки кольорової гама, які б працювали стабільно, запропоновано використовувати метод наведений вище. Незважаючи на це, необхідно зробити відмітку про неможливість повністю формалізувати цю частину досліджень, адже естетичність залишається досить суб'єктивною сферою.

2.3.3 Методи оцінки доступності інтерфейсу

Коли веб-сайти та веб-інструменти правильно розроблені та закодовані, люди з обмеженими можливостями можуть ними користуватися. Однак наразі багато сайтів та інструментів розроблено з бар'єрами доступності, які ускладнюють або унеможливають їх використання для деяких людей.

Доступ до Інтернету приносить користь людям, підприємствам і суспільству. Міжнародні веб-стандарти визначають, що необхідно для доступності.

Веб-доступність залежить від кількох компонентів, які працюють разом, включаючи веб-технології, веб-браузери та інші «агенти користувача», інструменти для авторства та веб-сайти.

W3C Web Accessibility Initiative (WAI — Ініціативна асоціація веб-

доступності) розробляє технічні специфікації, рекомендації, методи та допоміжні ресурси, що описують рішення щодо доступності. Вони вважаються міжнародними стандартами веб-доступності; наприклад, WCAG 2.0 також ISO стандарт: ISO / IEC 40500 [37].

Читаючи текст, більшість людей не читають і не аналізують окремі символи чи навіть слова. Натомість око швидко сканує текст і аналізує шаблони та групи символів (зазвичай 6-9 символів за раз), які майже миттєво перетворюються на значення людським мозком. Цей підсвідомий процес дозволяє нам дуже швидко читати й розуміти текстовий зміст із високим ступенем розуміння, навіть якщо ми навіть не бачимо й не думаємо про символи та слова.

Лише тоді, коли символи чи слова незнайомі або створюють бар'єр для цього прямого процесу відтворення зразка до значення, ми повинні зупинитися, щоб уважніше вивчити чи обробити символи чи слова. Для оптимальної читабельності та зрозумілості важливо уникати цих переривань.

Деякі принципи, які виділила організація WAI:

- краще використовувати прості шрифти, такі як Arial, Helvetica і Times New Roman;
- краще використовувати обмежену кількість шрифтів на одній сторінці, а в текстовому блоці краще зовсім використовувати не більше одного шрифту;
- краще не використовувати занадто тонкі шрифти;
- необхідна наявність достатнього контрасту між шрифтом та фоном, але він не повинен бути занадто сильним.

Для оцінки застосованих шрифтів в інтерфейсі необхідно визначити, які саме шрифти були використані. вхідне зображення передається на оптичне розпізнавання символів після деяких фільтрів на основі його яскравості. Символи (літери) витягуються з вхідного зображення та порівнюються із символами шрифтів у базі даних за допомогою перцептивного порівняння та порівняння на основі пікселів, щоб отримати відсоток подібності. виявлений і

з'ясований шрифт також порівнюється із списком шрифтів на міру «тонкості» та «складності». Окрім цього з'ясовується колір літер тексту і фону для визначення контрастності.

2.3.4 Методи оцінки ієрархічності та візуальної завантаженості інтерфейсу ІС

Інтерфейс будь-якої програми можна розділити на смислові блоки. До таких блоків можна віднести абзаци тексту, зображення, меню, футер, хедер, рекламні або інформаційні банери, відео- та gif-інформація.

Щоразу, коли користувач відвідує веб-сайт, у мозку запускається процес обробки вхідної інформації. Зусилля необхідне обробки цієї інформації, називається когнітивним навантаженням. Особливість когнітивного навантаження в тому, що вона обмежена обсягом робочої пам'яті (Оперативної пам'яті) людини, яка забезпечує тимчасове зберігання інформації, призначеної для активної переробки мозком в даний час. І коли мозок отримує більше інформації, ніж здатний обробити (в середньому це 7 ± 2 об'єкти) то мозок починає сповільнюватися або навіть відмовлятися від поставленого завдання, забуваючи частину об'єктів.

Професор психології Принстонського університету Джордж Міллер (George Armitage Miller), який є одним із засновників когнітивної психології, в 1956 році опублікував одну з найцитованіших статей у психології під назвою «Чарівне число сім плюс або мінус два» (The Magical Number Seven, Plus or Minus Two) у якій показав, що короткочасна пам'ять людини, як правило, оперує в діапазоні від 5 до 9 елементів, ця залежність показано на рисунку 2.8. Таким чином можна виділити перший принцип побудови інтерфейсів — Гаманець Міллера.

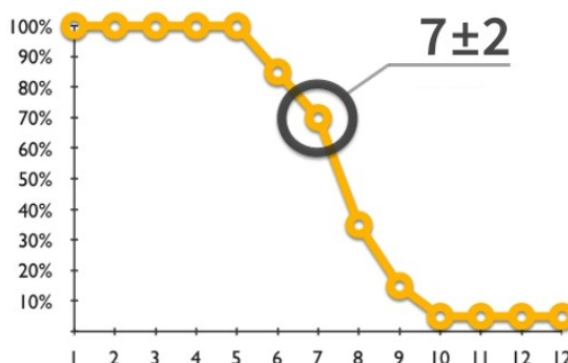


Рисунок 2.8 — Графік залежності відсотку наявності елементів в оперативній пам'яті людини від кількості цих елементів

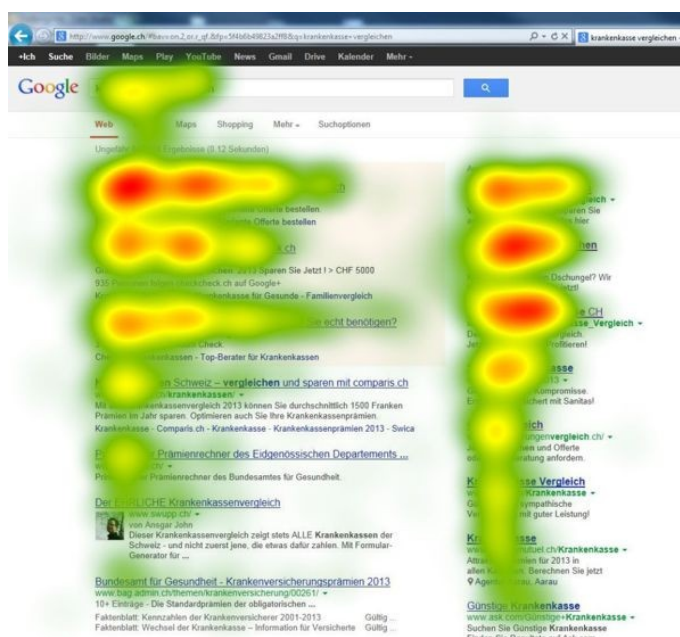
Бритва Оккама та KISS – це принцип, що полягає в понятті: «Не слід множити те, що існує без необхідності» (або «Не слід залучати нові сутності без самої крайньої на те необхідності»). Будь-яка задача повинна бути реалізована в мінімум дій. Логіка повинна бути зрозумілою користувачу. А розміщення функціональних елементів повинно відповідати шаблонам фокусу користувача на сторінці.

F патерн фокусу [38] користувача засновується на тому, що: користувачі зазвичай не читатимуть кожне слово тексту; два перші абзаци найважливіші та повинні захоплювати увагу користувача, приклади показані на рис. 2.9.

Слідуючи за схемою Z користувач зчитує всю інформацію поступово за наступною схемою: починаючи з лівого верхнього кута - найкраще місце для логотипу, далі розташовані по горизонталі заголовки, після чого погляд ковзає по діагоналі вниз, перетинаючи центральне поле із зображенням. Точка, якою закінчується буква Z (правий нижній кут) – ідеальне місце для розміщення поля із пропозицією передплатити або купити. Це поле зазвичай має кнопку, яка називається «call to action» - заклик до дії[38, 39]. Схема Z-схеми[21, 40] зібрано на рисунку 2.10.



а



б

Рисунок 2.9 — Приклади F-патерну (а,б)



Рисунок 2.10 — Зображення Z-схеми

Діаграма Гутенберга також є одним із патернів поведінки користувача на сторінці. За цією діаграмою екран поділяється на чотири частини за ступенем потенціалу:

- верхня ліва частина екрану має найбільший потенціал і являється первинною зоровою областю, підходить для розміщення логотипу та слоганів;
- верхня права частина екрану також має високий потенціал, але після

зони пріоритетного перегляду погляд переміщується сюди по горизонталі і увага вже ослаблена, проте користувач все ще достатньо сконцентрований;

- нижня ліва частина екрану є областю з низьким потенціалом, погляд зміщується сюди після правого верхнього сектора буквально на частки секунди. Це найменш досліджувана зона - користувачі просто не звертають уваги на інформацію, розміщену тут;

- нижня права частина є заключною частиною, тут користувач приймає рішення про здійснення цільової дії, продовження читання або відхід з сайту, саме тут рекомендується розміщувати заклик до дії або кнопку замовлення.

KISS (англ. keep it simple, stupid - "не ускладнюй, тупиця" або англ. keep it short and simple - "не ускладнюй") - процес і принцип проектування, при якому простота системи декларується як основна мета і/або цінності.

Принцип "YAGNI" (англ. You Ain't Gonna Need It - "Вам це не знадобиться") - процес і принцип проектування, при якому як основна мета і/або цінності декларується відмова від додавання функціональності, в якій немає безпосередньої потреби.

Принцип групування також є важливим. За дослідженням того ж Джорджа Міллера, згрупованою вживається більше інформації, адже група інформації сприймається як один елемент. Наприклад, номер кредитної картки легше сприймається якщо його розбити на 4 числа: «4444 1234 4444 5678» сприймається і запам'ятовується легше ніж «4444123444445678».

Видимість відображає корисність: цей принцип побудований на винесенні корисної інформації на передній план. Його також називають качиним тестом: «якщо об'єкт схожий на качку і поводитья як качка, найімовірніше цей об'єкт — качка».

Таким чином можна визначити найоптимальніше розміщення елементів, що відображено на таблиці 2.3

Таблиця 2.3 — Оптимальне розміщення елементів інтерфейсу:

Елемент інтерфейсу	Його розміщення на екрані
Логотип та слоган	Верхня ліва чверть екрану
Меню	Верхня ліва та верхня права чверті екрану
Заголовок сторінки	Верхня ліва та верхня права чверті екрану
Текст	Середина екрану, ближче до верхньої частини
Кнопки та інші виклики до дії	Нижня ліва, середня та права частина екрану
Зображення	- сторонні комерційні: зправа або знизу екрану; - комерційні важливі: зверху або зліва сторінки; - інформативні: серед тексту.

Фокус уваги окрім розміщення може бути вираженим за допомогою акцентних кольорів.

Високий акцент: використовується для кнопок з викликом до дії.

Середній акцент: обведені та тоновані кнопки та інформаційні блоки, які все ще виконують важливі дії для користувача.

Низький акцент: краще не використовувати для текстових кнопок для значущих дій. Із ним необхідно об'єднати текст із піктограмою або використовувати інші візуальні ознаки, щоб позначити можливість дії та відмінність від решти вмісту.

Метод для оцінки ієрархічності та візуальної завантаженості інтерфейсу враховує такі поняття як:

- наявність логотипу в лівому верхньому куту екрану;
- завантаженість зображеннями, кількість зображень на екрані (рекомендовано не перевищувати 7-9);

- розміщення заголовків;
- наявність великих блоків тексту;
- акцентні елементи інтерфейсу;
- відсоток типів елементів, співвідношення елементів інтерфейсу і з'ясування оптимальності даного значення;
- завантаженість кольором, наявність більше 5 домінантних кольорів, не враховуючи відтінки сірого, білий та чорний.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕРФЕЙСУ ІС

3.1 Вхідні дані для вирішення задачі аналізу та оцінки інтерфейсу

Вхідними даними для задачі детекції та аналізу інтерфейсу ІС є зображення інтерфейсу, який необхідно аналізувати та оцінити.

Для даної задачі рекомендується застосовувати електронні зображення необхідної якості. Якість зображення визначається декількома параметрами, а саме:

- чіткістю зображення;
- наявність кута проекції зображення до екрану;
- освітленість та рівень яскравості екрану;
- відсутність додаткових зайвих елементів на зображенні окрім самого екрану інтерфейсу.

Найкращим та найбільш якісним в розрізі даної теми дослідження та для освітлення даної проблеми є такий тип зображень екрану із інтерфейсом, як знімок екрану, так званий скріншот (від англ. screen shot – знімок екрану дослівно).

Таким чином, вхідними даними для системи є електронний знімок екрану, на якому знаходиться лише інтерфейс ІС.

3.2 Вибір алгоритму детекції для детекції та аналізу інтерфейсу ІС

Детекція, як вже було зазначено раніше, є підходом в аналізі даних, при якому визначається клас об'єкту та виконується його локалізація, при чому кількість шуканих об'єктів заздалегідь не відома, що відрізняє задачу детекції

від задачі класифікації із локалізацією.

Серед усіх алгоритмів детекції об'єктів можна виділити три актуальні підходи до вирішення цього завдання.

Першим і найбільш обчислювально витратним підходом є метод ковзного вікна. Основою даного підходу є покроковий обхід всього зображення, при якому витягується певний регіон зображення та відбувається спроба класифікації об'єкта, який потрапив у цей регіон.

Наступним підходом є використання так званих "пропозицій регіонів" (Region Proposals). У цьому підході використовується комбінація із двох алгоритмів. Перший з них робить безліч припущень (регіонів, в яких, ймовірно, міститься будь-який об'єкт), а другий здійснює класифікацію цього об'єкта.

Третім підходом є «детекція за один хід» (Single Shot Detection), у якому локалізація і класифікація відбуваються одночасно, тобто. за один прохід алгоритму.

У цьому класі алгоритмів із зображення послідовно витягуються регіони прямокутної форми. Також для збільшення точності розпізнавання об'єктів різного розміру може будуватися піраміда зображень. Після цього кожного регіону застосовується класифікатор. Залежно від класифікатора можна досягти або високої швидкості виконання (метод Віоли-Джонса, каскад Хаара, LBP каскади), або високої точності (різного виду нейронні сіті)

Одним з наївних підходів на основі згорткових нейронних мереж може бути використання в якості ядра канонічних зображень класів, які необхідно знайти на зображенні, та подальше використання ковзного вікна для обчислення згортки. Такий підхід називається зіставленням із шаблоном (англ. template matching). У випадку, коли замість шаблону використовується натренований класифікатор, для досягнення найкращого результату необхідно здійснити повний перебір рамок, що обмежують, з порогом впевненості в правдивості класифікації за рахунок того, що об'єкти можуть бути різних масштабів і знаходитися в різних місцях зображень. Однак, на зображенні дозволу $W \times H$

сумарна кількість рамок, що обмежують

$$\sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (W-i)*(H-j) = 1/4 * m * n * (m+1) * (n+1) = O(m^2 n^2), \quad (3.1)$$

що робить повний перебір неефективним методом, який займає дуже багато часу. Для зменшення кількості аналізованих обмежувальних рамок виділяють два основних паралельно розвиваються підходи»

Двоетапні методи (англ. two-stage methods), вони ж "методи, засновані на регіонах» (англ. region-based methods) - підхід, поділений на два етапи. На першому етапі селективним пошуком або за допомогою спеціального шару нейронної мережі виділяються регіони інтересу (англ. regions of interest, RoI) - області, з високою ймовірністю, що містять у собі об'єкти. На другому етапі обрані регіони розглядаються класифікатором для визначення належності вихідним класам та регресором, що уточнює розташування обмежуючих рамок.

Одноетапні методи (англ. one-stage methods) — підхід, що не використовує окремий алгоритм для генерації регіонів, натомість передбачаючи координати певної кількості рамок, що обмежують, з різними характеристиками, такими, як результати класифікації та ступінь впевненості і надалі коригуючи місцезнаходження рамок.

До двохетапних відносять Region-CNN (Region-based Convolutional Network), Fast Region-CNN, Faster Region-CNN, Mask R-CNN. До одноетапних — YOLO (You Look Only Once), YOLOv2, YOLOv3, Single Shot Detector (SSD) та Anchor boxes.

Метод ковзного вікна. У цьому класі алгоритмів із зображення послідовно витягуються регіони прямокутної форми. Також для збільшення точності розпізнавання об'єктів різного розміру може будуватися піраміда зображень. Після цього кожного регіону застосовується класифікатор. Залежно від класифікатора можна досягти або високої швидкості виконання (метод

Віоли-Джонса, каскад Хаара, LBP каскади), або високої точності (різного виду нейронні сіті).

Region Proposals. Безліч алгоритмів, що використовує даний підхід, утворюють сімейство Regions with CNN (R-CNN). Першою стадією є складання "пропозицій регіонів". Для цього може застосовуватися як окремий алгоритм (у в тому числі і метод ковзного вікна), так і частина класифікатора (у випадку з нейронними свертчними мережами). Наприклад, у R-CNN як алгоритм генерації припущень використовувався селективний пошук. Даний алгоритм досить затратний, тому у Faster R-CNN від нього відмовилися. На зміну селективному пошуку прийшла мережа Region Proposals Network (RPN). Це дозволило прискорити виконання алгоритму, оскільки RPN використовує спільні ресурси з класифікатором.

Наступною стадією є класифікація. І тому вибираються регіони отримані першої стадії і відбувається їх класифікація. R-CNN для цього використовувалася послідовність CNN і машин опорних векторів (SVM). Разом із класифікацією відбувається уточнення координат об'єкта. Оскільки послідовність CNN + SVM застосовувалася до кожному припущенню, які в середньому близько 2000 на зображення, це дуже затратно. Тому в наступній версії R-CNN (Fast RCNN) дійшли концепції "регіони інтересу" (Regions of Interests). Основною ідеєю є обробка всього зображення навченої згорткової нейронної мережі. Після цього на виході виходить зменшена карта високорівневих ознак, які добре підходять для класифікація об'єктів. Після цього з картки витягуються передбачені на першій стадії ділянки (Regions of Interests) та класифікуються. Це дозволило прискорити виконання алгоритму майже 25 разів і збільшити середню точність.

У Faster R-CNN карта ознак використовується також і для генерації Region Proposals, що дозволяє збільшити точність та швидкість виконання. Також до особливостей Faster R-CNN можна віднести те, що даний алгоритм передбачає кілька обмежуючих регіонів прямокутної форми різного розміру та

співвідношення сторін (2:1, 1:1, 1:2), що дозволяє точніше виділяти об'єкт.

У таблиці 3.1 наведено порівняння алгоритмів сімейства R-CNN за швидкістю та точності середнього передбачення для класів, за умови, що детекція вважається позитивною, якщо відношення площі перетину передбаченого регіону та регіону, що містить об'єкт, до сумарної площі двох регіонів більше 0.5 (mAP @ 0.5%).

Таблиця 3.1 — Порівняння алгоритмів сімейства R-CNN

Алгоритм	mAP @ 0.5%	Час виконання (с)
R-CNN	62,4	50
Fast R-CNN	70	2
Faster R-CNN	78,8	0,2

Single Shot Detection. Основною ідеєю цього підходу є спроба одночасно передбачати і координати об'єкта та його клас. Для цього використовуються згорткові нейронні мережі, оскільки вони дозволяють зменшити розмірність вхідного зображення без особливої втрати інформації та зі збереженням локалізації ознак, що показано на рисунку 3.1.

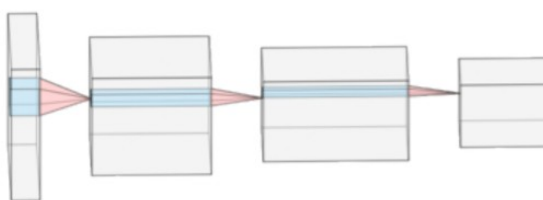


Рисунок 3.1 — Збереження локалізації при згортанні

Основними архітектурами, що використовують цей підхід, є YOLO (You only look once) та SSD (Single shot detector).

YOLO поділяє зображення на сітку $N \times N$. Якщо центр об'єкта потрапляє

в деяку комірку сітки, то цей комірка відповідальна за детекцію даного об'єкта. Для цього YOLO використовує навчену згорткову нейронну мережу.

SSD використовує схожий підхід, проте використовує не тільки вихідний шар згорткової нейронної мережі, а й безліч проміжних шарів для побудови прогнозів. Так само SSD використовує згорткові шари з ядрами різних розмірів, що дозволяє розпізнавати об'єкти різної величини.

Обидва підходи забезпечують високу швидкість виконання алгоритму та непогану точність, що продемонстровано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 — Порівняння архітектур SSD

Алгоритм	mAP @ 0.5%	Час виконання (с)
YOLO	63,7	22
YOLOv3	78,6	15
SSD300	79,6	21
SSD512	81,5	50

Провівши порівняння трьох основних підходів, можна зробити висновок про доцільність використання архітектури SSD512 для детекції об'єктів в інтелектуальному аналізі зображень, оскільки, крім високої швидкості виконання вона має непогану точність. Однак якщо швидкість виконання не є важливою, то можна застосувати метод ковзного вікна та піраміди зображень, що забезпечить ще більшу точність. Так само добрим вибором може бути і Faster R-CNN, тому що вона дозволяє визначити не тільки місце розташування об'єкта, але і зробити більш точне передбачення регіону, що містить об'єкт.

3.3 Технологія використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу

Для зображення технології використання запропонованої інтелектуальної системи була використана нотація IDEF0.

За технологією використання, що зображена на рисунках 3.2-3.3, для аналізу зображення, яке є вхідною інформацією, виконуються 5 основних етапів: детекція об'єктів зображення, аналіз доступності тексту, лендінгу інтерфейсу, аналіз гармонійності кольорової гами та формування звіту із отриманих результатів.



Рисунок 3.2 — Схема функціональної структури інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу

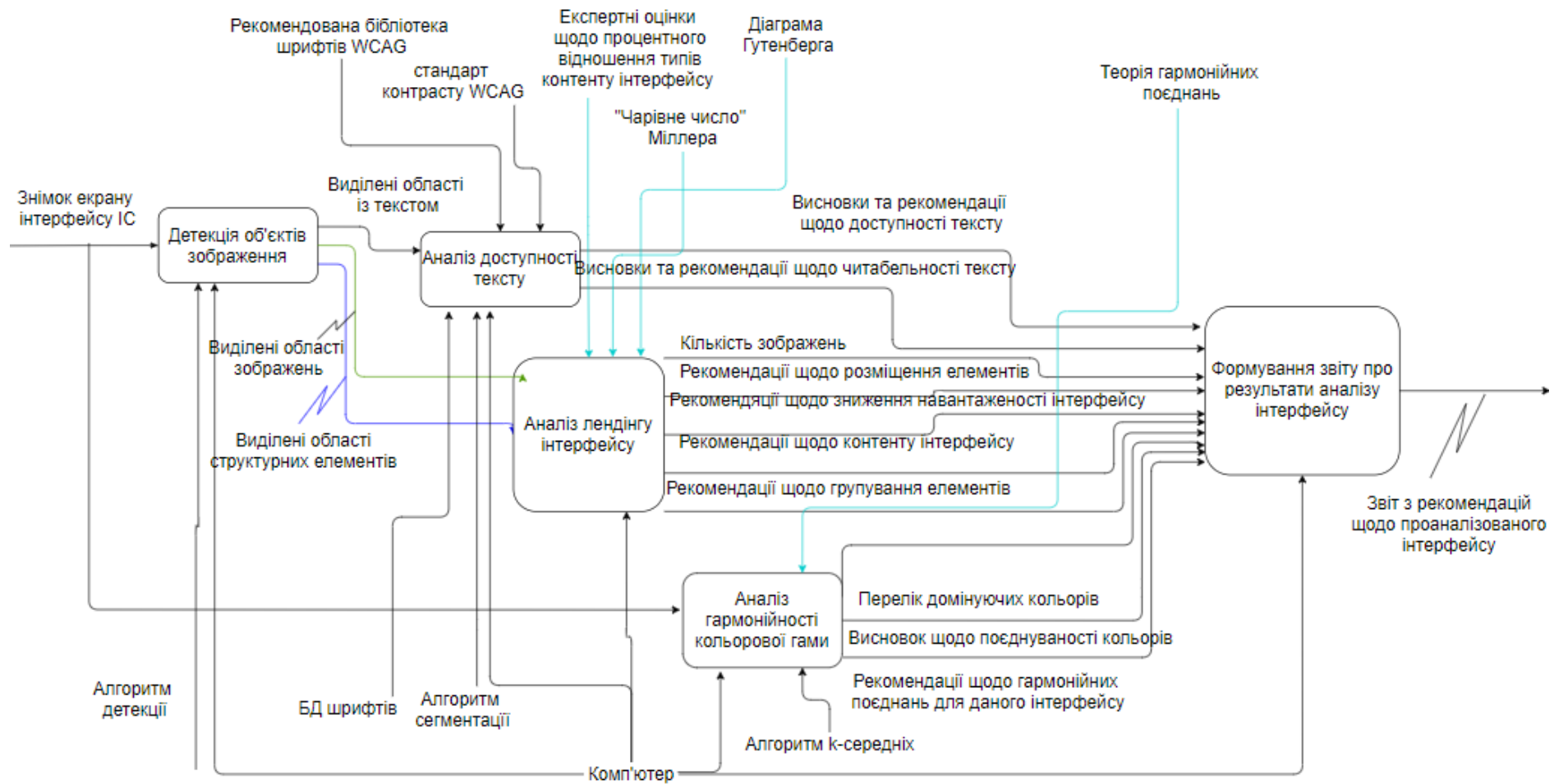


Рисунок 3.3 — Декомпозиція схеми функціональної структури

Для більш детальної демонстрації всіх аспектів роботи даної технології були побудовані декомпозиції основних етапів аналізу та оцінки інтерфейсу, які знаходяться на рисунках 3.4-3.6.

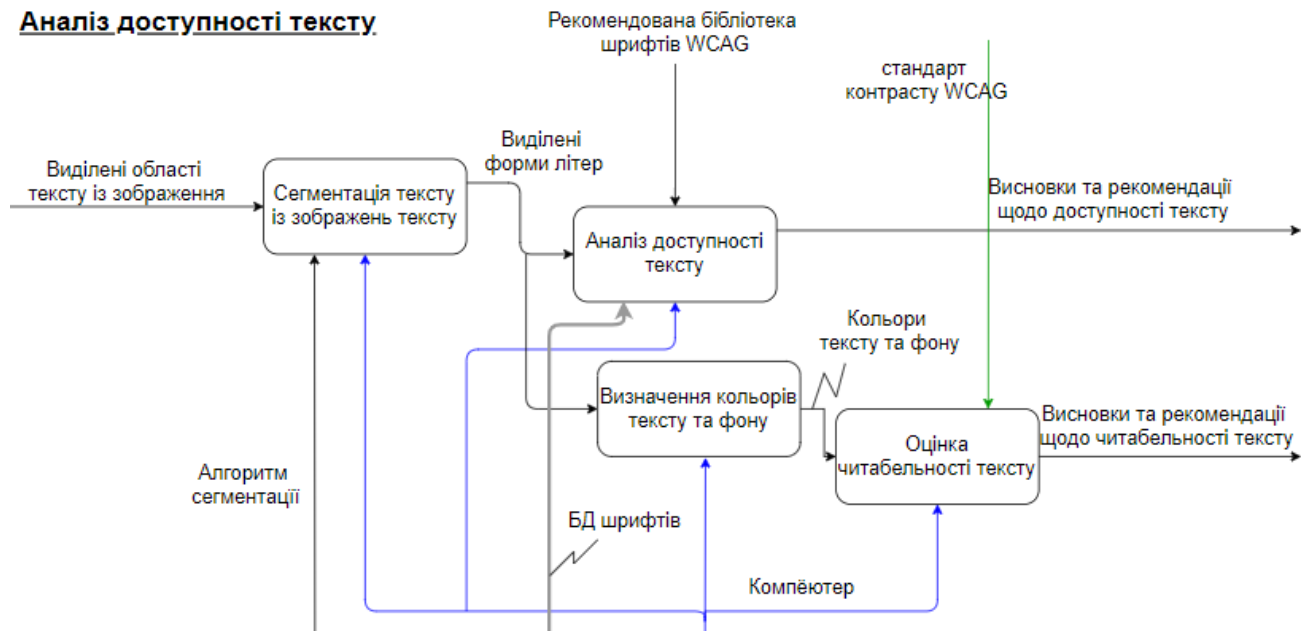


Рисунок 3.4 — Декомпозиція процесу аналізу доступності тексту



Рисунок 3.5 — Декомпозиція процесу аналізу гармонійності кольорової гами

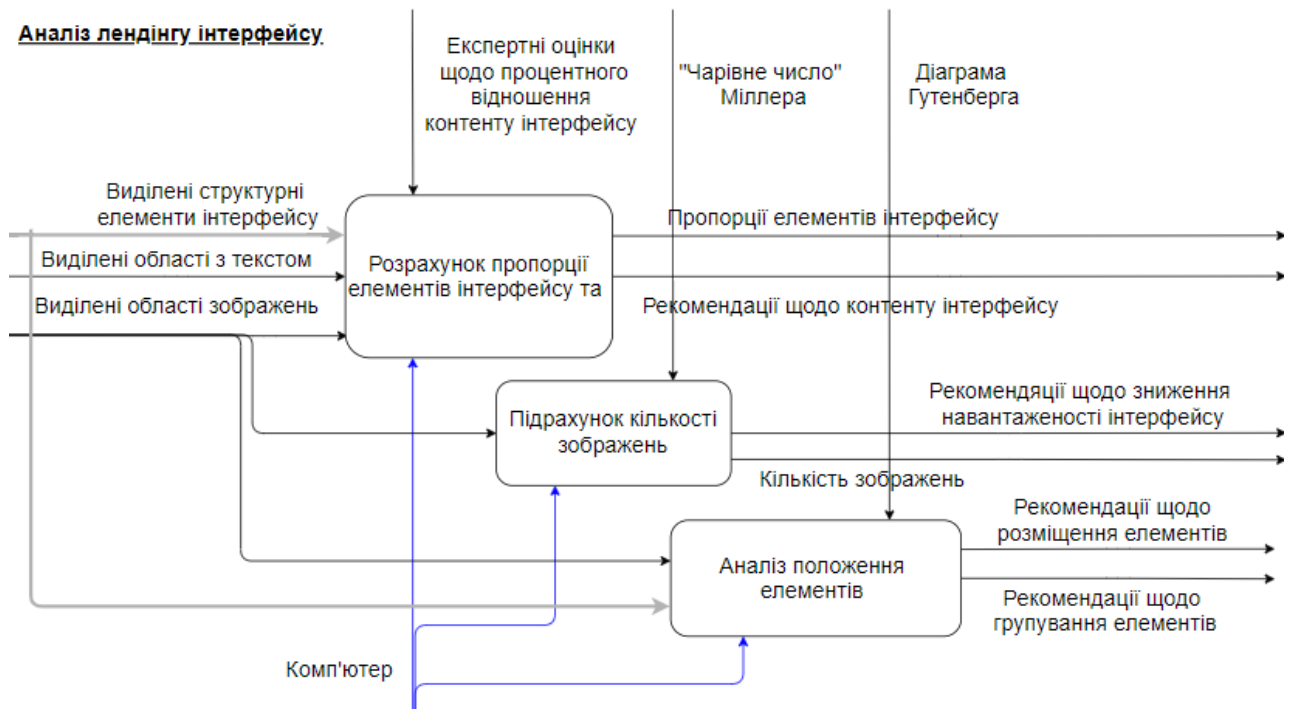


Рисунок 3.6 — Декомпозиція процесу аналізу лендінгу інтерфейсу

4 АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Програмна реалізація інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу ІС

Для програмної реалізації даної інтелектуальної системи використовується декілька мов програмування.

Для створення частини програми, яка виконує детекцію та сегментацію зображення використовується мова програмування Python та спеціальна бібліотека для OpenCV (англ. Open Source Computer Vision Library, бібліотека комп'ютерного зору з відкритим кодом) [41] — бібліотека функцій та алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень і чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом. Бібліотека надає засоби для обробки і аналізу вмісту зображень, у тому числі розпізнавання об'єктів на фотографіях (наприклад, осіб і фігур людей, тексту тощо), відстежування руху об'єктів, перетворення зображень, застосування методів машинного навчання і виявлення загальних елементів на різних зображеннях.

Бібліотека розроблена Intel і нині підтримується Willow Garage та Itseez. Сирцевий код бібліотеки написаний мовою C++ і поширюється під ліцензією BSD. Біндинги підготовлені для різних мов програмування, таких як Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших. Може вільно використовуватися в академічних та комерційних цілях.

4.2 Приклад використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки

Для демонстрації роботи інтелектуальної системи необхідно визначити приклади інтерфейсів. Вони зображені на малюнку 4.1 (а, б).

SPORT LIFE
ПЕРЕМА ФІТНЕС КЛУБІВ

КУПИТИ АБОНЕМЕНТ ОНЛАЙН

Гаряча лінія (044) 222 4 222

Клуби Абонементи Фітнес Додаткові послуги Про Sport Life Прес-центр Сервіси для клієнтів

ГОЛОВНА | РОЗКЛАД ЗАНЯТЬ

Закінчується абонемент?
ЗАРАЗ КРАЩІ УМОВИ НА ПОДОВЖЕННЯ!

♥ Для своїх – завжди краще!

Розклад занять

Розклад занять у клубі Харків Нікольський

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	НД
06.12	07.12	08.12	09.12	10.12	11.12	12.12
7:00 – 12:00						
08:00	Functional Body	Pilates Functional Body		СуперТіло		
08:15				Секція Swim Start		
08:30	Секція Swim Advance 14+			Секція Swim Advance 14+		
09:00	AC Aqua	Basic Yoga	ABS	Stretching		

а

FUN HalloweenCostumes.com

US | Track Your Order | Contact Us | Help

DEC 16 \$250.99 Parcel Express | DEC 22 \$250.99 Parcel Express Saver

YES, WE SHIP TO UKRAINE! 10 DAY SHIPPING STARTS AT \$9.95. EXPRESS SHIPPING AVAILABLE!

'TIS THE SEASON TO BE COZY
New Christmas Sweaters

SHOP NOW

Trending Products

- Christmas Vacation 8 oz Glass Moose Mug - \$19.99
- Men's Grinch & Max Plush Sleep Pants - \$14.99
- Santa's Coming Elf Ugly Christmas Sweatshirt for Adults - \$34.99 - 13% OFF
- 1000 Piece Jigsaw Puzzle Simpsons Cast - \$12.99 - 13% OFF

Now, If You're Ready, Let's Have Some FUN Together!

FUN is a big concept. Here at FUN.com, we want to help you in your search of products that deliver the kind of fun that YOU want. Whether it's a Star Wars plush, a t-shirt from the latest Disney hit, or you need a few gift ideas for your best friend's birthday, we're here to help!

Over the years, our goals have always remained the same. No matter what you're looking for, we want FUN.com to be your GO-TO destination for exciting and unique gifts. And, as always, we provide awesome customer service unmatched in the industry, with quick and secure shipping, too.

We will help you discover the best birthday, holiday, or anytime gift in the world! Now, if you're ready, let's have some FUN.

Be FUN-of-a-Kind!
Join FUN.com and find your passion.

EXPLORE CAREERS | READ OUR BLOG

15% OFF

б

Рисунок 4.1 — Приклади інтерфейсів (а,б)

Наступним кроком буде необхідно оцінити дані інтерфейси на комунікативність полягаючи на експертну, точну оцінку користувача та його суб'єктивні враження [42].

Для цього визначимо критерії оцінки:

- кольорова гама;
- читабельність шрифтів;
- читабельність тексту за кольором;
- зручність розміщення меню, заголовків, логотипу;
- зручність сприйняття зображень;
- логічність розподілу сторінки на модулі (інформативна частина, футер, хедер, меню);
- суб'єктивні враження від візуалу інтерфейсу.

Визначені критерії мають ваговий коефіцієнт, який зображено на таблиці 4.1. Результати оцінки зображено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 — Вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання інтерфейсу

Критерій	Пріоритет	Ваговий коефіцієнт
Кольорова гама	2	0,167
Читабельність шрифтів	1	0,25
Читабельність тексту за кольором	1	0,25
Зручність розміщення меню, заголовків, логотипу	3	0,083
Логічність розподілу сторінки на модулі (інформативна частина, футер, хедер, меню)	3	0,083
Суб'єктивні враження від візуалу інтерфейсу	1	0,25

Таблиця 4.2 — Експертні оцінки критеріїв інтерфейсу

Критерій	Експертна оцінка									
	Приклад інтерфейсу №1					Приклад інтерфейсу №2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Кольорова гама	60	80	90	87	93	40	50	40	53	45
Читабельність шрифтів	100	95	97	100	100	85	90	100	95	100
Читабельність тексту за кольором	100	85	90	95	100	60	75	85	80	75
Зручність розміщення меню, заголовків, логотипу	100	100	100	95	100	50	80	65	70	65
Логічність розподілу сторінки на модулі (інформативна частина, футер, хедер, меню)	100	97	90	100	95	90	80	70	60	73
Суб'єктивні враження від візуалу інтерфейса	85	90	87	93	94	0	20	35	50	50

За отриманими результатами дамо оцінку двом прикладам інтерфейсу, яка зображена на рисунку 4.1 та 4.2.

Критерій	Експертна оцінка											
	Приклад інтерфейсу №1					Приклад інтерфейсу №2						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Кольорова гама	60	80	90	87	93	40	50	40	53	45	82	13,66666667
Читабельність шрифтів	100	95	97	100	100	85	90	100	95	100	98,4	24,6
Читабельність тексту за кольором	100	85	90	95	100	60	75	85	80	75	94	23,5
Зручність розміщення меню, заголовків, логотипу	100	100	100	95	100	50	80	65	70	65	99	8,25
Логічність розподілу сторінки на модулі (інформативна частина, футер, хедер, меню)	100	97	90	100	95	90	80	70	60	73	96,4	8,033333333
Суб'єктивні враження від візуалу інтерфейса	85	90	87	93	94	0	20	35	50	50	89,8	22,45
											Загальна оцінка	100,5

Рисунок 4.1 — Оцінка інтерфейсу №1

Критерій	№2					Середня оцінка	
	1	2	3	4	5		
Кольорова гама	40	50	40	53	45	45,6	7,6
Читабельність шрифтів	85	90	100	95	100	94	23,5
Читабельність тексту за кольором	60	75	85	80	75	75	18,75
Зручність розміщення меню, заголовків, логотипу	50	80	65	70	65	66	5,5
Логічність розподілу сторінки на модулі (інформативна частина, футер, хедер, меню)	90	80	70	60	73	74,6	6,21666667
Суб'єктивні враження від візуалу інтерфейса	0	20	35	50	50	31	7,75
						Загальна оцінка	69,31666667

Рисунок 4.1 — Оцінка інтерфейсів №2

Тепер застосуємо розроблену інтелектуальну систему. На рисунку 4.3 зображений її інтерфейс.

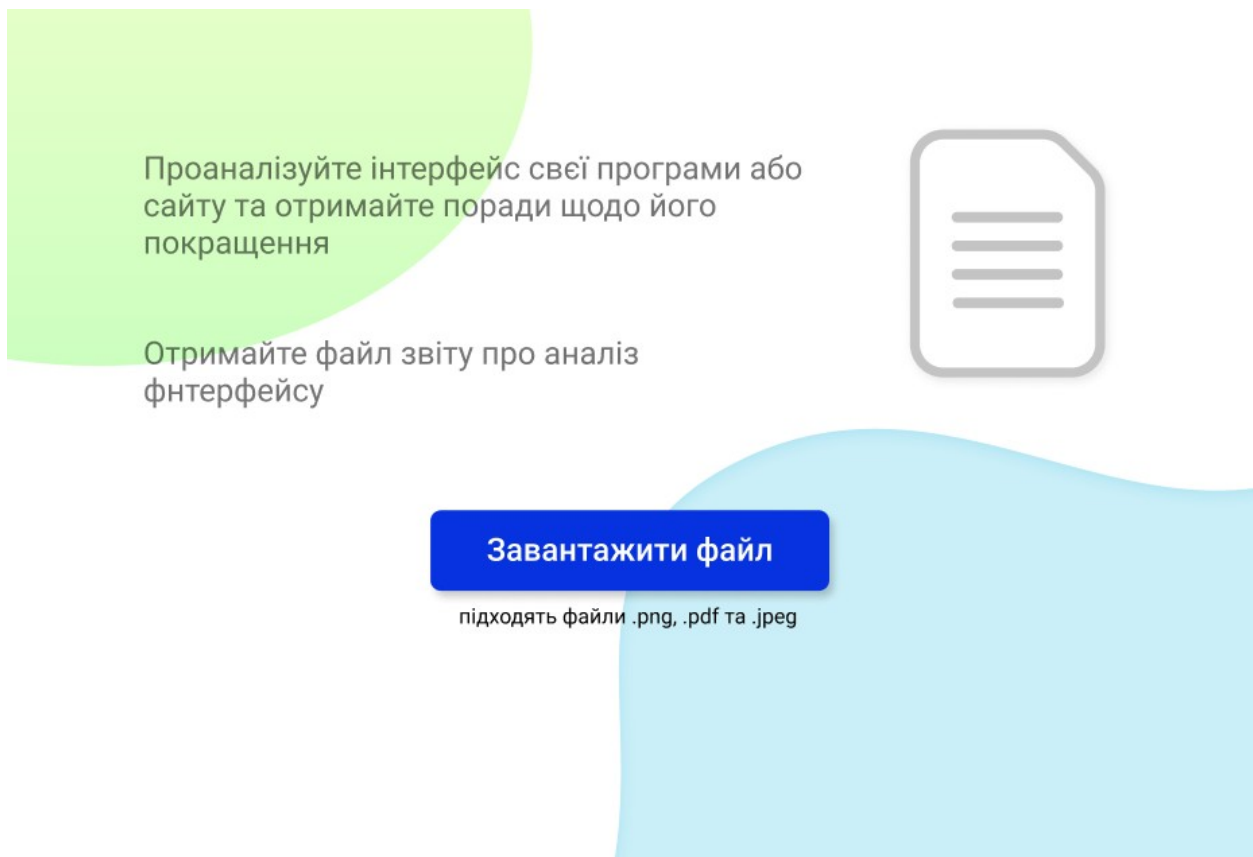


Рисунок 4.3 — Інтерфейс інтелектуальної системи

Після завантаження файлів зображень інтерфейсів №1 та №2 були отримані наступні результати, які зображені на рисунку 4.4 та 4.5.

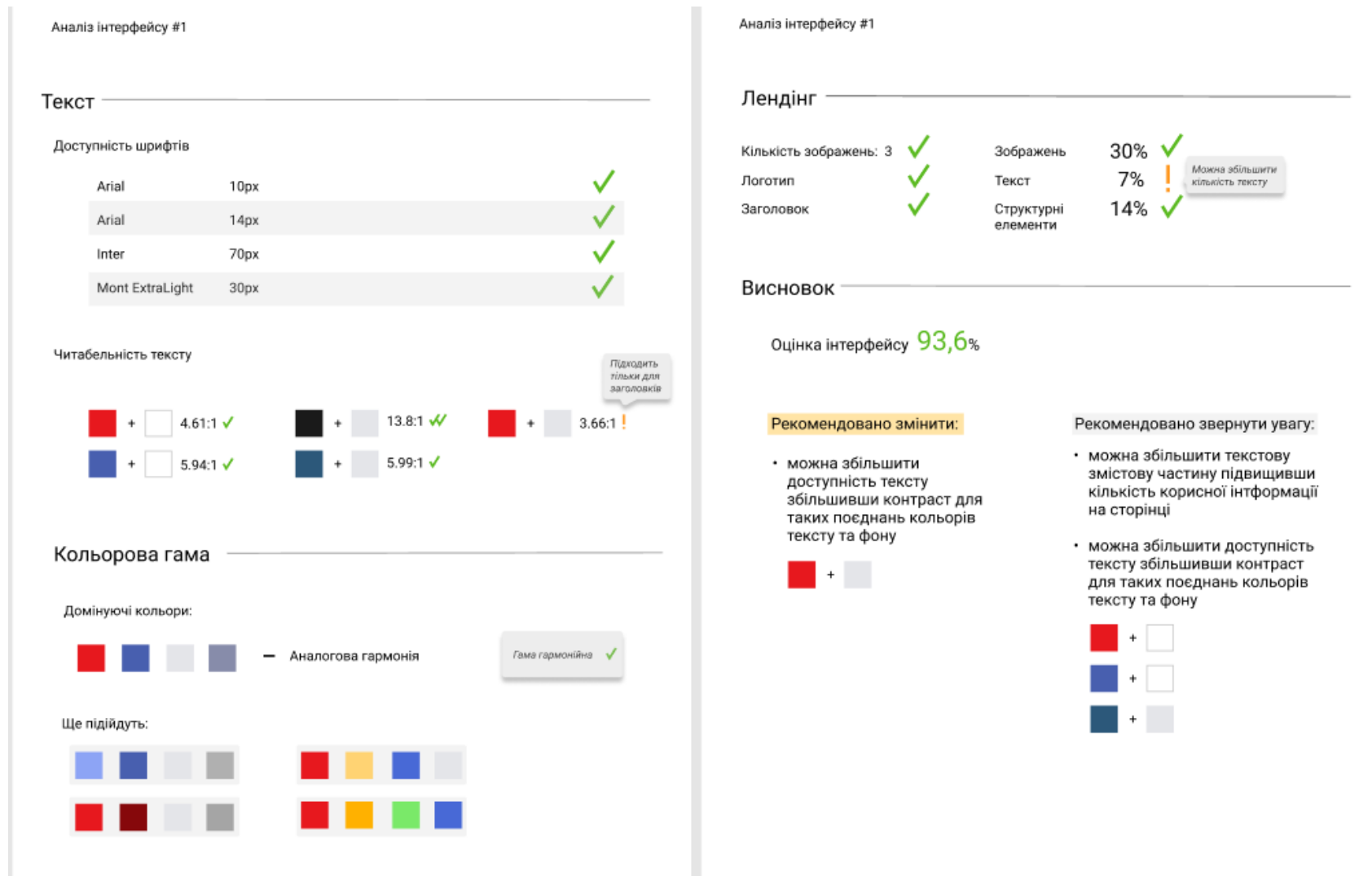


Рисунок 4.4 — Результати аналізу та оцінки прикладу інтерфейсу №1

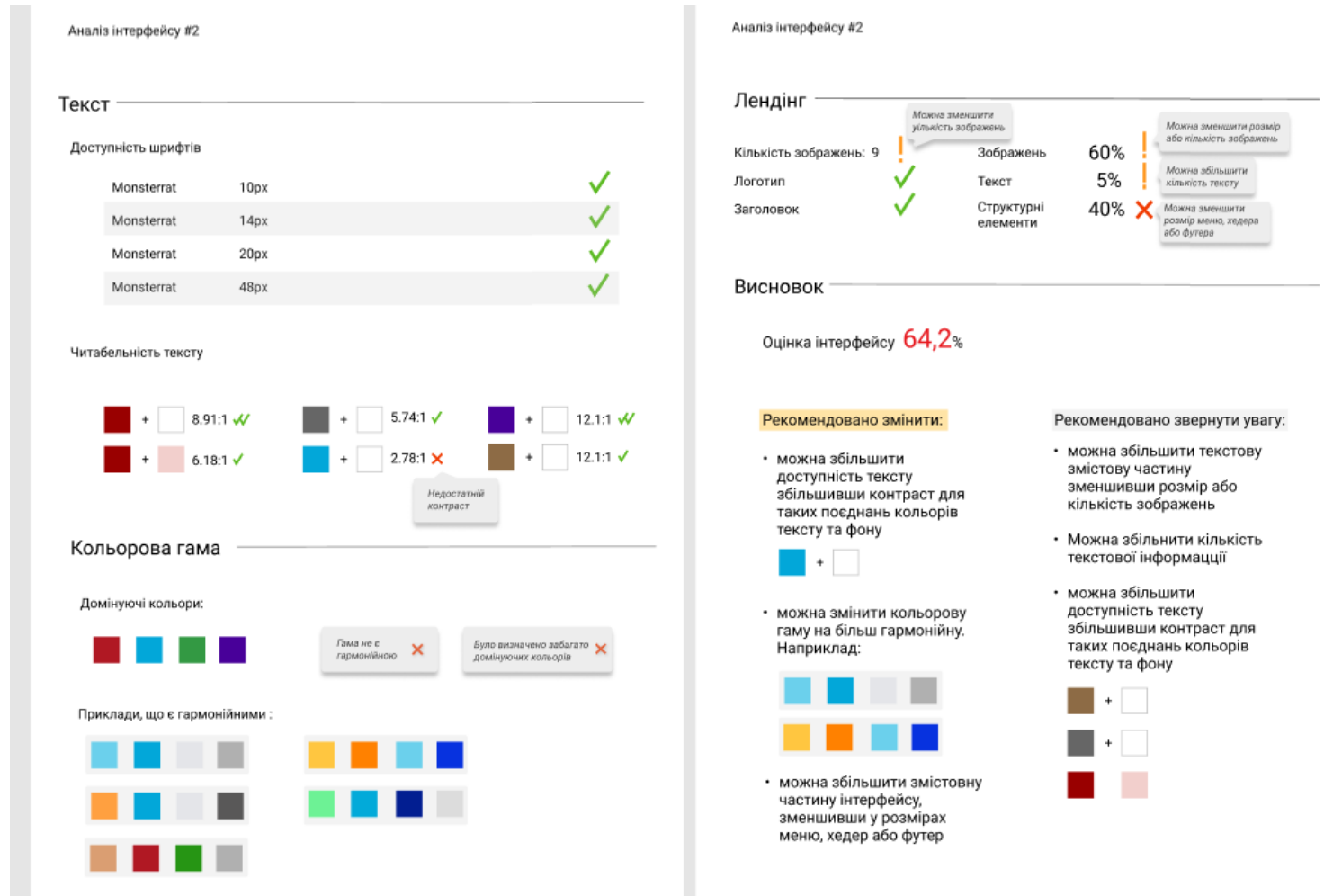


Рисунок 4.5— Результати аналізу та оцінки прикладу інтерфейсу №2

Отримані результати включають в себе загальну оцінку інтерфейсу та перелік ключових пунктів, які рекомендовано змінити, а також додаткові, на які рекомендовано звернути увагу.

Порівнявши отримані результати із попередньо зібраними, експертними оцінками можна сказати, є різниця отриманими оцінками є. Причина її виникнення є комплексною. Оскільки суб'єктивний досвід кожної людини та, відповідно, експерта є унікальним та бере початок із особистих вподобань, навичок, окоміру та чисто фізичної різниці у сприйнятті навколишнього світу, тому формалізація даної області оцінки є важкою та потребує значного матеріального-ресурсного вкладання.

4.3 Рекомендації щодо використання інтелектуальної системи аналізу та оцінки інтерфейсу

Для використання даної системи необхідно мати до неї доступ, оскільки на даному етапі система є локальною програмою.

Необхідно, щоб перед аналізом система повністю працювала та її окремі частини були у робочому стані. Зокрема БД системи повинна працювати і бути прив'язаною до основної програми. Якщо даний пункт не виконується, може виникнути помилка.

При виникненні помилки необхідно виконати наступні дії:

- завершити роботу програми коректно через меню виходу;
- перезавантажити програму;
- перезавантажити комп'ютер;

- якщо помилка продовжує існувати необхідно звернутись до адміністратора або розробника програми.

Для аналізу та оцінки інтерфейсу необхідно завантажувати

зображення інтерфейсу необхідної якості. Якість зображення визначається декількома параметрами, а саме:

- чіткістю зображення;
- відсутність кута проекції зображення до екрану;
- відсутність додаткових зайвих елементів на зображенні окрім самого екрану інтерфейсу.

Також розмір файлу не повинен перевищувати 1,5МБ.

ВИСНОВКИ

В результаті даного дослідження було з'ясовано особливості побудови та можливості інтерфейсу ІС та визначено критерії його оцінки з точки зору ефективності комунікації користувача із ІС.

Було проаналізовано існуючі системи, які оцінюють інтерфейси ІС та існуючі методи для проведення оцінення. Отриманий перелік систем лише частково вдовольняв поставленим критеріям. Підходи, що відповідають визначеним правилам, стандартам побудови інтерфейсів ІС були проаналізовані та досліджені, вони частково полягли у основу розробленої інтелектуальної системи.

Також проведено огляд та порівняльну характеристику методів дослідження мультимедійних даних, а саме зображень. Було визначено підходи до послідовної обробки зображення. Були визначені алгоритми детекції та сегментації.

Було розроблено метод у вигляді інтелектуальної системи оцінки ефективності інтерфейсу з користувачем, яка розраховує оцінку згідно із визначеними раніше критеріями. Дана система дозволяє оцінити ефективність комунікації із користувачем.

Проведена апробація отриманих результатів та порівняння отриманих результатів на двох прикладах інтерфейсу. В рамках апробації отриманої інтелектуальної системи була проведена оцінка інтерфейсу двома способами, за допомогою експертних оцінок, у якому приймали участь експерти із області дизайну UI|UX. Другим етапом апробації була безпосередньо оцінка інтерфейсу за допомогою розробленого методу аналізу та оцінки інтерфейсу. Отримані результати були порівняні та проаналізовані.

Розроблений підхід можна використовувати у будь-яких компаніях, пов'язаних з розробкою ІС. Його застосування допоможе збільшити

ефективність візуальної комунікації із системами, що позитивно відобразиться на фінансовому стані відповідної компанії.

Створена система оцінки реалізації ІС має наступні перспективи розвитку: покращення методів оцінки частин інтерфейсу моделі, використовуючи збільшений набір параметрів інтерфейсу; розширення списку параметрів ІС; оптимізація методів аналізу даних із вибором більш сучасних алгоритмів розпізнавання зображень, створення більш доступного та орієнтованого на користувача графічного інтерфейсу, створення на основі розробленої системи додатку у Chrome або Figma. Усі перелічені перспективи розвитку допоможуть створити потужну сучасну систему оцінки інтерфейсу ІС, яка допоможе збільшенню кількості покращених доступних інтерфейсів, дотримуючись ефективної комунікації користувача та ІС.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Berlo David. The Process of Communications: An Introduction to Theory and Practice [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: // [http://www.shkaminski.com/Classes/Handouts/Communication %20Models.html](http://www.shkaminski.com/Classes/Handouts/Communication%20Models.html).
2. Єжижанська Т. Візуальна комунікація / Тетяна Єжижанська. // Видавництво Львівської політехніки. – 2012.
3. Вільям Ф. Ганонг. Фізіологія людини: Підручник / Переклад з англ.Наук. ред. перекладу М.Гжегоцький, В.Шевчук, О.Заячківська. -Львів:БаК, 2002. - 784 с.ISBN 966-7065-38-3.
4. Іонов І.А. Фізіологія сенсорних систем: методичні рекомендації (видання друге – доповнено та перероблено) / І.А. Іонов, Т.Є. Комісова. – Х. : ФОП Петров В.В., 2018. – 45 с.
5. Антонік В. І., Антонік І. П., Андріанов В. Є. Анатомія, фізіологія дітей з основами гігієни та фізичної культури. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», Центр учбової літератури, 2009. – 336 с.
6. Gregory R. Eye and Brain: The Psychology of Seeing - Fifth Edition / Richard L. Gregory., 2015. – 296 с. – (5).
7. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення магістерської атестаційної роботи за спеціальністю 122 Комп’ютерні науки (освітня програма “Управління проектами в галузі інформаційних технологій” освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Саєнко В.І., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 24 с.
8. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. . – Чинний від 22.06.2015. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2016. – 31 с.
9. Pocherpczov G.G. Teoriya komunikaczii / G.G. Pocherpczov. – М. : Refl-buk, К. : Vakler, 2001. – 656 s.

10. Hideaki C. Color harmony : a guide to creative color combinations / Chijiwa Hideaki. – Rockport, Mass.: Rockport Publishers, 1987. – 160 с. – (5).
11. Frolov D. P. Czvetovy`e tekhnologii reklamnoj kommunikaczii / Frolov D. P. // Marketing v Rossii i za rubezhom. – 2009. – №3. – S. 66–72.
12. 7 Paramount Components of Visual Communication [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infographicdesignteam.com/blog/components-of-visual-communication/>.
13. Фармацевтична енциклопедія / голова ред. ради та автор передмови В. П. Черних ; Нац. фармац. ун-т України. — 2-ге вид., переробл. і доповн. — Київ : МОРІОН, 2010. — 1632 с., 16 арк. іл. — 2 000 екз. — ББК 52.8Я-20. — УДК 615(031). — ISBN 978-966-2066-34-0.
14. Korolev A. Ierarkhicheskaya sistema potrebnostej a. maslou kak istochnik prakticheskikh rekomendaczij po upravleniyu motivacziej personala organizaczii / Andrey Korolev. // Solloquium-journal. – 2020. – №56. – S. 65–67.
15. Ciorciari, J.; Gountas, J.; Johnston, P.; Crewther, D.; Hughes, M. A Neuroimaging Study of Personality Traits and Self-Reflection. Behav. Sci. 2019, 9, 112.
16. IBM PowerAI Vision overview [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ibm.com/docs/en/mvi/1.1.0?topic=overview>.
17. Сухорукова Л. А. Дизайн візуальних комунікацій: основні поняття та особливості / Л. А. Сухорукова // Дизайн-освіта 2009: сучасна концепція дизайн-освіти України: зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф. проф.-викл. складу і молодих учених в рамках V міжнар. форуму «Дизайн-освіта 2009», 27– 29 квіт. 2009 р., м. Харків / Харків. держ. акад. дизайну і мистецтв. — Харків, 2009. — Ч. 1. — С. 128–131. <https://ksada.org/articles/suhorukova-article-04.pdf>
18. Гладун О. ВІЗУАЛЬНА МОВА ГРАФІЧНОГО ДИЗАЙНУ ЯК

КОМУНІКАТИВНА ЗНАКОВА СИСТЕМА / Ольга Гладун. // ВІСНИК ХДАДМ. – 2012. – №15. – С. 11–14.

19. Frolov D. P. Czvetovy`e tekhnologii reklamnoj kommunikaczii / Frolov D. P. // Marketing v Rossii i za rubezhom. – 2009. – №3. – S. 66–72.

20. Omarov, M., Tikhaya, T., Lyashenko, V. Internet marketing metrics visualization methodology for related search queries // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2019. Vol. 8(5). P. 2277-2281.

21. Kravchinskaya, M. S. Modelirovanie esteticheskogo oformleniya web-sayta / M. S. Kravchinskaya ; nauch. ruk. L. V. Grintsevich // Ekonomika i marketing v promyshlennosti : materialyi studencheskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii, provodimoy v ramkah mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma «Kreativ i innovatsii' 2019», Minsk, 10.

22. Боровинська Ю. Д. Рекомендації щодо розробки UI елементів для E-LEARNING продуктів / Ю. Д. Боровинська, Т. А. Колесникова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали молодіжної школи-семінару IV Міжнародної науково-технічної конференції, 18-22 травня 2021 р. – м. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2021. – Т2. – С. 95-97.

23. GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive Cyber-Design CPPS Development / I.Nevliudov, V. Yevsieiev, V. Lyashenko, M. Ahmad. // Advances in Dynamical Systems and Applications. – 2021. – №2. – С. 441–455.

24. Heuristic Analysis in UX Design for Artificial Intelligence <https://xd.adobe.com/ideas/process/user-research/heuristic-analysis-ux-design-ai/>

25. Shumeyko A.A.Sh 96 Intellektualnyiy analiz dannyih (Vvedenie v Data Mining)/ A.A. Shumeyko, S.L. Sotnik. – Dnepropetrovsk: Belaya E.A., 2012. – 212 s. ISBN 978-617-645-025-2.

26. Aggarwal C. DATA CLUSTERING. Algorithms and Applications / C. Aggarwal, C. Reddy. – Minneapolis, Minnesota, U.S.A.: Taylor & Francis Group,

LLC, 2014. – 648 с.

27. McClure G (1987). "Readability formulas: Useful or useless. (an interview with J. Peter Kincaid.)". IEEE Transactions on Professional Communication. 30S, Hedman, Amy S. (January 2008). "Using the SMOG formula to revise a health-related document". American Journal of Health Education. 39 (1)

28. Jordan Kodner. Determining the Readability of Colored Text [Електронний ресурс] / Jordan Kodner, Ayaka Nonaka, Joshua Wilson – Режим доступу до ресурсу: https://www.seas.upenn.edu/~cse400/CSE400_2012_2013/reports/01_report.pdf.

29. E. B. Goldstein “Sensation and Perception, 7th edition” Thomson Wadsworth, Belmont, CA, 2007.

30. Introduction to Web Accessibility [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>.

31. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>.

32. How to Meet WCAG [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/?showtechniques=141>.

33. Ensuring that a contrast ratio of at least 4.5:1 exists between text (and images of text) and background behind the text [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Techniques/general/G18.html>.

34. Color Combinations and Readability [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://web.mst.edu/~rhall/web_design/color_readability.html.

35. Миронов Ю.Б. Основи рекламної діяльності : Навчальний посібник / Миронов Ю.Б., Крамар Р.М.. – Дрогобич: Посвіт, 2007. – 108 с.

36. Холл, Р.Х. і Ханна, П. (2003). Вплив комбінацій кольорів тексту та фону веб-сторінки на збереження та сприйняту читабельність, естетику та

поведінкові наміри. Матеріали Американської конференції з інформаційних систем (AMCIS) , 2149-2156.

37. WCAG 2.0 is ISO/IEC 40500 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/#iso>

38. Как polzovateli vidyat sayty: F- i Z- patternyi, diagramma Gutenberga. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://netology.ru/blog/users-site-patterns>.

39. Primenenie tehnologii ay-trekinga v voprosah issledovaniya vospriyatiya graficheskoy informatsii. Yanchus V.E., Borevich E.V., Avdeeva A.A.

40. Jamieson, G. H. . Bristol: Intellect Books, 2007. ISBN 978-1-84150-141-3. p.16. Visual Communication: More Than Meets the Eye

41. OpenCV – Режим доступу до ресурсу: <https://opencv.org/>

42. Кількісні методи експертного оцінювання : наук.-метод.розробка / уклад. : В. П. Новосад, Р. Г. Селіверстов, І. І. Артım. - К. : НАДУ, 2009. - 36 с