

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

НА ТЕМУ:

**Методи структурного розпізнавання зображень в комп'ютерних системах**

---

---

---

Освітній ступінь “Магістр”  
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія”

Науковий керівник роботи:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Г.Ф.Кривуля

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Я.О.Критська

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.А. Кашкаров

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-17дм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

І.С. Скарга-Бандурова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кашкарову Володимирі Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи структурного розпізнавання зображень в комп'ютерних системах

керівник проекту (роботи) Кривуля Геннадій Федорович, д.т.н., проф.

(прізвище, м. 'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 10 2018 р. № 221/48

2. Строк подання студентом роботи 10.01.2018

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики, метод SURF, метод обчислення функції належності, тестові зображення, література у галузі розробки методів розпізнавання зображень, теоретичні відомості про структурні методи аналізу та розпізнання зображень, середовище розробки Microsoft Visual Studio 2010.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Методи розпізнавання на основі множини характерних ознак зображення, застосування функції належності для результативного структурного розпізнавання зображень, опис програмної моделі, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Електронні плакати

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О. ст. викл. кафедри КНІ		

7. Дата видачі завдання 18.10.2018

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Розробка технічного завдання	10.09.2018-15.09.2018	
2	Аналіз завдання, робота з літературою	16.09.2018-22.09.2018	
3	Розробка програмної системи	26.09.2018-06.10.2018	
4	Тестування програмної системи	07.10.2018-25.11.2018	
5	Розробка частини проекту "Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях"	26.11.2018-1.12.2018	
6	Оформлення пояснювальної записки, автореферату та презентації	2.12.2018-09.01.2018	
7			

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Кашкаров В.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Кривуля Г.Ф.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Кашкаров В.А. Методи структурного розпізнавання зображень в комп'ютерних системах.

Магістерська робота присвячена вирішенню задачі комп'ютерного зору за допомогою методу SURF та відбору унікальних характерних ознак зображення за допомогою функції належності. Створена програма, що розпізнає відеопотік, аналізує кадри шляхом знаходження характерних точок, та порівнює з точками зображень-еталонів, що були знайдені заздалегідь.

**Ключові слова:** характерні ознаки, еталон, лінійні і нелінійні геометричні перетворення, інваріантність, дескриптор, метод surf, функції належності.

## ABSTRACT

Kashkarov V.A. Methods of Structural Recognition of Images in Computer Systems.

This work is devoted to solving the problem of computer vision using the algorithm SURF and selection of the unique characteristic points of the image using a membership function. A program recognizes the video stream, analyzes frames by finding characteristic points, and compares them with points of image-templates.

**Keywords:** characteristic features, template, linear and nonlinear geometric transformations, invariance, descriptor, method surf, membership functions.

## АННОТАЦИЯ

Кашкаров В.А. Методы структурного распознавания изображений в компьютерных системах.

Работа посвящена решению задачи компьютерного зрения с помощью метода SURF и отбору уникальных характерных признаков изображения с помощью функции принадлежности. Создана программа, которая распознает видеопоток, анализирует кадры путем нахождения характерных точек, и сравнивает с заранее найденными точками изображений-эталонов.

**Ключевые слова:** характерные признаки, эталон, линейные и нелинейные геометрические преобразования, инвариантность, дескриптор, метод surf, функции принадлежности.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП.....	7
1 МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ НА ОСНОВІ МНОЖИНИ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК ЗОБРАЖЕННЯ .....	9
1.1 Структурне розпізнавання образів.....	9
1.2 Методи формування описів об'єктів .....	11
1.3 Знаходження локального максимуму гессіана .....	15
1.4 Постановка задачі дослідження .....	19
2 ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОГО СТРУКТУРНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ .....	21
2.1 Побудова та аналіз відношень для множини елементів структурного опису.....	21
2.2 Обчислення ступеня належності ознаки еталону з бази описів .....	22
2.3 Редукція ознак і розпізнавання .....	24
2.4 Результати дослідження та моделювання.....	27
3 ОПИС ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ .....	31
3.1 Проектування архітектури програми .....	31
3.2 Результати розробки програми .....	33
3.3 Реалізація та дослідження ефективності застосування функцій належності.....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	45
4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектованого об'єкту, що мають вплив на персонал.....	45
4.2 Заходи щодо техніки безпеки.....	46
4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці .....	48
4.4 Рекомендації по пожежній безпеці .....	51
4.5 Охорона навколишнього природного середовища .....	54

ВИСНОВКИ .....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТОК А. ЕЛЕКТРОННІ ПЛАКАТИ .....	60

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

SIFT – Scale-invariant feature transform – алгоритм комп'ютерного зору, що виявляє локальні характеристики зображення

SURF – (Speeded Up Robust Features) – прискорене виявлення стійких ознак

CO – структурний опис

ХО – характерна ознака

## ВСТУП

Напрямок вирішення задач комп'ютерного зору є перспективним і продовжує розвиватися, знаходячи все нові застосування. Починаючи від задач, які стають перед людиною щодня в її побуті, і закінчуючи специфічними завданнями, які вимагають індивідуального розгляду.

Задача розпізнавання образів продовжує бути актуальною, і не дивлячись на безліч рішень, кожне з них має свої переваги та недоліки, що обмежують застосування цього рішення в рамках лише галузі комп'ютерного зору. Навіть для застосування одного методу для різних предметних областей потрібно провести попередній аналіз, з'ясувати наскільки це рішення ефективно, і налаштувати метод.

Серед відомих методів обрано для розгляду та дослідження Speeded Up Robust Features (SURF), оскільки він є одним з найбільш ефективних і швидких сучасних алгоритмів [1]. Крім того, SURF є поширеним методом, його реалізації є в багатьох математичних бібліотеках. Метод може застосовуватися для порівняння зображень, пошуку об'єктів на зображеннях, 3D реконструкції, розпізнавання дорожніх знаків, в медицині - для автоматичного розпізнавання бактерій в аналізах крові.

Яскравим прикладом додатка, що слугує для візуального пошуку та розпізнавання зображень є Google Goggles - завантажуваний додаток, створений компанією Google Inc. в 2009 році для мобільних телефонів на базі операційної системи Android. Google Goggles дозволяє здійснювати комунікацію з серверами Google, з метою пошуку не по текстовим даними, а по зображенню. Наприклад, можна по фотографії обкладинки книги отримати інформацію про неї.

При фотографуванні об'єкта за допомогою вбудованої камери телефону, а в останніх версіях і за допомогою простого наведення камери на об'єкт, відбувається передача зображення та інформації про місцезнаходження пристрою на сервери Google, де зображення розпізнається і обробляється. Назад на телефон повертається результат відповідно до обраної функції (наприклад, для пошуку це список релевантної інформації і посилань на інтернет-сайти). При отриманні зображення система здійснює його з'єднання з базою даних індексної інформації про безліч попередньо введених зображень (об'єктів, пам'яток, логотипів і т. д.).

При отриманні інформації про пам'ятки можна обмежитися простим наведенням телефону на об'єкт без необхідності фотографування. Програма передає на сервер інформацію GPS і компаса, достатню для отримання необхідних результатів пошуку.



В основу функції автоматичного перекладу, що вийшла в травні 2010 року, покладено принцип оптичного розпізнавання символів, який видобуває з графічних зображень текст і транслює його за допомогою системи машинного перекладу Google Translate.

Однак, не всі запити в Google Goggles обробляються однаково добре. Додаток може розпізнати одночасно до трьох предметів. Найкращі результати виходять при зйомці обкладинок книг і DVD, дорожніх знаків і вказівників, штрихкодів і QR-кодів, логотипів, контактної інформації, картин, фірмової символіки, товарів, тексту. Але задовільні результати не гарантовано при зйомці тварин, рослин, автомобілів, меблів і одягу.

Надалі розробляють функції надання допомоги у вирішенні ходу в грі по фотографії шахівниці, визначення що це за рослина по фотографії листа.

Також на аналізі зображень спеціалізується пошукова система TinEye. Вона дозволяє знаходити в інтернеті зображення, схожі на зображення-зразок. Для отримання результату в якості зразка досить навіть мініатюри файлу з низькою роздільною здатністю.

За заявами розробників, в майбутньому планується можливість підписки на повідомлення про появу в Інтернеті нових копій зображення і одночасний пошук за декількома зображеннями. Пошуковий індекс TinEye налічує понад 4 мільярди зображень. Є плагіни для браузерів Firefox, Internet Explorer, Opera і Google Chrome. TinEye працює інакше, ніж метод SURF. Вона використовує алгоритм хешування зображень. Пошук по 480 мільйонам картинок, як обіцяють автори TinEye, неможливий з використанням SIFT, SURF і подібних.

Потрібно відзначити, незважаючи на те ,що SURF використовується для пошуку об'єктів на зображенні, він сам працює не з об'єктами. SURF ніяк не виділяє об'єкт з фону. Він розглядає зображення як єдине ціле і шукає особливості цього зображення. При цьому особливості можуть бути як всередині об'єкта, так і на тлі, а також на точках межі об'єкта і фону. У зв'язку з цим, метод погано працює для об'єктів простої форми і без яскраво вираженої текстури. Усередині таких об'єктів, метод швидше за все не знайде особливих точок. Точки будуть знайдені або на кордоні об'єкта з фоном , або взагалі тільки на фоні. А це призведе до того, що об'єкт не зможе бути розпізнаний в іншому зображенні, на іншому тлі.

# 1 МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ НА ОСНОВІ МНОЖИНИ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК ЗОБРАЖЕННЯ

## 1.1 Структурне розпізнавання образів

Задача розпізнавання образів досі не вирішена в повному обсязі. Однак, існують методи, що дозволяють наблизитися до її вирішення.

В інформаційних системах необхідно вирішувати прикладні задачі комп'ютерного зору, що пов'язані з розпізнаванням документів, підписів, людських облич та інших візуальних об'єктів. Такі задачі вирішуються шляхом порівняння зміненого образу з еталонним описом. Порівняння відбувається в умовах геометричних перетворень, на об'єкті можуть бути шуми, він може бути видний не повністю, мати різний масштаб, бути повернутим тощо.

Докладно використовуються структурні методи, що базуються на виділенні характерних ознак (ХО) на зображенні, що відображають локальні зміни функції яскравості [1,2]. Одним з ефективних сучасних методів структурного аналізу візуальних об'єктів є технологія SURF [2]. Вона вирішує задачі пошуку особливих точок зображення, а також створення їх дескрипторів, інваріантних до зміщень та поворотів. Це означає, що опис ключової точки буде однаковим, якщо зразок зміщений, та буде повернутим.

У структурних методах розпізнавання зображень у якості опису, за яким приймається рішення про клас об'єкту, вживають множину числових векторів (дескрипторів) [8]. Дескриптори - це характерні ознаки (ХО) зображення, які обчислюються шляхом застосування відповідних методів (наприклад, SURF [1]) і містять інваріантну до геометричних перетворень інформацію про функції яскравості фрагментів об'єкта. Структурний опис об'єкта  $Z \subset R^n$  представляють як кінцеву мультимножину. Метод SURF формує опис  $Z \subset R_1^n$ ,  $R_1^n = \{z \mid z \in R^n, \|z\| \approx 1\}$ ,  $R_1^n \subset R^n$ ,  $R_1^n$  - підмножина n-мірних дійсних векторів з евклідової нормою, близькою до одиниці:

$$\|z\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n z_i^2} \approx 1.$$

Основа структурного розпізнавання – процедура голосування структурних елементів (ХО), в результаті чого визначається еталон, якому віддано найбільшу кількість голосів ознак аналізованого об'єкта [9]. Шляхи підвищення ефективності цього підходу пов'язані з такими напрямками, як редукція (скорочення числа структурних ознак шляхом фільтрації), трансформація простору ознак до векторного опису, комбінування елементів опису і їх просторових характеристик (координати ХО), удосконалення процедур

голосування, групове прийняття рішення та ін. [8,10]. Зрештою, ефективність розпізнавання визначається предметом аналізу (база зображень), обраним методом і відповідною системою ознак. Виходячи з суті структурного розпізнавання із застосуванням голосування, можна сказати, що його результат визначається тим, за який з еталонів проголосував склад ХО об'єкта, іншими словами, яким чином згрупувалися голоси пакету векторів об'єкта за той чи інший клас.

Стрижневим моментом, що цілковито впливає на результат і якість розпізнавання, є схожість значень ХО як усередині опису, так і між описами. Як правило, вона оцінюється значенням евклідової відстані  $\rho(z_i, z_k) = \sqrt{\sum_v [z_i(v) - z_k(v)]^2}$  між векторами  $z_i, z_k$  ХО. Ступінь близькості ознак між собою в рамках опису та бази описів можна оцінити на основі побудови відносин на множинах ХО [8]. Впровадження апарату відносин близькості обіцяє нові можливості в плані удосконалення розпізнавання за рахунок врахування індивідуальних властивостей ознак опису.

Метою цієї роботи є побудова методу розпізнавання на основі аналізу відносини близькості структурних ознак в базі зображень, де поряд зі значенням ознаки використовується обчислена характеристика ступеня його належності до еталонного класу. Облік показника належності при розпізнаванні дозволяє деталізувати вплив елементів опису на кінцевий результат, а також згодом здійснити компресію описів для скорочення обчислювальних витрат.

Тож для реалізації структурного аналізу необхідно провести формалізацію процедури для обчислення міри належності елемента опису еталонам, редукція ознак і модифікація структурних моделей розпізнавання із застосуванням функції належності, проведення комп'ютерного моделювання для підтвердження результативності запропонованого підходу.

Потрібно зазначити, що SURF непридатний для таких завдань, як розпізнавання капчі. Метод призначений для виявлення однакових об'єктів. А капча якраз навпаки, прагне зробити картинку якомога більше несхожими на зразок. Тут найкраще працюють неймережеві методи.

За допомогою методу SURF, з деякою доробкою, можна відстежувати положення камери в просторі щодо нерухомого об'єкта. Тоді, наприклад, при знятті відомого об'єкта на камеру телефону можна отримати свої координати з деякою точністю.

Зараз ведуться розробки у сфері ідентифікації об'єктів, і створення систем додаткової реальності [1-5].

## 1.2 Методи формування описів об'єктів

Метод структурного опису зображень SURF шукає особливі точки за допомогою матриці Гессе. Детермінант матриці Гессе (т.зв. гессіан) досягає екстремуму в точках максимальної зміни градієнта яскравості. Він добре виявляє плями, кути і краї ліній [1] (рис. 1.1).

Гессіан інваріантний щодо зміщення, повороту, але не інваріантний щодо масштабування. Тому SURF використовує різномасштабні фільтри для знаходження гессіанів.

Для кожної ключової точки прораховується напрямок максимальної зміни яскравості (градієнт) і масштаб, взятий з масштабного коефіцієнта матриці Гессе. Градієнт в точці розраховується за допомогою фільтрів Хаара [1]. Після знаходження ключових точок SURF формує їх дескриптори. Дескриптор являє собою набір з 64 (або 128) чисел для кожної ключової точки. Ці числа відображають флуктуації градієнта навколо ключової точки (що розуміється під флуктуацією - розглянемо нижче). Оскільки ключова точка являє собою максимум гессіан, то це гарантує, що в околиці точки повинні бути ділянки з різними градієнтами. Таким чином забезпечується дисперсія (відмінність) дескрипторів для різних ключових точок.

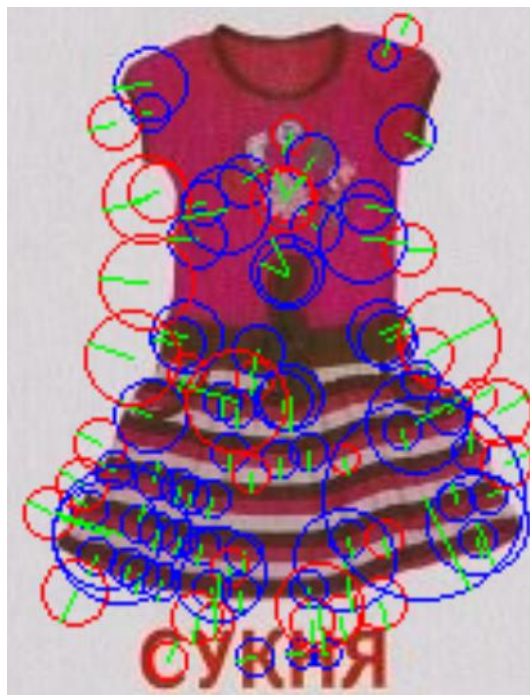


Рисунок 1.1 – Особливі точки зображення сукні, знайдені за допомогою матриці Гессе.

Діаметр кола показує масштаб особливої точки. Лінія - напрям градієнта яскравості

Гессіан інваріантний щодо зміщення, повороту, але не інваріантний щодо масштабування. Тому SURF використовує різномасштабні фільтри для знаходження гессіанів.

Для кожної ключової точки прораховується напрямок максимальної зміни яскравості (градієнт) і масштаб, взятий з коефіцієнта матриці Гессе. Градієнт в точці розраховується за допомогою фільтрів Хаара [1].

Флуктуації градієнта околиць ключовою точки розраховується відносно напрямлення градієнта навколо точки в цілому (по всій околиці ключовою точки). Таким чином досягається інваріантність дескриптора щодо обертання. Розмір же області, на якій розраховується дескриптор, визначається масштабом матриці Гессе, що забезпечує інваріантність щодо масштабу.

Для ефективного обчислення фільтрів Гессе і Хаара використовується інтегральне представлення зображень. Інтегральне представлення є матрицею, розмірність якої збігається з розмірністю вихідного зображення, а елементи вважаються за формулою:

$$I(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j),$$

де  $I(i, j)$  – яскравість пікселів вихідного зображення.

Маючи інтегральну матрицю, можна дуже швидко обчислювати суму яскравості пікселів довільних прямокутних областей зображення, за формулою:

$$SumOfRect(ABCD) = I(A) + I(C) - I(B) - I(D),$$

де ABCD - шуканий прямокутник.

Виявлення особливих точок у SURF засноване на обчисленні детермінанта матриці Гессе (гессіан). Матриця Гессе для двовимірної функції та її детермінант визначається наступним чином:

$$H(f(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix}, \quad \det(H) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right)^2,$$

Значення гессіана використовується для знаходження локального мінімуму або максимуму яскравості зображення. У цих точках значення гессіан досягає екстремуму.

Однак, SURF не використовує лапласіан гауссіана в чистому вигляді бо по-перше - дискретизований лапласіан гауссіана має досить великий розкид значення детермінанта, при обертанні зразка (в ідеалі гессіан повинен бути інваріантний до обертання). Особливо детермінант «просідає» в районі повороту на 45 градусів. А по-друге, і це головне, фільтр для Лапласіан гауссіана має безперервний характер. Майже всі пікселі фільтра мають різні величини яскравості [1]. А це не дозволяє ефективно використовувати такий потужний механізм розрахунку, як інтегральну матрицю зображення.

Цей фільтр більш стійкий до обертання, і його можна ефективно обчислити за допомогою інтегральної матриці. Таким чином, в SURF гессіан обчислюється так:

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (0.9D_{xy})^2 ,$$

де  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$ ,  $D_{xy}$  – згортки з фільтрів, зображеним на рисунку 1.5. Коефіцієнт 0.9 має теоретичне обґрунтування і коригує наближений характер обчислень.

Отже, для знаходження особливих точок SURF пробігається по пікселям зображення і шукає максимум гессіан. У методі задається граничне значення гессіан. Якщо обчислене значення для пікселя вище порога – піксел розглядається як кандидат на ключову точку.

Оскільки гессіан є похідною і залежить тільки від перепаду яскравості, але не від абсолютного її рівня, то він інваріантний по відношенню до зсуву яскравості зображення. Таким чином, зміна рівня освітлення зразка не впливає на виявлення ключових точок.

Крім того, властивості гессіана такі, що він досягає максимуму, як в точці білої плями на чорному фоні, так і чорної плями на білому фоні. Таким чином, метод виявляє і темні, і світлі особливості зображення.

Гессіан не інваріантний щодо масштабу. Це означає, що для одного і того ж пікселя гессіан може мінятися при зміні масштабу фільтра. Вирішення цієї проблеми тільки одне - перебирати різні масштаби фільтрів і по черзі їх застосовувати до даного пікселю.

З міркувань симетрії і дискретизації, розмір фільтра Fast-Hessian не може приймати довільні значення. Допустимі розміри цього фільтра такі (починаючи з мінімального): 9, 15, 21, 27 і так далі, з кроком 6. Однак, на практиці, поступово збільшувати розмір фільтра на 6 - не вигідно, тому що для великих масштабів крок 6 виявляється занадто дрібним, а

фільтри - надлишковими. Тому (і з деяких інших причин), SURF розбиває всю множину масштабів на октави. Кожна октава покриває певний інтервал масштабів і має свій характерний розмір фільтра. При цьому якщо б на октаву припадав тільки один фільтр, це було б занадто грубим наближенням. Крім того, ми б не могли знайти локальний максимум гессіан, серед різних масштабів, в різних октавах. Адже одна і та ж точка може мати кілька локальних максимумів гессіан, в різних масштабах.

Якщо ми будемо шукати максимум серед усіх гессіанів, за всіма масштабами, то ми б знайшли тільки один з максимумів, в той час як їх може бути декілька. Виходячи із цього, октава містить не один фільтр, а чотири фільтра, які добре покривають характерний масштаб октави (рис. 1.2).

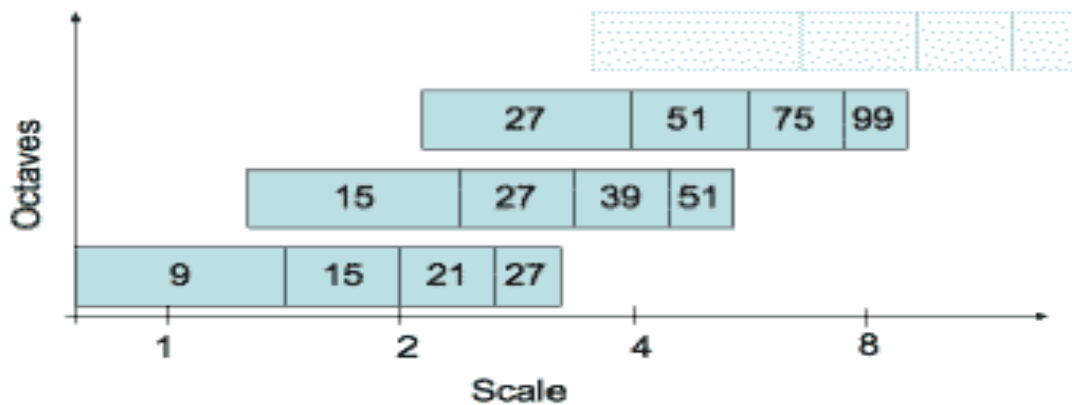


Рисунок 1.2 – Перші три октави методу SURF. Цифри в прямокутниках показують розмір фільтра Fast-Hessian. Логарифмічна шкала знизу показує масштаби, що покриваються октавами

Крок розміру фільтра в першій октаві - складає 6, у другій - 12, у третій – 24 і так далі. Як бачимо, октави значно перекриваються один одним. Це збільшує надійність знаходження локальних максимумів. Чому в октаві саме чотири фільтра стане ясно з наступного розділу.

Теоретично масштаби нескінченні, проте в реальних зображеннях, вони цілком кінцеві, і основна маса зосереджена в інтервалі від 1 до 10 (за даними авторів методу). Для покриття цього діапазону досить чотирьох октав. Плюс додається одна або дві октави для покриття більших масштабів. Разом використовується 5-6 октав. Теоретично цього цілком достатньо для покриття всіляких масштабів на зображенні 1024x768 пікселів.

### 1.3 Знаходження локального максимуму гессіана

Для знаходження локального максимуму гессіан, використовується так званий метод сусідніх точок  $3 \times 3 \times 3$ .

Виходячи з визначення локального максимуму, зрозуміло, що октава повинна містити не менше трьох фільтрів, інакше ми не зможемо визначити факт перебування локального максимуму гессіан всередині октави. Фільтри октави вважаються не для всіх пікселів поспіль. Перша октава вважається для кожного другого пікселя зображення. Друга – для кожного четвертого, третя - для кожного восьмого і так далі. Сенс зрозумілий - дві точки з відстанню 2 не можуть містити більше одного максимуму масштабу 2, 3 або більше високих масштабів. Тому немає сенсу перебирати всі крапки зображення, для знаходження максимуму масштабу 3, наприклад.

Подвоєння кроку пікселів для октав дозволяє економити при розрахунку фільтрів. Розміри фільтрів в октавах повторюються. Наприклад, фільтр розміром 27 присутній в трьох октавах. При обчисленнях цей фільтр буде вважатися тільки для першої октави. Друга і третя – просто використовують розрахунки першої октави.

Подвоєння кроку пікселів гарантує, що точки в яких потрібно вважати гессіан, вже були прораховані попередньої октавою.

Тому, незважаючи на те, що октава містить чотири фільтра, насправді кожна октава (крім першої) вважає тільки два характерних для неї розміру, два інших - завжди можна взяти з попередніх октав. Перша ж октава змушена вважати всі чотири своїх фільтра.

Отже, після знаходження максимального гессіану методом сусідніх точок  $3 \times 3 \times 3$ , ми знайшли піксел в якому цей максимум досягається. Однак, оскільки, октава перебирає не всі точки зображення, то істинний максимум може не збігатися з знайденим пікселом, а лежати десь поруч, в сусідніх пікселях.

Для знаходження точки істинного максимуму, використовується інтерполяція знайдених гессіанов куба  $3 \times 3 \times 3$  квадратичною функцією. Далі, обчислюється похідна (методом кінцевих різниць сусідніх точок). Якщо вона близька до нуля – ми в точці істинного максимуму. Якщо похідна велика – зрушуємося в бік її зменшення, і повторюємо ітерацію, до тих пір поки похідна чи не стане менше заданого порогу. Якщо в процесі ітерацій ми відходимо від початкової точки занадто далеко, то це вважається помилковим максимумом, і крапка більше не вважається особливою.

Для інваріантності обчислення дескрипторів особливої точки, які будуть розглянуті нижче, потрібно визначити переважаючу орієнтацію перепадів яскравості в особливій



точці. Це поняття близьке до поняття градієнта, але SURF використовує трохи інший алгоритм знаходження вектора орієнтації.

Спочатку, обчислюються точкові градієнти в пікселях, сусідніх з особливою точкою. Для розгляду беруться пікселі в окружності радіуса  $6s$  навколо особливої точки. Де  $s$  - масштаб особливої точки. Для першої октави беруться точки з околиці радіусом 12.

Для обчислення градієнта використовується фільтр Хаара. Розмір фільтра береться рівним  $4s$ , де  $s$  – масштаб особливої точки (рис. 1.3).

Фільтри Хаара дають точкове значення перепаду яскравості по осі  $X$  і  $Y$  відповідно. Оскільки фільтри Хаара мають прямокутну форму, їх значення легко вважаються за допомогою інтегральної матриці. Для розрахунку одного фільтра довільного розміру потрібно всього 6 операцій.

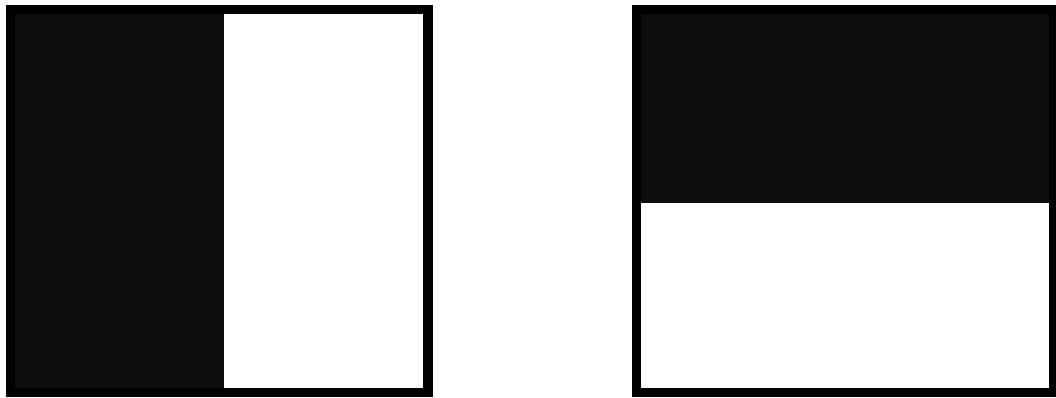


Рисунок 1.3 – Фільтри Хаара (чорні області мають значення -1, білі +1)

Значення вейвлета Хаара  $dX$  і  $dY$  для кожної точки множаться на вагу і запам'ятовуються в масиві. Вага визначається як значення гауссіана з центром в особливій точці і сигмою равній  $2s$ . Зважування на гауссіане необхідно для відсікання випадкових перешкод на далеких від особливої точки відстанях. Далі, всі знайдені значення  $dX$  і  $dY$ , умовно наносяться у вигляді точок на площину (рис 1.4).

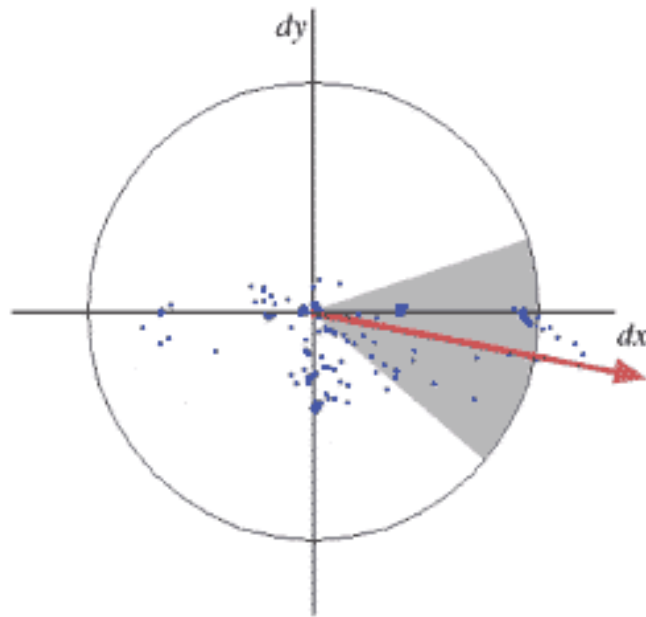


Рисунок 1.4 – Всі знайдені градієнти у вигляді точок у просторі  $dXdY$

Далі береться кутове вікно (показано сірим на рисунку 1.11) розміром  $\pi / 3$ , і обертається навколо центру координат. Вибирається таке положення вікна, при якому довжина сумарного вектора для потрапили у вікно точок - максимальна. Обчислений таким чином вектор нормується і приймається як пріоритетний напрямок в області особливої точки. Маніпуляції з вікном потрібні для зменшення впливу шумових точок (рис. 1.5).

Зазначимо, що не завжди потрібна інваріантність дескрипторів щодо обертання. Метод SURF має модифікацію, в якій орієнтація особливих точок не розраховується. Така модифікація дозволяє надійно ідентифікувати точки, повернені не більше ніж на  $\pm 15$  градусів.

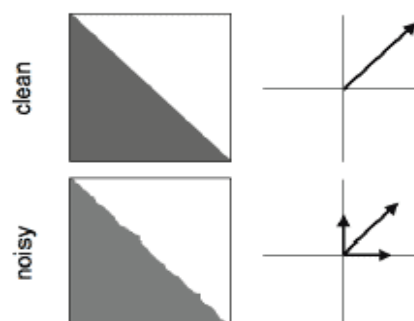


Рисунок 1.5 – Шум дає додаткові градієнти в напрямках, не співпадаючих з напрямком основного градієнта. Використання вікна дозволяє відсікти такі шумові точки, і більш точно обчислити істинний градієнт

Дескриптор являють собою масив з 64 (в розширеній версії 128) чисел, що дозволяють ідентифікувати особливу точку. Дескриптори однієї і тієї ж особливої точки на зразку і на сцені повинні приблизно збігатися. Метод розрахунку дескриптора такий, що він не залежить від обертання і масштабу.

Для обчислення дескриптора навколо особливої точки формується прямокутна область, яка має розмір  $20s$ , де  $s$  - масштаб в якому була знайдена особлива точка. Для першої октави, область має розмір  $40 \times 40$  пікселів. Квадрат орієнтується уздовж пріоритетного напрямку, обчисленого для особливої точки. Дескриптор вважається як опис градієнта для 16 квадрантів навколо особливої точки. Далі, квадрат розбивається на 16 дрібніших квадрантів.

Слід зазначити, що при розрахунку фільтра Хаара, зображення не повертається, фільтр вважається в звичайних координатах зображення. А ось отримані координати градієнта ( $dX$ ,  $dY$ ) повертаються на кут, відповідний орієнтації квадрата.

Після знаходження 25 точкових градієнта квадранта обчислюються чотири величини, які власне і є компонентами дескриптора:

$$\Sigma dX, \Sigma |dX|, \Sigma dY, \Sigma |dY|,$$

дві з них є просто сумарний градієнт по квадранту, а дві інших - сума модулів точкових градієнтів.

Чотири компоненти на кожен квадрант, і 16 квадрантів, дають 64 компонента дескриптора для всієї області особливої точки. При занесенні до масиву значення дескрипторів зважуються на гауссіану з центром в особливій точці і з сигмою  $3.3s$ . Це потрібно для більшої стійкості дескриптора до шумів у віддалених від особливої точки областях.

Для опису точки використовується знак сліду матриці Гессе, тобто величина  $\text{sign}(D_{xx} + D_{yy})$ . Для світлих точок на темному фоні слід від'ємний, для темних точок на світлому фоні - позитивний. Таким чином, SURF розрізняє світлі і темні плями.

Незважаючи на те, що SURF використовується для пошуку об'єктів на зображенні, він сам працює не з об'єктами. SURF ніяк не виділяє об'єкт з фону. Він розглядає зображення як єдине ціле і шукає особливості цього зображення. При цьому особливості можуть бути як всередині об'єкта, так і на фоні, а також на точках межі об'єкта і фону. У зв'язку з цим, метод погано працює для об'єктів простої форми і без яскраво вираженої текстури. У середині таких об'єктів, метод швидше за все не знайде особливих точок. Точки будуть знайдені або на кордоні об'єкта з фоном, або взагалі тільки на фоні. А це

приведе до того, що об'єкт не зможе бути розпізнаний в іншому зображенні, на іншому фоні.

Припустимо, що є база даних, що складається з описів ряду зображень, способом, наведеним вище (зразки), і деяке зображення (далі сцена). Завдання зводиться до визначення факту наявності зразка на сцені і до його локалізації. При цьому зразок на сцені може:

- мати інший масштаб;
- бути поверненим в площині зображення;
- бути в довільному місці сцени;
- може бути зашумлений, видний не повністю;
- може мати відмінну від зразка яскравість і контраст;
- його може не бути зовсім.

Спочатку розглянемо порівняння двох дескрипторів (векторів описують особливу точку в описі зображення). Знайдемо векторну відстань у евклідовій метриці для обраних векторів:

$$p(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_{64} - y_{64})^2}.$$

Оскільки  $x_n$  і  $y_n \in (-1, 1)$ ,  $p(x, y) \in (0, 16)$ . Зазвичай  $p$  невелике (менше одиниці). Далі необхідно порівняти векторну відстань з порогом. Поріг необхідний для того, щоб передбачити помилки обчислень. Якщо  $p$  менше за поріг, то вважаємо точки збіглися [8].

Для вирішення завдання порівняння необхідно спочатку застосувати SURF до сцени для отримання її опису. Далі для кожного зразка знайдемо кількість точок, що збіглися з точками зі сцени, так, що кожна точка зразка може збігтися тільки з однією з точок сцени. Після збігу і точка на зразку, і точка на сцені виключаються з порівняння. «Виграє» той зразок, який має найбільше число збігів зі сценою.

## 1.4 Постановка задачі дослідження

Метою роботи є розробка програми, що буде розпізнавати зображення, використовуючи структурний метод SURF. Для кращого результату роботи програми поставлена задача реалізувати розпізнавання з використанням функцій належності. При

збереженні еталонів проводиться аналіз кожної ХО та приймається рішення залежно від того, наскільки унікальна ця ознака в межах всіх еталонів, чи використовувати її для розпізнавання цього еталону.

Так як для порівняння будуть використовуватись лише унікальні ХО, це дозволить проводити порівняння характерних точок з допустимою швидкістю та забезпечить ефективний аналіз кадрів з веб-камери.

Потрібно розробити базу даних зображень-еталонів з уже порашованими унікальними дескрипторами, знайденими за допомогою функцій належності. Таким чином, при запиті від клієнта на порівняння не буде необхідності в їх підрахунку. Через те, що при збереженні еталонів буде проводитись аналіз всіх унікальних ХО зображень, ця процедура може зайняти деякий час, що не дасть користуватися програмою доки не завершиться процес заповнення бази даних. Тому необхідно оптимізувати функцію додавання нового еталону, та відокремити її від функцій з нею не пов'язаних, щоб на час роботи процесу збереження була можливість користуватися іншим функціоналом програми, наприклад, функцією розпізнавання зображень.

## 2 ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОГО СТРУКТУРНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

### 2.1 Побудова та аналіз відношень для множини елементів структурного опису

Нехай  $Z = \{z_i\}$  – кінцева множина елементів, що утворюють опис,  $z_i, z_k \in Z$ .  
Задамо поріг  $\delta > 0$  і функцію відстані  $\rho(z_i, z_k)$  для пари  $z_i, z_k \in Z$ . Розглянемо на  
множині  $Z$  бінарне відношення  $\Theta \subseteq Z \times Z$ :

$$\Theta = \{(z_i, z_k); z_i, z_k \in Z \mid \rho(z_i, z_k) \leq \delta\}, \quad (2.1)$$

яке визначає близькість елементів  $z_i, z_k \in Z$  з точністю  $\delta$ . На основі аналізу всіх  
відстаней для елементів  $Z$  можна виділити кластери «однакових» елементів в рамках  
параметра  $\delta$  [7]. Умова  $\rho(z_i, z_k) \leq \delta$  (замкнута куля радіуса  $\delta$  з центром в  $z_i$  або  $z_k$ ) у  
формулі (2.1) визначає бінарне відношення подоби  $\Theta$ . Відношення у формулі (2.1) для  
довільного елемента задає його область  $R_i^n$  в, якій належать еквівалентні йому елементи.

Можна побачити, що співвідношення у формулі (2.1) має властивості  
рефлексивності, так як  $\forall z_i$  виконано  $\rho(z_i, z_i) \leq \delta$ , і симетричності:  
 $\rho(z_i, z_k) = \rho(z_k, z_i) \leq \delta$ . В той же час, ця умова не задає розбиття  $Z$ , так як з  
 $\rho(z_i, z_k) \leq \delta$  і  $\rho(z_i, z_*) \leq \delta$  не слідує виконання (відсутня транзитивність). З умов  
 $z_i \Theta z_k$  і  $z_i \Theta z_*$  не виходить, що  $z_* \Theta z_k$ , тобто відношення у строгому математичному  
сенсі не є еквівалентністю.

Відношення, що володіє рефлексивністю і симетричністю, але не транзитивністю,  
отримали назву відношень толерантності [11]. Два елементи толерантні, якщо існує  
підмножина (клас), що містить ці елементи. Система класів толерантності утворює  
покриття множини. Еквівалентність - окремий випадок відносини толерантності. Коли  
толерантність виявляється транзитивною, тобто перетворюється на свій окремий випадок  
- еквівалентність, то класи толерантності стають класами еквівалентності. Структура,  
обумовлена двомісною функцією приналежності для чітких множин, визначає  
транзитивне відношення між парами точок наступним чином: з висловлювань « $x$

належить тому ж кластеру, що і  $y$ » і « $y$  належить тому ж кластеру, що і  $z$ » слід « $x$  належить тому ж кластеру, що і  $z$ » [10].

Поряд з формулою (2.1) для кожного  $z_i \in Z$  доцільно розглянути також унарне нечітке відношення  $A$  належності множині [10], яка характеризується значенням функції належності  $a = A(z_i) \in [0,1]$ . Одномісне ставлення  $A$  при фіксованому значенні  $A(z_i)$  визначає чітку підмножину  $A \subseteq Z$ .

Представляється доцільним розвиток методів структурного розпізнавання на основі використання значень функції належності ознаки еталону, яка враховує індивідуальні особливості ознаки з опису. Для врахування впливу ознаки на результат розпізнавання логічно побудувати функцію належності  $A(z_i)$ , базуючись на властивості подібності елементів у рамках бінарного відношення толерантності.

## 2.2 Обчислення ступеня належності ознаки еталону з бази описів

Нехай  $Z = \{z_k\}_{k=1}^s$  – скінченна множина елементів, що утворюють структурний опис. Для кожного  $z_k \in Z$  відповідно до апарату нечітких множин розглянемо величину  $A(z_k) = a_k$ ,  $a_k \in [0,1]$ , яка характеризує ступінь належності до множини  $Z$ , тобто нечітка підмножина  $A$  множини  $Z$ . Як правило, ступінь належності - це деяка суб'єктивна оцінка, яка визначає нечітка множина.

Якщо провести індексацію елементів  $A$  за правилом  $A(z_i) \geq A(z_j)$  при  $i > j$ , то отриманій нечіткій множині на основі фіксованого значення  $\alpha \in [0,1]$  можна поставити у відповідність кортеж  $A_\alpha$  чітких підмножин  $Z$ , званих рівневими множинами нечіткої множини  $A$  [10]. Підмножина  $A_\alpha \subseteq Z$   $\alpha$ -рівня визначається як

$$A_\alpha = \{z \in Z \mid A(z) \geq \alpha\} \quad (2.2)$$

Іншими словами,  $A_\alpha$  – це чітка підмножина  $Z$ , яка містить елементи, ступінь належності яких вище  $\alpha$ . Кожне нечітка множина може бути складено з його рівневих множин [10]. В окремому випадку допускається  $A_\alpha = \emptyset$ . Конструкція у формулі (2.2)

може послужити основою для здійснення редукції опису  $Z$ , якщо в значення  $\alpha$  вкладати, наприклад, зміст рівня «важливості» ознаки. За рахунок побудови за формулою (2.2) може бути відібрано підмножина значущих ознак з високим рівнем  $\alpha$ .

Обговоримо процедуру побудови нечіткої множини  $A$  на основі множини ХО для бази зображень, тобто прямий спосіб обчислення значення  $a_k$  функції належності. Для елемента  $z_k$  з опису  $Z = \{z_k\}_{k=1}^s$  і заданого значення  $\delta_z$  визначимо число  $c_k$  його «повторень» в  $Z$  [12] за формулою:

$$c_k = \sum_{v=1, s} 1(\rho(z_k, z_v) \leq \delta_z), \quad (2.3)$$

де  $\rho(z_k, z_v)$  – метрика для  $z_k, z_v \in Z$ ;

$$1(\rho(z_k, z_v) \leq \delta_z) = \begin{cases} 1, & \rho(z_k, z_v) \leq \delta_z, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Таким чином,  $c_k \in C_+$  – це число елементів  $Z$ , еквівалентних  $z_k \in Z$  з точністю до  $\delta_z$  відповідно до предикату  $1(\rho(z_k, z_v) \leq \delta_z)$ ,  $C_+$  – безліч цілих невід'ємних чисел. Параметр  $\delta_z$  визначає поріг еквівалентності елементів (допустима точність при їх зіставленні).

Розглянемо базу зображень з  $J$  еталонів і відповідну їй множину  $\{Z^i\}_{i=1}^J$  еталонних описів. Для кожного з елементів  $z_{ik} \in Z^i$  підрахуємо, скільки разів він зустрічається в еталоні  $Z^i$ , а також повною базою з  $J$  еталонів. В результаті обчислимо параметр  $\beta_{ik}$ :

$$\beta_{ik} = c_{ik} / c_{ik}^J; \beta_{ik} \in [0, 1], \quad (2.4)$$

де  $c_{ik}$  – число еквівалентних  $z_{ik}$  елементів в  $i$ -му еталоні  $Z^i$ ,

$c_{ik}^J$  – значення у формулі (2.3) для елемента  $z_{ik}$  в повній базі  $\{Z^i\}_{i=1}^J$ .

Таким чином, значення у формулі (2.4) є часткою елементів, подібних елементу  $z_{ik}$



в  $i$ -тому еталоні серед загального числа таких елементів всієї бази. Етапом процесу обчислень є визначення значення за формулою (2.3) для окремих еталонів, тому величина за формулою (2.4) може бути отримана і проаналізована для кожного з еталонів бази окремо. Зокрема, це можна використовувати для виявлення двох найбільш схожих еталонів.

Величина  $\beta_{ik}$ , судячи з формули (2.4), змінюється на відрізку  $[0,1]$ , при  $\beta_{ik} \rightarrow 1$  ступінь унікальності  $z_{ik}$  в базі найбільша, при  $\beta_{ik} \rightarrow 0$  елемент  $z_{ik}$  втрачає унікальність і фактично стає непридатним для розпізнавання. Наприклад, якщо елемент зустрічається виключно у «своєму» ідеалі, то  $\beta_{ik} = 1$ . Якщо в базі всі елементи рівні, то  $\beta_{ik} = s_i / s$ , де  $s_i, s$  - потужності множин  $Z^i, Z$ . Величини за формулами (2.3) та (2.4) повністю визначені параметром  $\delta_z$ .

Відзначимо, що коефіцієнти  $\beta_{ik}$ , крім обчислення за формулою (2.4), можуть також встановлюватися експертом в інтерактивному режимі, виходячи з принципу їх візуальної значимості в задачі розпізнавання. У такому варіанті аналіз обговорюваних моделей найбільш адекватний нечіткому представленню.

Процедуру обчислення значень функції належності для компонентів бази еталонів формулюємо як послідовність кроків:

- 1) формування множини  $\{Z^i\}_{i=1}^J$  елементів описів бази об'єктів;
- 2) обчислення для кожного елемента значення за формулою (2.3) при заданому  $\delta_z$ ;
- 3) визначення значень функції належності за формулою (2.4) для кожної ознаки.

### 2.3 Редукція ознак і розпізнавання

За результатами обчислень отримано розширений опис еталона  $Z^i$  у вигляді  $Z^i(\beta) = \{z_{ik}, \beta_{ik}\}$ , де кожен елемент розглядається разом з параметром, що відображає ступінь його належності до еталону в аспекті всіх елементів бази. При зміні змісту бази  $\{Z^i\}_{i=1}^J$  коефіцієнти  $\beta_{ik}$  необхідно перерахувати, так як відповідно до процедури побудови вони повністю обумовлені базою описів.

Множина коефіцієнтів  $\{\beta_{ik}\}$  може послужити основою для системного аналізу або

трансформації описів бази з метою поліпшення результативності розпізнавання. Зрозуміло, наприклад, що елементи з низьким значенням  $\beta_{ik}$  можна без шкоди виключити з описів (редукція), бо їх значимість для розпізнавання невелика через наявність значного числа подібних елементів у складі інших еталонів.

На основі застосування синтезованого критерію здійснимо редукцію  $\Psi: Z^i \rightarrow Z^{i*}$  еталонних описів у вигляді

$$Z^{i*} = \{z_{ik} \in Z^i \mid \beta_{ik} \geq \delta_\beta\}, \quad (2.5)$$

де  $\delta_\beta$  – апіорний поріг рівня значущості,  $\delta_\beta \in [0,1]$ ,

$Z^{i*}$  – редуковане (стислий) опис,  $\text{card}(Z^{i*}) \ll \text{card}(Z^i)$ ,

$\text{card}(Z^i)$  – потужність множини.

Ще одним варіантом відсікання  $\Psi$  підмножини незначущих ознак є застосування до  $Z^i$  індексації (упорядкування) за значенням. В результаті формуємо підмножина з елементів з найбільшими значеннями, тобто

$$Z^{i*} = \{z_{ik} \in Z^i \mid \text{Ind}_u(Z^i, \beta_{ik}, u)\}. \quad (2.6)$$

Ефективність редукції за формулою (2.5) в плані швидкодії розпізнавання залежить від числа  $s_i^*$  сформованих елементів стисненого опису  $Z^{i*}$ . Відзначимо, що  $\delta_\beta$  тут виступає параметром при оптимізації якості розпізнавання. Ефективність редукції за формулою (2.6) визначається відношенням  $s_i / u$ .

Сума значень  $\beta_{ik}$  в межах бази відповідно до процедури побудови дорівнює 1, хоча  $\beta_{ik}$  можуть бути обчислені на основі інших принципів. Після здійснення редукції для визначення значущості нової системи ознак показник (4), теоретично, повинен бути перерахований.

За результатами обчислень за формулою (2.4) і редукції за формулами (2.5) та (2.6) можна отримати інтегральні характеристики для вихідного і перетвореного описів

$$\beta_i = \sum_k \beta_{ik}. \quad (2.7)$$

Чим ближче значення суми за формулою (2.7) до числа  $s_i$  елементів  $i$ -го еталону, тим вищий ступінь розрізнення цього еталону в базі. Цей висновок обумовлений співвідношеннями  $\beta_{ik} \geq 0$  і  $\max \beta_i = s_i$ .

Редукція множини ознак - це спосіб компресії даних з метою зниження витрат на розпізнавання. На матеріалі бази описів шляхом обчислення фактично здійснюється навчання. Загалом, тут можна говорити про оптимізацію, де редукція ознак здійснюється так, щоб оптимізувати критерій виду (7), що відображає інтегральні властивості сформованої системи ознак на основі значень функції належності або відхилення цього значення від бажаного.

Відзначимо, що обчислення характеристик належності і трансформація простору ознак здійснюються на попередньому етапі формування описів бази і зрештою ніяк не впливають на швидкодію розпізнавання. У той же час за рахунок редукції ознак істотно знижуються обчислювальні витрати і, як результат, підвищується швидкодія процедури прийняття рішень про клас об'єкту [7].

Процедура розпізнавання тепер може бути побудована з урахуванням ступеня належності  $\beta_{ik}$  еталонних елементів  $Z^{i*}$ , що забезпечує поглиблений індивідуальний аналіз значень і важливості ознак, а це в цілому сприяє підвищенню достовірності прийняття рішення про клас об'єкту. З іншого боку, може бути збережена і традиційна схема підрахунку голосів для множини  $Z^{i*}$  скорочених ознак.

Для об'єкта, що розпізнається, побудувати нечіткий опис запропонованим способом важко через перешкоди і неточності подання, тому класифікація на основі прямого обчислення подібності двох нечітких описів ускладнена. У такому випадку розпізнавання традиційно будуємо на встановленні оптимальної подоби аналізованих і еталонних елементів. Замість підрахунку числа голосів (що у відомому підході відповідає), в модифікованому методі підсумовуємо значення  $\beta_{ik}$  для еталонних ознак, яким відповідає найбільша подібність. В результаті візуальний об'єкт відносимо до класу  $j$  відповідно до правила

$$j = \arg \max_{i=1, \dots, J} \sum_k \beta_{ik}, \quad (2.8)$$

де вибирається клас з максимальним значенням за формулою (2.7).

На основі відношення подібності за формулою 2.1 є можливість побудувати

розбиття множини  $\{Z^i\}_{i=1}^J$  на класи еквівалентних елементів, що визначаються порогом  $\delta_z$  і метрикою  $\rho(z_k, z_v)$ . Варіантом побудови може бути кластеризація на множині. Іншим варіантом може бути формування нечітких класів ХО.

На основі процедури угруповання формуємо з бази описів  $r$  кластерів елементів. В результаті переходимо від описів еталонів у вигляді множин до векторного поданням [9]:

$$R : Z^i \rightarrow h, \quad (2.9)$$

де  $h = (h_1, \dots, h_r)$ ,  $h_k \in C_+$  – цілочисельний вектор розмірності  $r$ .

Перетворення за формулою (2.9) значно спрощує зіставлення описів, так як обчислення міри для множин трансформується до визначення міри векторів, за рахунок чого обчислювальні витрати на розпізнавання знижуються в десятки разів [9]. Конструкція перетворення бази представлена на рисунку 2.1.

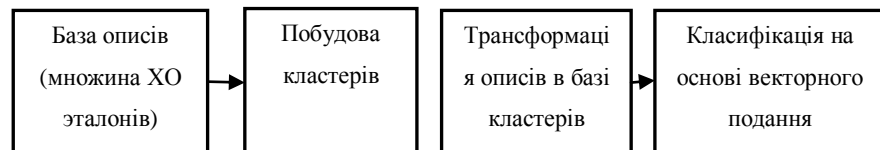


Рисунок 2.1 – Схема перетворення описів

## 2.4 Результати дослідження та моделювання

Попередні дослідження показали, що для різних баз зображень найбільш прийнятні для прикладного застосування є значення порога  $\delta$  з відрізка  $[0,64; 0,8]$ .

На рисунку 2.2 наведено зображення  $180 \times 180$  пікселів з бази зображень фруктів, яка містить 4 зображення. Кількість ХО в описах SURF для зображень рис. 2 склало 84, 116, 82, 60.



Рисунок 2.2 – Приклади з бази зображень фруктів

На рисунку 2.3 показані множини сформованих ХО, а також виділені підмножини з десяти ХО з найбільшими значеннями  $\beta_{ik}$  в базі.

Конкретно, для одного зображення на рисунку 3.1 десять найменших значень  $\beta_{ik}$  рівні: 0.159, 0.164, 0.167, 0.173, 0.174, 0.178, 0.184, 0.186, 0.187, 0.188, а 10 найбільших значень  $\beta_{ik}$  рівні: 0.254, 0.242, 0.239, 0.232, 0.225, 0.224, 0.219, 0.211, 0.208, 0.206. Такі значення говорять про те, що для зображення на рисунку 3.1 спостерігається незначний рівень схожості ХО в даній базі, а значить, ступінь розпізнаваності цього зображення в побудованому просторі ознак досить висока.

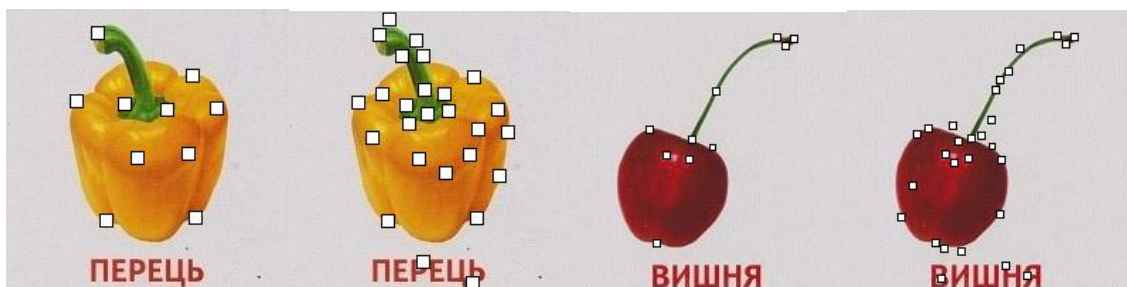


Рисунок 2.3 – Приклади зображень з множиною ХО і 10-тьма ХО з найбільшими значеннями  $\beta_{ik}$  (б, г).

Рисунок 2.4 містить гістограми значень для зображень: 84 ознаки і 60 ознак. По горизонтальній осі - порядкові номери ХО. Огинаюча гістограми (рис. 2.4) праворуч і ліворуч проходить приблизно на одному рівні. Лише окремі ознаки для зображення на рисунку 3.1 істотно відхиляються від середнього значення 0,2. Тому робимо висновок, що в цілому різниця між ознаками зображень на рисунку 2.2, приблизно однакова.

Прямі підрахунки показують, що якщо число ознак для зображення 2.3, скоротити до 10, то обсяг даних скоротиться в 6 разів (з 60 початкових ХО), а вигравш у швидкодії розпізнавання становить приблизно 2,5 рази.

Моделювання показало, що для повної бази зображень фруктів при редукції описів еталонів до 10 ознак з найменшими значеннями  $\beta_{ik}$  відповідно до запропонованим методом зберігається безпомилкове розпізнавання.

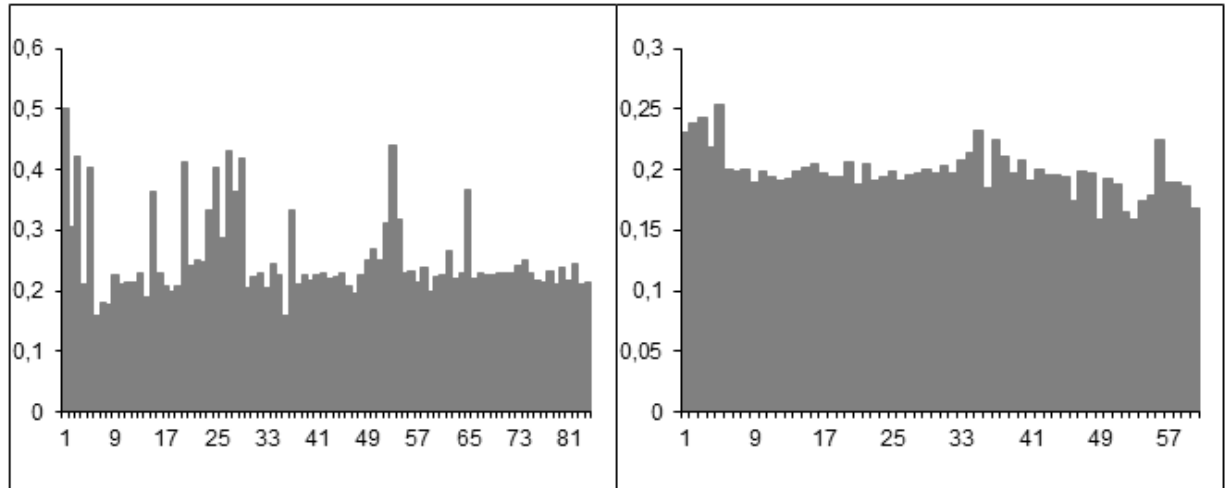


Рисунок 2.4 – Гістограми значень для зображень на рисунку 2.2

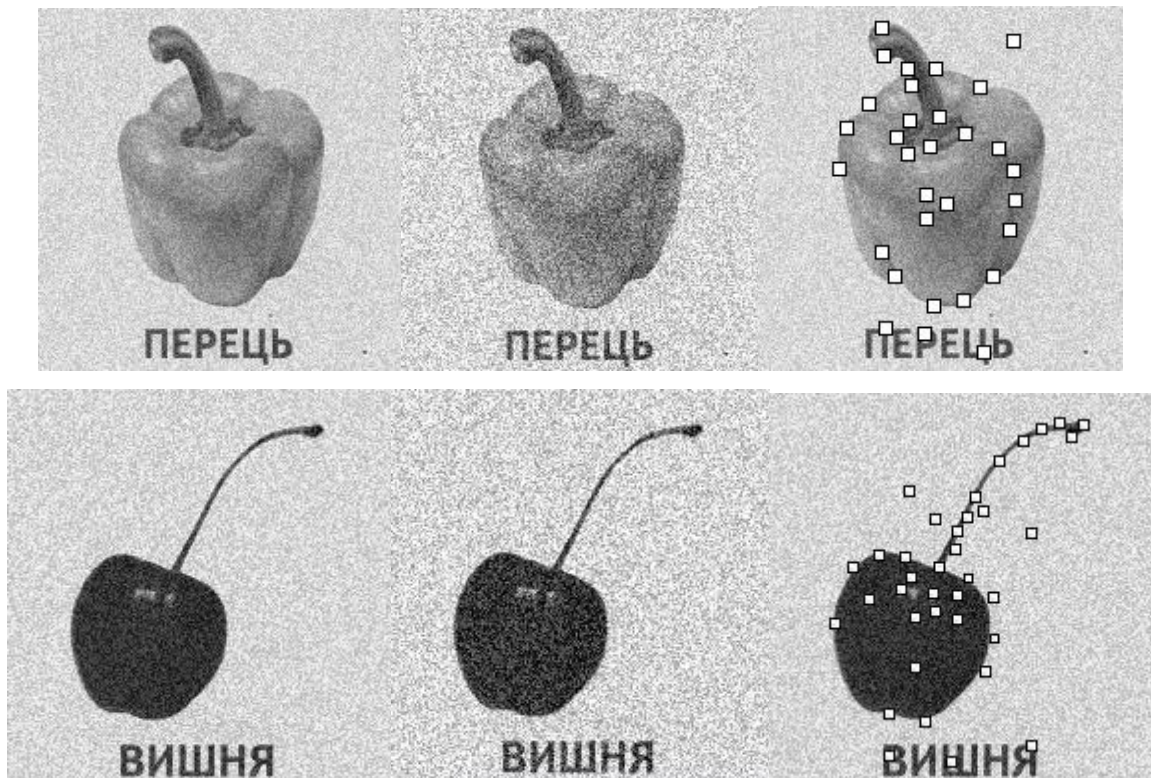


Рисунок 2.5 – Приклад зображень спотворених адитивним шумом, результати виділення

ХП

При розпізнаванні в умовах впливу адитивного шуму також можна враховувати характеристику ступеня повторюваності ознаки в рамках множини ознак бази. Тут при

визначенні подібності вхідного зображення з еталонами замість підрахунку кількості голосів підсумовуються значення  $\beta_{ik}$  для ХО еталона, що співпали з ХО вхідного зображення.

Проведено також моделювання методу класифікації в умовах спотворення вхідних зображень адитивним шумом з нормальним розподілом (нульове математичне сподівання). На рисунку 2.5 демонструється зображення з різним рівнем шуму і множину виділених ХО.

Таблиця 2.1 містить порівняльні результати моделювання в умовах адитивних перешкод на основі 10 найбільш унікальних ознак еталонів для розробленого і традиційного методу.

Таблиця 2.1 – Ймовірність вірного розпізнавання

Метод	СКО шуму		
	70	100	150
10 унікальних ХП	1.0	0.9	0.5
Традиційний метод	1.0	1.0	0.6

Результати таблиці 2.1 показують, що розпізнавання по 10 унікальним ознаками має приблизно таку ж захищеність від перешкод, як і традиційний метод, при цьому швидкодія розпізнавання зросла більш ніж у 2,5 рази, а об'єм інформації для даної конкретної бази зображень зменшився в 9 разів.

## 3 ОПИС ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ

### 3.1 Проектування архітектури програми

Рішення задачі комп'ютерного зору необхідно застосувати для написання додатку, що допомагає дитині в навчанні англійської мови шляхом використання картинок, що розпізнаються програмою, і посилення пізнавального інтересу до навчального процесу.

Навчання має проходити по розділам. Для перевірки якості засвоєного матеріалу повинна бути можливість пройти тест. Також повинен бути розроблений функціонал для адміністратора, що дозволяє самостійно формувати план навчання, додавати нові розділи та еталони зображень на самостійно обрану тематику.

Шляхом експериментів було виявлено, що для даної предметної області метод SURF розпізнає зображення та знаходить відповідний еталон за прийнятний час для еталонів з роздільною здатністю картинки 200x200.

Для зберігання дескрипторів характерних ознак зображень-еталонів та інформації про користувачів необхідно розробити базу даних.

Взаємодія з базою даних може зайняти деякий час через велику кількість даних, що зберігаються для кожного еталону, що ускладнює роботу з додатком. Тож архітектура програми повинна бути розроблена таким чином, щоб час, що затрачується на взаємодію з базою даних якомога менше позначився на роботі користувача.

При виборі користувачем розділу, викачуються з бази дані про характерні ознаки всіх еталонів, що відносяться до обраної тематики. Тож при аналізі потоку кадрів з веб-камери не потрібно постійно відправляти запити до бази даних. Нові дані не будуть викачані з бази, доки не буде обрано новий розділ. Тобто доки користувач працює з одним розділом, не важливо адміністратор, учень, чи різні користувачі по черзі, вони будуть працювати з локальною копією даних, яка була створена, коли користувач вперше обрав даний розділ. Відсутність необхідності постійно викачувати дані про одні й ті ж еталони значно прискорює роботу програми.

Додавання нового еталону до бази даних також може зайняти деякий час, що не дасть користувачеві взаємодіяти з програмою доки не завершиться процес зберігання. Тож ця функція повинна виконуватися у окремому потоці. Але і в цьому випадку користувачеві буде доступний не весь функціонал програми. Тож, потрібно забезпечити можливість використовувати функції, що не пов'язані з процесом зберігання нового еталону, та всі функції – після завершення цього процесу. Потрібно надати можливість користувачеві перевіряти стан процесу збереження. Також під час додавання нового



еталону потрібно надати можливість працювати з ним не очікуючи завершення збереження інформації про ХО зображення.

Комп'ютерна програма повинна відповідати наступним функціональним вимогам:

- реалізувати алгоритм складання структурного описання SURF;
- реалізувати механізм збереження описання зображень для подальшого аналізу;
- реалізувати механізм порівняння опису зображень;
- реалізувати взаємодію з базою даних;
- реалізувати функції для адміністратора:
  - 1) можливість додавати новий еталон та завантажувати зображення;
  - 2) можливість створення нового еталону та створення зображення зробивши фото з веб-камери;
  - 3) надання користувачу інформації про кількість знайдених характерних ознак зображення перед зберіганням нового еталону;
  - 4) можливість тестувати функцію розпізнавання зображень для обраної тематики;
  - 5) підтримка можливості використовувати функціонал програми під час збереження нового еталону, що не пов'язаний з цим процесом та надання користувачеві інформації про стан процесу збереження;
- реалізувати функції для дитини, що проходить навчання.

Програма повинна розпізнавати ряд кадрів з камери, провести їх аналіз, знайшовши характерні ознаки та знайти відповідний еталон, серед тих, що були заздалегідь викачані з бази даних (при виборі користувачем розділу).

Архітектуру додатка потрібно розробити таким чином, щоб надалі можна була легко перенести функції аналізу зображення, та взаємодії з базою даних на сервер. Таким чином можна буде прискорити роботу програми, перенісши функції, що потребують високої продуктивності на сервер (рис. 3.1).

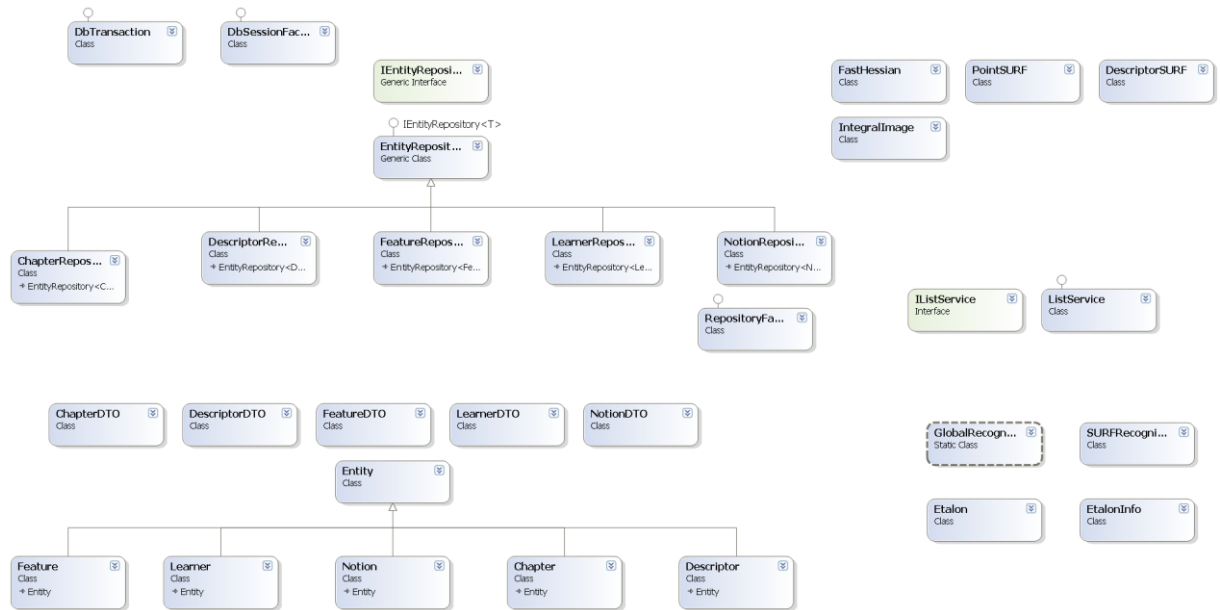


Рисунок 3.1 – Діаграма класів

Програма написана на платформі .NET. Як СУБД обраний MS SQL Server 2008. Для взаємодії з базою даних була використана технологія NHibernate.

## 3.2 Результати розробки програми

Практичним завданням дипломної роботи є створення програмного додатку, який призначений для навчання англійської мови з нахилом на вивчення нових слів та сприйняття англійської вимови на слух з використанням зображень. Для розпізнавання зображень використовується метод структурного розпізнавання, що базується на виділенні характерних ознак (ХО) на зображенні, що відображають локальні зміни функції яскравості.

Для початку роботи була створена база даних еталонів (рис. 3.2), в котрій для всіх зображень зберігаються дескриптори для кожної ХО. Ознаки знаходяться та записуються в файл у цьому ж додатку за допомогою використання алгоритму SURF.

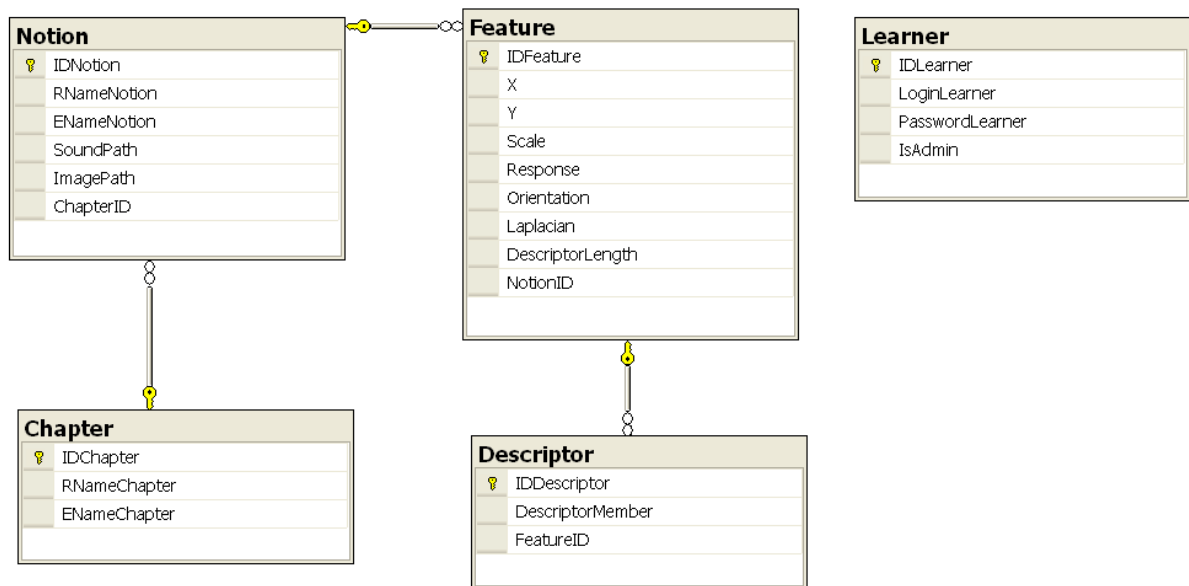


Рисунок 3.2 – Структура бази даних

При запуску програми з'являється вікно для авторизації користувача. Програма передбачає дві ролі: учень та адміністратор. Адміністраторами можуть бути батьки та викладачі, що формують план навчання.

Якщо пройшов авторизацію користувач з роллю «учень», то з'являється вікно, де він зможе обрати проходження навчання, або тесту.

Навчання проходить за допомогою карток з зображеннями еталонів. Учень повинен продемонструвати карточку перед веб-камерою. Після того, як програма знайде еталон, буде виведене відповідне зображення, назва еталону російською та англійською мовами, та буде програно аудіо-файл з записом вимови англійської назви слова, що відповідає знайденому еталону (рис. 3.3). Протягом навчання є можливість зупинити веб-камеру, та розібрати детально одне слово, програвши декілька раз аудіо-файл. Після цього, можна знову відновити роботу програми.

На рисунку 3.3 видно, що незважаючи на те, що кадр має інший масштаб, кут огляду, повернутий, характерні ознаки досить точно ідентифікуються, і було вірно визначено відповідний еталон.

Коли користувач обрав потрібний розділ, проведена перевірка чи були завантажені еталони цього розділу. Завантаження еталонів з бази даних буде проведене лише якщо вони не були завантажені попередньо.

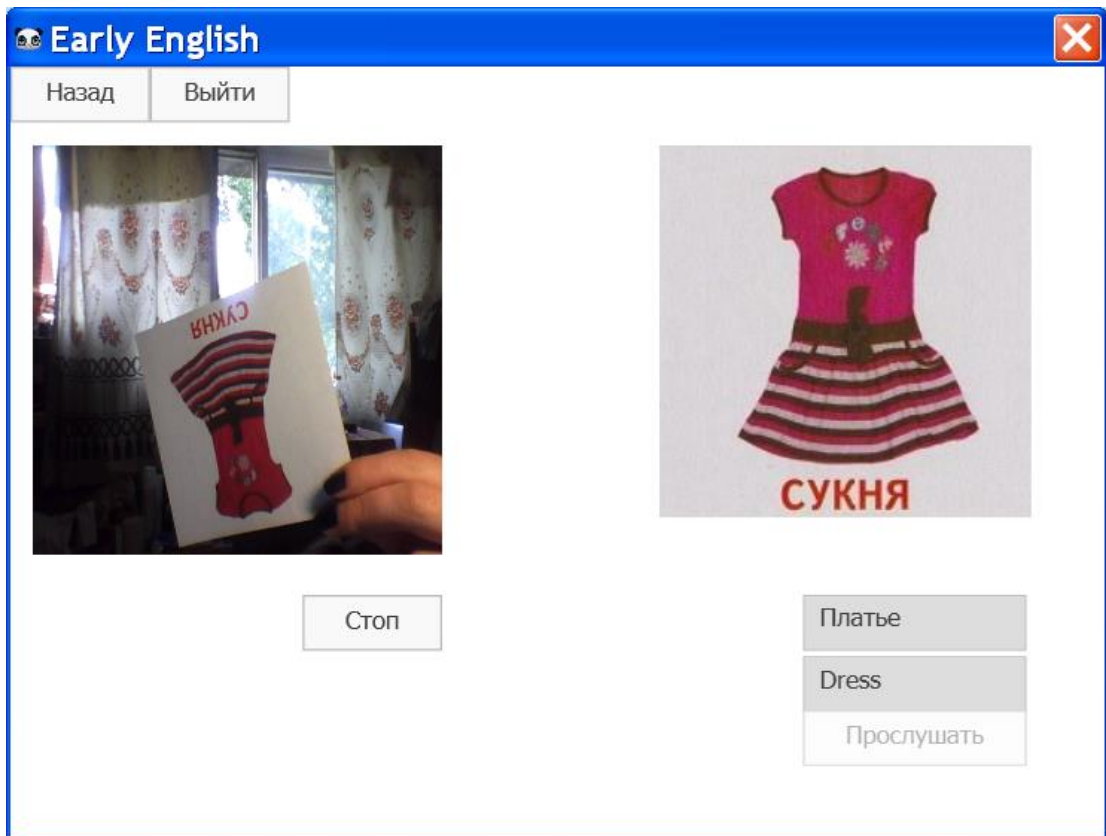


Рисунок 3.3 – Проходження навчання

Програма аналізує кадр з веб-камери, знаходить дескриптори для характерних ознак, та порівнює їх з дескрипторами характерних ознак зображень-еталонів, що були завантажені з бази даних (рис. 3.4).

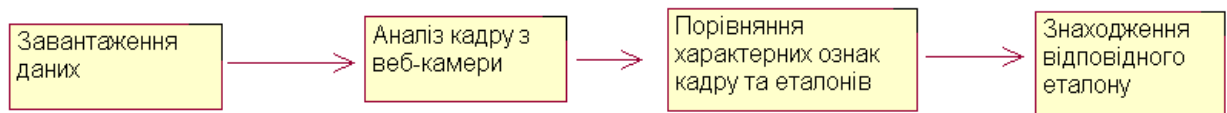


Рисунок3.4 – Розпізнавання зображень

За відсутності карток, або веб-камери навчання можна проходити у інший спосіб (рис 3.5).

Після проходження навчання певного розділу можна перевірити якість засвоєного матеріалу, пройшовши тест. Для проходження тесту також застосовується розпізнавання зображень. На екран виводиться слово англійською мовою та програвється аудіо-файл з вимовою цього слова англійською (функцію аудіо для проходження тесту можна вимкнути), а учень повинен взяти відповідну картку, та продемонструвати її перед веб-камерою.



Рисунок 3.5 – Вікно з еталонами обраного розділу

Як тільки програма знайде відповідний до картки еталон, його зображення та назва англійською будуть виведені на екран, і учень зможе перейти до наступного питання (рис. 3.6). Тест можна звершити у будь який момент, та, якщо учень не знатиме вірної відповіді, він зможе одразу перейти до наступного питання.



Рисунок 3.6 – Проходження тесту

Після проходження тесту, на екран з'являється вікно з результатами. Де представлена кількість вірних та невірних відповідей. Також можна подивитися статистику, де представлені всі еталони з відмітками, вірно та невірно в залежності від того, чи вірну картку учень обрав до слова. Еталони в статистиці представлені зображенням з її назвами російською і англійською мовами, та аудіо файл з правильною вимовою слова, аби учень зміг повторити слова, до яких обрав невірну картку.

Якщо пройшов авторизацію користувач з роллю «адміністратор», то з'являється вікно, де він зможе обрати адміністрування розділами, або користувачами.

У вікні адміністрування розділами користувач може додати новий, змінити назву обраного розділу, або видалити його. Також, обравши потрібний розділ, адміністратор зможе перейти до вікна управління еталонами цього розділу.

У вікні з еталонами обраного розділу представлені зображення, їх назви російською та англійською мовами, прикріплений аудіо-файл з записом вимови англійської назви, та кількість характерних ознак, що були знайдені на зображенні. Адміністратору надана можливість видаляти еталони, та додавати нові. Також користувач може провести тест розпізнавання зображень обраного розділу, аби перевірити як алгоритм розпізнавання зможе знайти відповідний еталон, коли учень буде проходити навчання. Ця функція особливо корисна, коли до бази було додано новий еталон, та потрібно перевірити швидкість та якість його розпізнавання програмою.

При створенні нового еталону (рис. 3.7) зображення для нього адміністратор може завантажити з комп'ютера, або зробити фото з веб-камери (рис. 3.8). З комп'ютера можна завантажити аудіо-файл з записом вимови англійської назви еталону, але це не обов'язково.

Після того, як користувач обере зображення, йому буде виведена кількість характерних ознак, що були знайдені на картинці, аби адміністратор міг вже на етапі створення нового еталону мати уявлення про те, як програма зможе розпізнати картку з цим зображенням. Якщо зображення має високу розподільну здатність та на ньому було знайдено забагато характерних ознак, то розпізнавання серед еталонів розділу, до якого додають цю картинку, може значно сповільнитися. Та, якщо навпаки – на зображенні було знайдено занадто мало характерних точок, то розпізнавання цієї картинки значно ускладниться. Тож у такому випадку адміністратор зможе змінити зображення на інше, що більш підходить для його розпізнавання програмою.

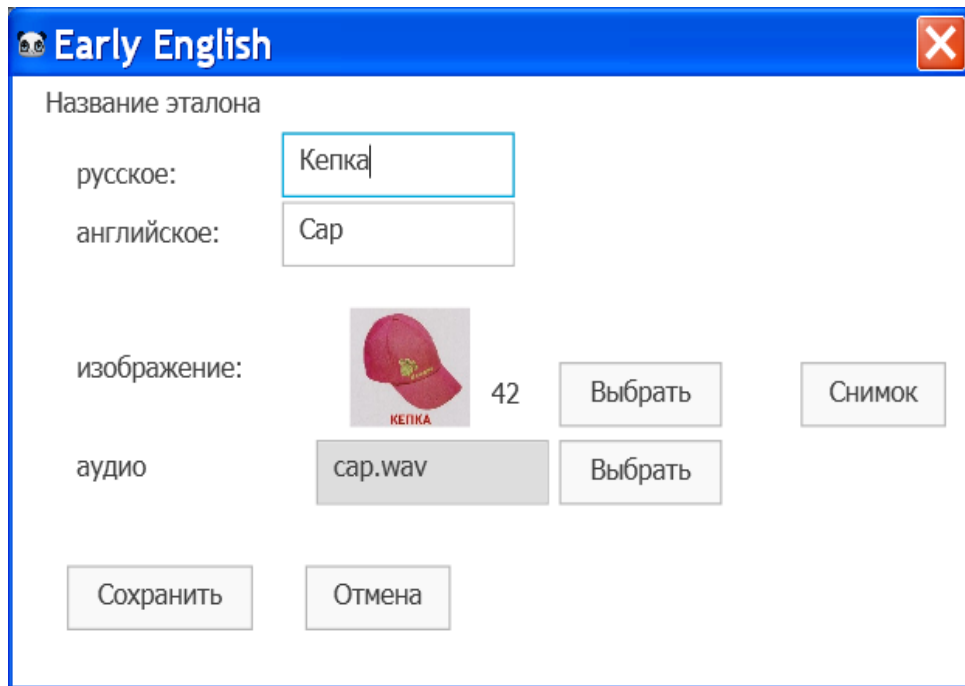


Рисунок 3.7 – Створення нового еталону

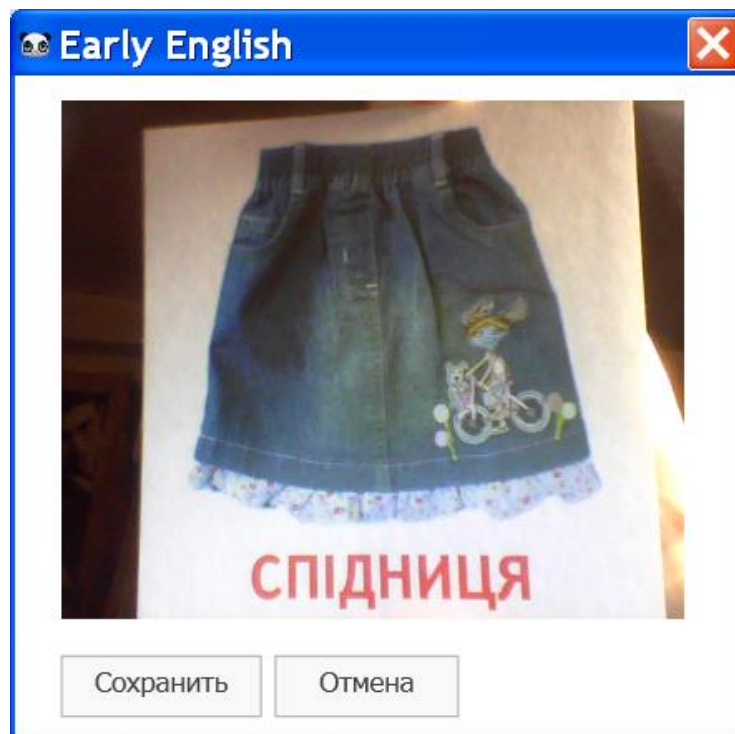


Рисунок 3.8 – Створення нового еталону

Збереження нового еталону до бази даних може зайняти деякий час. Тому ця функція виконується в окремому потоці, аби не заважати роботі користувача з програмою. Однак, до завершення збереження, користувачеві буде доступний не весь функціонал програми. Наприклад, він зможе працювати лише з тим розділом, до якого додається новий еталон. Адміністратор зможе лише продивлятися еталони цього розділу, та

проводити тестування. При чому, якість розпізнавання нового еталону можна тестувати ще до завершення процесу його збереження. Під час роботи цього процесу буде активна кнопка «Обновить», щоб користувач міг перевірити стан процесу додавання нового еталону. Після того, як інформація про новий еталон, його характерні ознаки та їх дескриптори буде занесена до бази, користувачеві знову буде доступний весь функціонал програми.

В подальшому розвитку проекту планується додати можливість для кожного учня створювати план навчання, додаючи окремі розділи та еталони. Тому для кожного користувача створений профіль. Адміністратору надана можливість продивлятися та змінювати дані користувачів, додавати і видаляти дані про учня та адміністратора.

Для розпізнавання не обов'язково використовувати чорно-білі картки, навіть, якщо зображення еталону кольорове. Це можливо через те, що метод SURF шукає особливі точки за допомогою матриці Гессе. Детермінант матриці Гессе (т.зв. гессіан) досягає екстремуму в точках максимальної зміни градієнта яскравості. Він добре знаходить плями, кути і краї ліній. На рисунку 3.9 видно, що програма вірно розпізнала зображення не дивлячись на те, що картка, яку демонстрували чорно-біла, а зображення еталону кольорове.

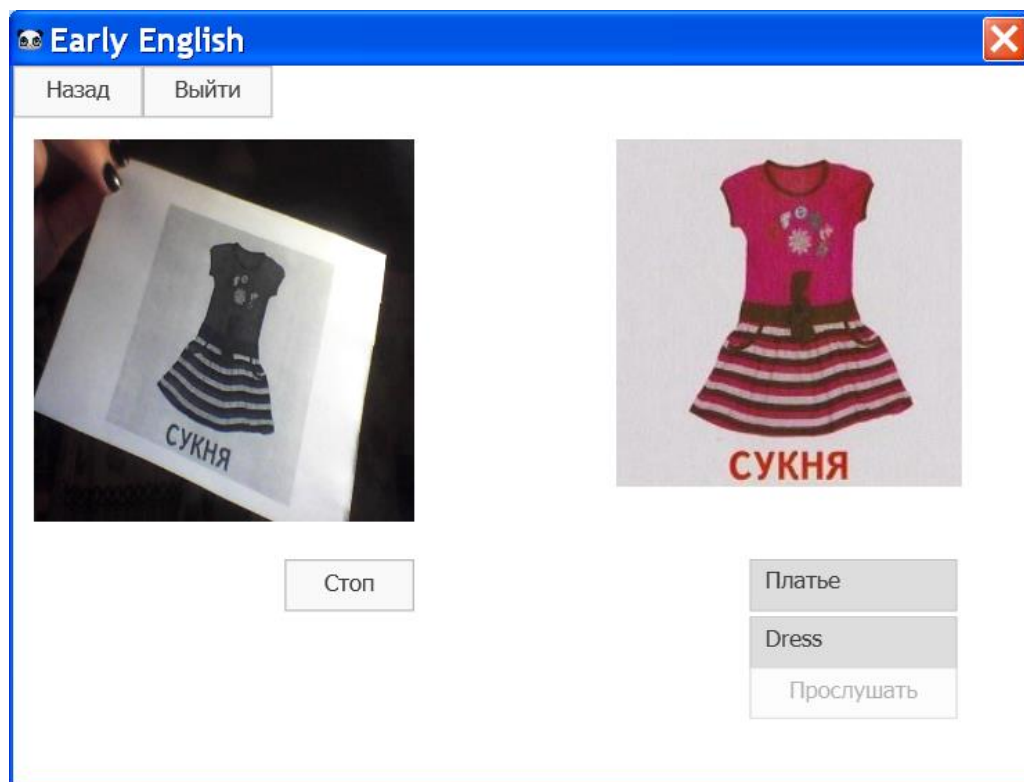


Рисунок 3.9 – Розпізнавання чорно-білого зображення



### 3.3 Реалізація та дослідження ефективності застосування функції належності

До всіх еталонів застосовується функція належності. Для кожної характерної ознаки підраховується відстань між її вектором – дескриптором та всіма іншими векторами характерних ознак. Проводиться підрахунок загальної кількості характерних ознак однакових з нею та кількості однакових ознак в межах одного еталону.

Дві характерні ознаки вважаються однаковими, якщо відстань між векторами їх дескрипторів менша за допустиму помилку  $\gamma$ . Значення для допустимої помилки підбирається шляхом експериментів та залежить від бази еталонів. В своїй дипломній роботі я встановлювала значення допустимої помилки в межах  $[0,1;0,4]$  та перевіряла ефективність розпізнавання та кількість характерних ознак.

Далі за формулою:

$$\mu = n/m,$$

де  $n$  – кількість однакових характерних ознак в межах одного еталону;

$m$  – загальна кількість однакових характерних ознак

Підраховуємо коефіцієнт «унікальності» кожної характерної ознаки. І якщо його значення менше за заздалегідь прийнятий поріг  $\beta$ , то відсіюємо цю характерну ознаку. Через те, що вона достатньо часто повторюється на інших еталонах, ця характерна ознака не буде впливати на ефективність розпізнавання. І якщо її відсіяти, то збереження характерних ознак еталонів буде займати менше місця в базі даних, та, що найбільш суттєво, це прискорить розпізнавання.

При  $\mu \rightarrow 1$  якість та швидкість розпізнавання будуть покращуватися, а розмір даних в базі зменшуватися.

В дипломній роботі проведено експерименти, приймаючи значення порогу  $\beta$  в межах  $[0,6;0,95]$ .

Проведені експерименти підтвердили ефективність застосування функції належності. На рисунку 4.10 показані еталони та кількість характерних ознак, знайдених на кожному зображенні.

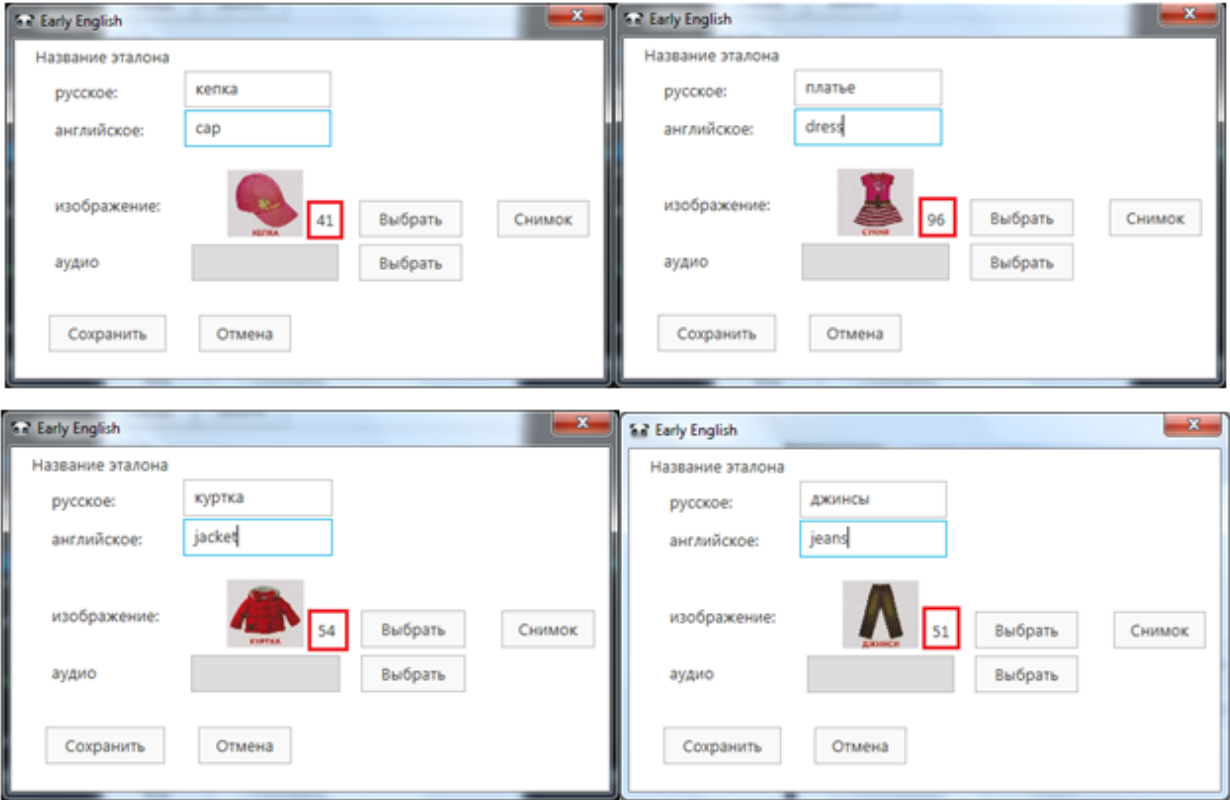


Рисунок 4.10 – Еталони та кількість характерних ознак, знайдених на кожному зображенні

На рисунку 4.11 представлені еталони та кількість характерних ознак для кожного зображення після аналізу та відсіювання однакових характерних ознак за допомогою функції належності з параметрами: допустима помилка  $\gamma = 0.2$ , поріг  $\beta = 0.7$ .

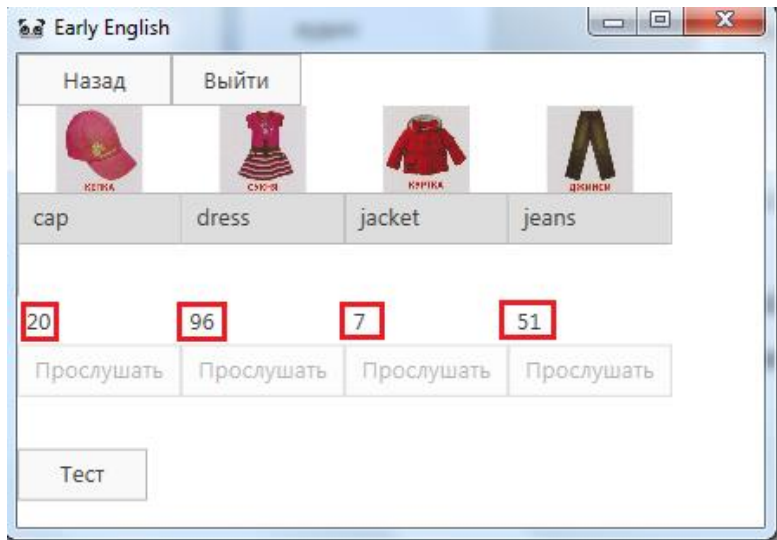


Рисунок 4.11 – Еталони та кількість характерних ознак після аналізу за допомогою функції належності з параметрами:  $\gamma = 0.2$ ,  $\beta = 0.7$

На рисунку 4.12 представлений тест розпізнавання зображення серед еталонів після їх аналізу та відсіювання однакових характерних ознак.

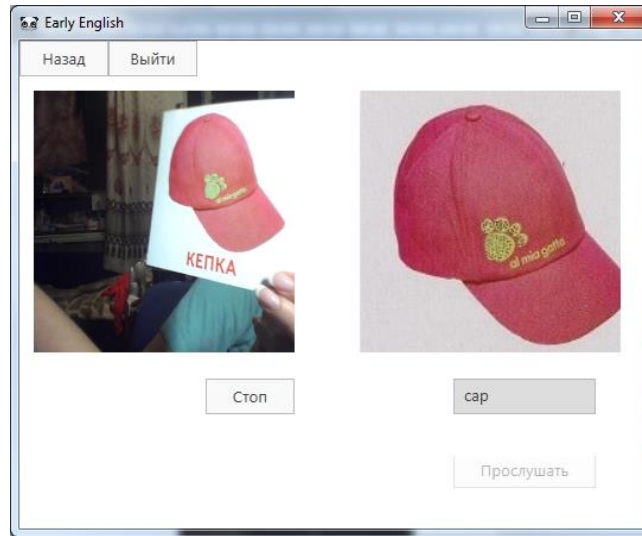


Рисунок 4.12 – Тест розпізнавання зображення серед еталонів після аналізу за допомогою функції належності

На рисунку 4.13 представлені еталони та кількість характерних ознак для кожного зображення після аналізу та відсіювання однакових характерних ознак за допомогою функції належності з параметрами: допустима помилка  $\gamma = 0.22$ , поріг  $\beta = 0.8$ .

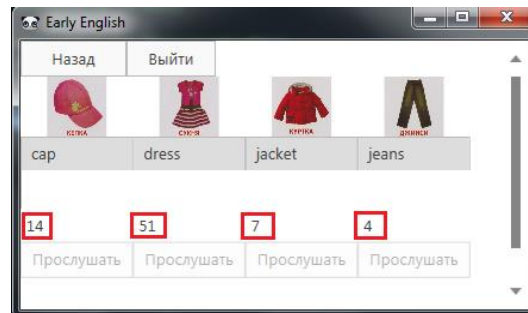


Рисунок 4.13 – Еталони та кількість характерних ознак після аналізу за допомогою функції належності з параметрами:  $\gamma = 0.22$ ,  $\beta = 0.8$

Експерименти проведені на різних базах зображень та з різними параметрами допустимої помилки  $\gamma$ , та порогу  $\beta$ . На рисунку 4.14 показані еталони та кількість характерних ознак, знайдених на кожному зображенні.

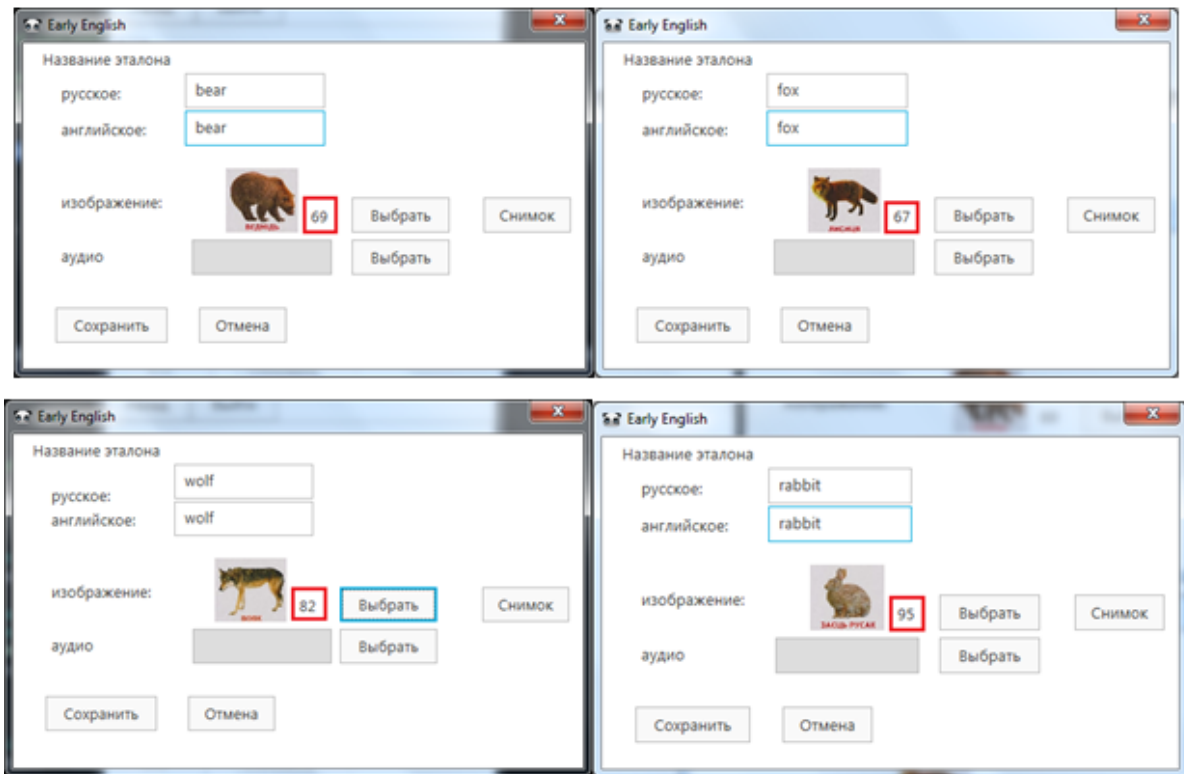


Рисунок 4.14 – Еталони та кількість характерних ознак, знайдених на кожному зображенні

На рисунку 4.15 представлені еталони та кількість характерних ознак для кожного зображення після аналізу та відсіювання однакових характерних ознак за допомогою функції належності з параметрами: допустима помилка  $\gamma = 0.22$ , поріг  $\beta = 0.95$ .

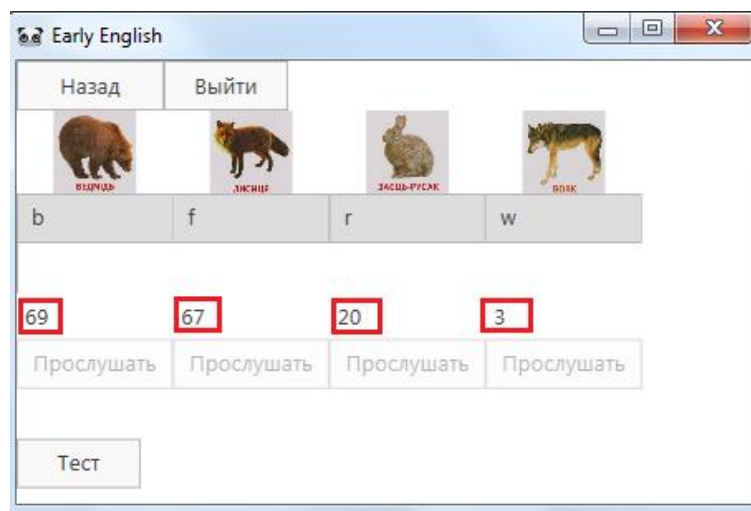


Рисунок 4.15 – Еталони та кількість характерних ознак після аналізу за допомогою функції належності з параметрами:  $\gamma = 0.22$ ,  $\beta = 0.95$

На рисунку 4.16 представлений тест розпізнавання зображення серед еталонів після їх аналізу та відсіювання однакових характерних ознак.

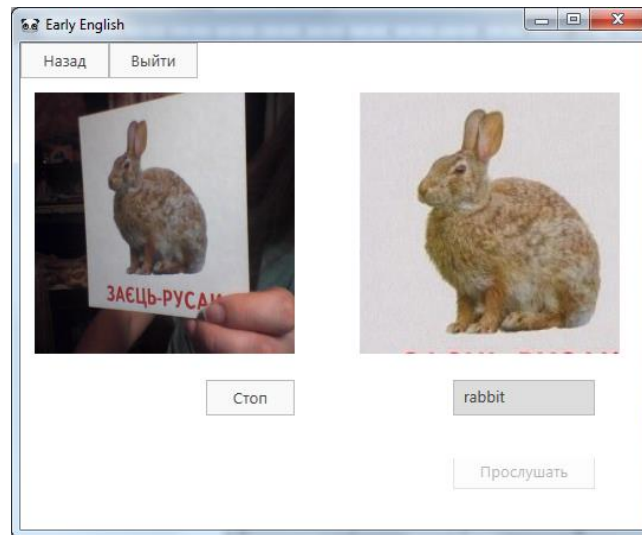


Рисунок 4.16 – Тест розпізнавання зображення серед еталонів після аналізу за допомогою функції належності

Проведені експерименти підтвердили ефективність реалізованої роботи структурного методу з використанням функцій належності.

Хоча в такому підході є декілька недоліків. По-перше, застосування функції належності до еталонів значно збільшує час збереження нових еталонів через те, що додатково проводиться аналіз кожної характерної ознаки зображення. По-друге при додаванні в програму нового розділу з еталонами потрібно відразу вибрати всі еталони, що відносяться до цього розділу, і немає можливості додати новий еталон, тому, що використання функції належності передбачає, що всі еталони одного розділу залежні один від одного. Це відбувається через те, що однакові характерні ознаки шукаються і відсіюються в області всіх еталонів одного розділу. Тобто одна характерна ознака може бути унікальною в межах одної області еталонів, та повторюватися – в межах іншої. Тому додавання нового еталону до розділу передбачає перерахунок дескрипторів характерних ознак всіх еталонів в межах цього розділу, та аналіз за допомогою функції належності.

Проте сам об'єм даних, що зберігається до бази даних, значно зменшується, що являється суттєвою перевагою для структурного методу SURF, де доводиться зберігати всі характерні точки та їх дескриптори. Також значно підвищується швидкість розпізнавання зображення, що є дуже важливим, вважаючи на те, що розпізнавання зображення проводиться з веб-камери. Тож, використання функції належності ще більше наближує програму до «розпізнавання у реальному часі».

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту, що мають вплив на персонал

У даному дипломному проєкті розробляється програмне забезпечення.

Розроблене програмне забезпечення орієнтоване на роботу з персональним комп'ютером. Експлуатовані для вирішення внутрішньовиробничих завдань ПЕОМ типу IBM PC мають наступні характеристики:

споживана потужність	220 Вт;
робоча напруга	220 В;
напруга джерел живлення	+12 В; - 12 В; +5 В;
робоча частота	50 Гц.

Виходячи з приведених характеристик, вочевидь, що для людини існує небезпека поразки електричним струмом, унаслідок недбалого поводження з комп'ютером і порушення правил експлуатації, залишення частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою, відкритими або знятих для ремонту вузлів.

Відповідно до [16] до легкої фізичної роботи відносяться всі види діяльності, виконувані сидячи і ті, що не потребують фізичної напруги. Робота користувача ПК відноситься до категорії 1а.

При роботі на ПЕОМ користувач піддається ряду потенційних небезпек. Унаслідок недотримання правил техніки безпеки при роботі з машиною(невиконання огляду відкритих частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою або знятих для ремонту вузлів) для користувача існує небезпека поразки електричним струмом.

Джерелами підвищеної небезпеки можуть служити наступні елементи:

- розподільний щит;
- джерела живлення;
- блоки ПЕОМ і друку, що знаходяться в ремонті.

Ще одна проблема полягає у тому, що спектр випромінювання комп'ютерного монітора включає рентгенівську, ультрафіолетову і інфрачервону області, а також широкий діапазон хвиль інших частот. Небезпека рентгенівського проміння мала, оскільки цей вид випромінювання поглинається речовиною екрану. Проте велику увагу слід приділяти біологічним ефектам низькочастотних електромагнітних полів(аж до

порушення ДНК).

Відповідно до [17], при обслуговуванні ПЕОМ мають місце фізичні і психофізичні небезпечні, а також шкідливі виробничі чинники:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений або знижений рух повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- відсутність або недостатність природного світла;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- розумове перенапруження;
- емоційні навантаження;
- монотонність праці.

## 4.2 Заходи щодо техніки безпеки

Основним небезпечним чинником при роботі з ЕОМ є небезпека поразки людини електричним струмом, яка посилюється тим, що органи чуття людини не можуть на відстані знайти наявності електричної напруги на устаткуванні.

Проходячи через тіло людини, електричний струм чинить на нього складну дію, що є сукупністю термічної(нагрів тканин і біологічних середовищ), електролітичної(розкладання крові і плазми) і біологічної(роздратування і збудження нервових волокон і інших органів тканин організму) дій.

Тяжкість поразки людини електричним струмом залежить від цілого ряду чинників:

- значення сили струму;
- електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму;
- роду і частоти струму;
- індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища.

Розроблений дипломний проект передбачає наступні технічні способи і засоби, що застерігають людину від ураження електричним струмом [18]:

- заземлення електроустановок;
- занулення;
- захисне відключення;
- електричне розділення ятерів;
- використання малої напруги;
- ізоляція частин, що проводять струм;
- огорожа електроустановок.

Занулення зменшує напругу дотику і обмежує година, протягом якого людина, ткнувшись до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Струм однофазного короткого замикання визначається по наближеній формулі:

$$I_k = \frac{U_\phi}{Z_\Pi + \frac{Z_T}{3}}, \quad (4.1)$$

де  $U_\phi$  - номінальна фазна напруга мережі, В;

$Z_\Pi$  - повний опір петлі, створене фазними і нульовими дротами, Ом;

$Z_T$  - повний опір струму короткого замикання на корпус, Ом.

Згідно таблиці 4 [19]:  $Z_T/3 = 0,1$  Ом.

Для провідників і жил кабелю для розрахунку повного опору петлі використовуємо формулу(4.2.) :

$$Z_\Pi = \sqrt{R_\Pi^2 + X_\Pi^2}, \quad (5.2)$$

де  $R_\Pi = R_\phi + R_o$  - сумарний активний опір фазного  $R_\phi$  і нульового  $R_o$  дротів, Ом;

$X_\Pi$  - індуктивний опір паяння дротів, Ом.

Перетин 1 км мідного дроту  $S = 2.5$  мм, тоді згідно таблицям 5 і 6 [19], має такий опір:

$X_\Pi = 0,11$  Ом;

$R_\phi = 7,55$  Ом;

$R_o = 7,55$  Ом.



Отже,  $R_{\Pi} = 7,55 + 7,55 = 15,1$  Ом.

Тоді по формулі (4.2) знаходимо повний опір петлі :

$$Z_{\Pi} = \sqrt{15,1^2 + 0,1^2} \approx 15,1 \text{ (Ом)}.$$

Струм однофазного короткого замикання рівний:

$$I_k = \frac{220}{15,1 + 0,1} = 14,47 \text{ (А)}.$$

Дія плавкої вставки на ПЕОМ забезпечується, якщо виконується співвідношення:

$$I_k \geq k * I_n, \quad (4.3)$$

де  $I_n$  - номінальний струм спрацьовування плавкої вставки, А;

$k$  - коефіцієнт кратності нелінійного струму  $I_n$ , А.

Коефіцієнт кратності нелінійного струму  $I_n$  розраховується по формулі (4.4.) :

$$I_n = P / U, \quad (4.4)$$

де  $P = 220$  Вт - споживана потужність;

$U = 220$  В - робоча напруга;

$k = 3$  А - для плавких вставок.

Отже,  $I_n = 220 / 220 = 1$  А.

Підставивши значення у вираз (4.3), одержимо:

$$14,47 > 3 * 1.$$

Таким чином, доведено, що апарат забезпечить спрацьовування(і захист) при підвищенні номінального струму.

### **4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці**

Вимоги до виробничих приміщень встановлюються [20], СНіП, відповідними ГОСТами і ОСТАми з урахуванням небезпечних і шкідливих чинників, що утворюються в

процесі експлуатації електроустаткування.

Підвищення працездатності людини і збереження її здоров'я забезпечується стабільними метеорологічними умовами. Мікроклімат виробничих приміщень [21] визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Значне коливання параметрів мікроклімату приводить до порушення систем кровообігу, нервової і потовидільної, що може викликати підвищення або пониження температури тіла, слабкість, запаморочення і навіть непритомність.

Відповідно до [22] встановлюють оптимальну і допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні. За відсутності надмірного тепла, вологи, шкідливих речовин в приміщенні досить природної вентиляції.

У приміщенні для виконання робіт операторського типу(категорія 1а), пов'язаних з нервово-емоційною напругою, проектом передбачається дотримання наступних нормованих величин параметрів мікроклімату (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Санітарні норми мікроклімату робочої зони приміщень для робіт категорії 1а.

Пора року	Температура, С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	22...24	40...60	0,1
Тепло	23...25	40...60	0,1

У приміщенні, де знаходиться ПЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції(з пристроєм вентиляційних каналів в перекриттях будівлі і вертикальних шахт) й установленого промислового кондиціонера фірми Mitsubishi, який дозволяє вирішити переважну більшість завдань по створінню та підтримці необхідних параметрів повітряного середовища. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, визначеного в СНіП (30 м<sup>3</sup> в годину на одного працівника).

Шум на виробництві має шкідливу дію на організм людини. Стомлення операторів через шум збільшує число помилок при роботі, призводить до виникнення травм. Для оператора ПЕОМ джерелом шуму є робота принтера. Щоб усунути це джерело шуму, використовують наступні методи. При покупці принтера слід вибрати найбільш шумозахисні матричні принтери або з великою швидкістю роботи(струменеві, лазерні). Рекомендується принтер поміщати в найбільш віддалене місце від персоналу, або застосувати звукоізоляцію та звукопоглинання(під принтер підкладають демпфуючі

підкладки з пористих звукопоглинальних матеріалів з листів тонкої повсті, поролону, пеноплону).

При роботі на ПЕОМ, проектом передбачені наступні методи захисту від електромагнітного випромінювання : обмеження часом, відстанню, властивостями екрану.

Обмеження годині роботи на ПЕОМ складає 3,5-4,5 години. Захист відстанню передбачає розміщення монітора на відстані 0,4-0,5 м від оператора. Передбачений монітор 20" TFT, Samsung 2043BW відповідає вимогам стандарту [23].

Стандарт [23] пред'являє жорсткі вимоги в таких областях: ергономіка(фізична, візуальна і зручність користування), енергія, випромінювання(електричних і магнітних полів), навколишнє середовище і екологія, а також пожежна та електрична безпека, які відповідають всім вимогам [24].

Для зниження стомлюваності та підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу в колірній композиції інтер'єру приміщень для ПЕОМ дипломним проектом пропонується використовувати спокійні колірні поєднання і покриття, що не дають відблисків.

У проекті передбачається використання сумісного освітлення. У світлий час доби приміщення освітлюватиметься через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення.

Як штучне освітлення необхідно використовувати штучне робоче загальне освітлення. Для загального освітлення необхідно використовувати люмінесцентні лампи. Вони володіють наступними перевагами: високою світловою віддачею, тривалим терміном служби, хоча мають і недоліки: високу пульсацію світлового потоку.

При експлуатації ПЕОМ виробляється зорова робота. Відповідно до [25] ця робота відноситься до розряду 5а. При цьому нормоване освітлення на робочому місці(Ен) при загальному освітленні рівна 200 лк.

Приміщення завдовжки 12 м, шириною 10 м, заввишки 4 м обладнується світильниками типу ЛПО2П, оснащеними лампами типу ЛБ зі світловим потоком 3120 лм кожна.

Виконаємо розрахунок кількості світильників в робочому приміщенні завдовжки a=12 м, шириною b=10 м, заввишки z=4 м, використовуючи формулу (4.5) розрахунку штучного освітлення при горизонтальній робочій поверхні методом світлового потоку:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (4.5)$$

де F - світловий потік = 3120 лм;

- $E$  - максимально допустима освітленість робочих поверхонь = 200 лк;  
 $S$  - площа підлоги = 120 м<sup>2</sup>;  
 $Z$  - поправочний коефіцієнт світильника = 1,2;  
 $k$  - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації світильників = 1,5;  
 $n$  - кількість світильників;  
 $U$  - коефіцієнт використання освітлювальної установки = 0,6;  
 $M$  - кількість ламп у світильнику = 2.

З формули (4.5) виразимо  $n$  (4.6) і визначимо кількість світильників для даного приміщення:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (4.6)$$

Отже,  $n = (200 \cdot 120 \cdot 1,2 \cdot 1,5) / (3120 \cdot 0,6 \cdot 2) = 12$ .

Виходячи з цього, рекомендується використовувати 12 світильників. Світильники слід розміщувати рядами, бажано паралельно стіні з вікнами. Схема розташування світильників зображена на рис. 4.1.

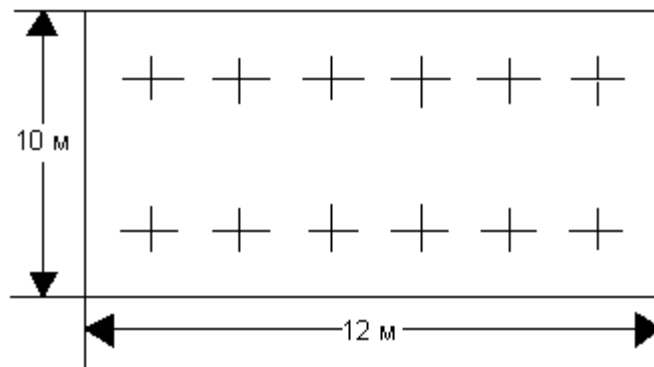


Рисунок 4.1 - Схема розташування світильників

#### 4.4 Рекомендації по пожежній безпеці

Пожежі в приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка, представляють небезпеку для життя людини. Пожежі також пов'язані як з матеріальними втратами, так і з

відмовою засобів обчислювальної техніки, що у свою чергу спричиняє за собою порушення ходу технологічного процесу.

Пожежа може виникнути при наявності горючої речовини та внесення джерела запалювання в горюче середовище. Пальними матеріалами в приміщеннях, де розташовані ПЕОМ, є:

- поліамід - матеріал корпусу мікросхеми, горюча речовина, температура самозаймання аерогелю 420 З ;
- полівінілхлорид - ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 З, температура самозаймання 530 З, кількість енергії, що виділяється при згоранні - 18000 - 20700 кДж/кг;
- стеклотекстоліт ДЦ - матеріал друкарських плат, важкозаймистий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання;
- пластика кабельний №489 - матеріал ізоляції кабелю, горючий матеріал, показник горючості більш 2.1;
- деревина - будівельний і обробний матеріал, матеріал з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, теплота згорання 18731 - 20853 кДж/кг, температура запалювання 399 З, схильна до самозаймання [16].

Згідно [27] приміщення відносяться до категорії В(пожежовибухонебезпечним) і згідно правилам побудови електроустановок простір усередині приміщення відноситься до вогнебезпечної зони класу П - Па (зони, розташовані в приміщеннях, в яких зберігаються тверді горючі речовини).

Потенційними джерелами запалення при роботі ПЕОМ є:

- іскри при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів від тривалого перевантаження і наявності перехідного опору.

Продуктами згорання, що виділяються при пожежі, є : оксид вуглецю, сірчистий газ, оксид азоту, синильна кислота, акролеїн, фосген, хлор та ін. При горінні пластмас, окрім звичайних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол та ін., що шкідливо впливають на організм людини.

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигазу з коробкою марки В(жовта).

Пожежна безпека об'єктів народного господарства регламентується [28] і забезпечується системами запобігання пожежам і протипожежному захисту. Для успішного гасіння пожеж вирішальне значення має швидке виявлення пожежі і

своєчасний виклик пожежних підрозділів до місця пожежі.

Зменшити горюче навантаження не представляється можливим, тому проектом передбачається застосувати наступні способи і їх комбінації для запобігання утворенню(внесення) джерел запалення :

- застосування устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної безпеки;
- застосування в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- виключення можливості появи іскрового заряду статичної електрики в горючому середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення;
- підтримка температури нагріву поверхні машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти до контакту з палим середовищем, нижче гранично допустимої, становить 80% якнайменшої температури самозаймання пального.
- заміна небезпечних технологічних операцій більш безпечними;
- ізолюване розташування небезпечних технологічних установок і устаткування;
- зменшення кількості палих і вибухонебезпечних речовин, що знаходяться у виробничих приміщеннях;
- запобігання можливості утворення палих сумішей на лінії, вентиляційних системах і ін.;
- механізація, автоматизація та справність(потокова) виробництва;
- суворе дотримання стандартів і точне виконання встановленого технологічного режиму;
- запобігання можливості появи в небезпечних місцях джерел запалення;
- запобігання розповсюдженню пожеж і вибухів;
- використання устаткування і пристроїв, при роботі яких не виникає джерел запалення;
- виконання вимог сумісного зберігання речовин і матеріалів;
- наявність громовідводу;
- організація автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалення;
- ліквідація можливості самозаймання речовин і матеріалів .
- Для запобігання пожежі в обчислювальних центрах проектом пропонується виконання наступних вимог :

- електроживлення ЕОМ повинно мати автоматичне блокування відключення електроенергії на випадок зупинки системи охолодження і кондиціонування;
- система вентиляції обчислювальних центрів повинна бути обладнана блокуючими пристроями, що забезпечують її відключення на випадок пожежі;
- робочі місця повинні бути оснащені пожежними щитами, сигналізацією, засобами для сповіщення про пожежну небезпеку (телефонами), медичними аптечками для надання першої медичної допомоги, розробленим планом евакуації.

Для зниження пожежної небезпеки в приміщеннях використовуються первинні засоби гасіння пожеж, а також система автоматичної пожежної сигналізації, яка дозволяє знайти початкову стадію загоряння, швидко і точно оповістити службу пожежної охорони про час і місце виникнення пожежі.

Відповідно до [29] приміщення категорії В підлягають устаткуванню системами автоматичної пожежної сигналізації. Проектом передбачається застосування датчика типу ІДФ - 1(димовий фотоелектричний датчик), оскільки специфікою пожеж обчислювальної техніки і радіоапаратури є, в першу чергу, виділення диму, а потім - підвищення температури.

При виникненні пожежі в робочому приміщенні обслуговуючий персонал зобов'язаний негайно вжити заходи по ліквідації пожежі. Для ліквідації пожежі використовують вогнегасники (хімічно-пінні, пінні для повітря ОП-5, ОП-6, ОП-9, вуглекислотні ОУ-5), пісок, пожежний інвентар(сокири, ломи, багри, шерстяну або азбестову ковдри) [30]. Як засіб індивідуального захисту проектом передбачається використання промислового протигаза з маскою, фільтруючої коробки В.

В якості організаційно-технічних заходів рекомендується проводити навчання робочого персоналу правилам пожежної безпеки.

#### **4.5 Охорона навколишнього природного середовища**

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме розробці автоматизованої системи моделювання рівноважного складу впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства [31 - 36].

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на віддалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в

приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі створення/розробки програми на робочому місці виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- Відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки
- Змінні носії інформації - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані вогнегасники - IV клас небезпеки
- Макулатура - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані фільтрувальні засоби індивід. захисту (респіратори, протигази) -

IV клас небезпеки

- Побутові відходи - IV клас небезпеки



## ВИСНОВКИ

Індивідуальний облік впливу структурних ознак у вигляді вагових коефіцієнтів у структурному розпізнаванні на основі голосування дозволяє зосередитися на скороченій підмножині ключових ознак, що покращує достовірність розпізнавання і дозволяє здійснити редукцію ознакової системи з метою скорочення обчислювальних витрат. Для скомпресованої системи ознак зберігається високий рівень якості, оцінюваний значенням ймовірності правильного розпізнавання. Запропоновану в статті процедуру можна характеризувати як елемент навчання і більш глибокого аналізу процесу розпізнавання для наявної бази зображень.

Вагові коефіцієнти ознак обчислюємо відповідно до процедури, яка враховує ступінь їх подібності на множині еталонів бази описів. Іншим способом може бути експертне оцінювання за результатом візуального аналізу розташування ознаки щодо інших і встановлення його важливості в задачі розпізнавання.

Дослідження полягає в побудові та ефективному застосуванні функції належності для системи структурного розпізнавання зображень на основі голосування структурних елементів. Це дозволяє перейти до редукованого опису бази еталонів, і як результат, до збільшення швидкодії розпізнавання.

Практична цінність - отримання оцінок ефективності застосування значень функції належності для конкретних прикладних прикладів баз зображень. Проведені експерименти підтверджують результативність запропонованих модифікацій.

Перспективою дослідження є побудова ієрархічних систем, де з підвищенням рівня послідовно стискається простір структурних ознак і скорочуються обчислювальні витрати. На новому вищому рівні представлення необхідно здійснити перерахунок значень функції належності. Критерієм зупинки функціонування такої конструкції можна вважати досягнення функцією належності деякого мінімуму, при якому ознаки різних еталонів стануть однакові між собою.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконаний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. На основі аналізу розроблені заходи щодо техніки безпеки і рекомендації з пожежної профілактики. Виконаний розрахунок захисного заземлення, розрахунок кількості світильників у приміщенні.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Bay H. Surf: Speeded up robust features/ H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool // European Conference on Computer Vision. – 2006. – P. 1:404–417.
- 2) Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности [Текст] / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; под ред. С. А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
- 3) Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Текст] / Л. Шапиро, Дж. Стокман.; пер. с англ.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
- 4) Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход; 2-е изд. [Текст] / С. Рассел, П. Норвиг; пер. с англ.– М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
- 5) Гороховатский, В.А. Структурное распознавание изображений на основе моделей голосования признаков характерных точек [Текст] / В.А. Гороховатский, Е.П. Путятин // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2008. – Т. 10, № 4. – С. 75–85.
- 6) Гороховатский, В.А. Модели локально-пространственного подобия структурных описаний визуальных объектов [Текст] / В.А. Гороховатский // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр.– К.: ЦНДІ навігації і управління. – 2010. – Вип. 3(15). – С. 82–85.
- 7) Гороховатский В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении: монография / В.А. Гороховатский. – Х.: Компания СМІТ, 2014. – 316с.
- 8) Gorokhovatsky V.A. Image Likelihood Measures of the Basis of the Set of Conformities / V.A. Gorokhovatsky, Ye. P. Putyatin // Telecommunications and Radio Engineering. – 2009, 68 (9). – P. 763–778.
- 9) Гороховатский В.А. Формализм мультимножеств в задачах структурного распознавания и поиска в базах видеоданных / В.А. Гороховатский, Ю.А. Куликов // Искусственный интеллект. – 2012. – №1. – С. 76–85.
- 10) Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения [под ред. Р. Ягера]; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986.– 408с.
- 11) Шрейдер Ю.А. Равенство, сходство, порядок / Ю.А. Шрейдер. – М.: Наука, 1971. – 256с.
- 12) Гороховатский В.А. Грануляция значений признаков объектов как способ повышения результативности методов структурного распознавания / В.А. Гороховатский, Ю.А. Куликов // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014. – Т. 16, № 3. – С. 67–78.

- 13) Шлезингер, М. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию [Текст] / М. Шлезингер, В. Главач. – К.: Наукова думка, 2004.–535 с.
- 14) Lowe, D. G. Object recognition from local scale-invariant features [Text] / D. G. Lowe // International Conference on Computer Vision. – Corfu, Greece (September 1999). – P. 1150–1157.
- 15) Форсайт, Д. Компьютерное зрение. Современный подход [Текст] / Д. Форсайт, Ж. Понс.; [пер. с англ. А.В. Назаренко, И.Ю. Дорошенко]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
- 16) ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 17) ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 18) НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
- 19) ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.
- 20) ДСП 173-96. «Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів»
- 21) ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 22) ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 23) TCO' 07 Certified Displays. © 2007 Copyright TCO Development AB
- 24) ДСанПіН 3.3.2.007-98, Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
- 25) ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
- 26) ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
- 27) НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 28) ГОСТ 12.1.004-91. "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования".
- 29) НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”
- 30) НАПБ Б.03.001-2004. Про затвердження Типових норм належності вогнегасників.
- 31) Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»

- 32) Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»
- 33) Закон України «Про відходи»
- 34) Закон України «Про охорону атмосферного повітря»
- 35) Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»
- 36) Водний кодекс України

## ДОДАТОК А. Електронні плакати

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Методи структурного розпізнавання  
зображень в комп'ютерних системах

ст. гр. КІ-17дм  
Кашкаров В.А.

Керівник  
проф. Кривуля Г.Ф.

### Актуальність



- Розпізнавання документів, підписів, людських облич та інших візуальних об'єктів;
- Розпізнавання дорожніх знаків;
- Навчання;
- Маркетинг

## Застосування методу SURF та функції належності

Технологія SURF (Speeded Up Robust Features – прискорене виявлення стійких ознак) вирішує два завдання – пошук XO на зображенні і створення їх дескрипторів – векторів, компоненти яких інваріантні до перетворень зсуву, масштабу і обертання об'єктів.

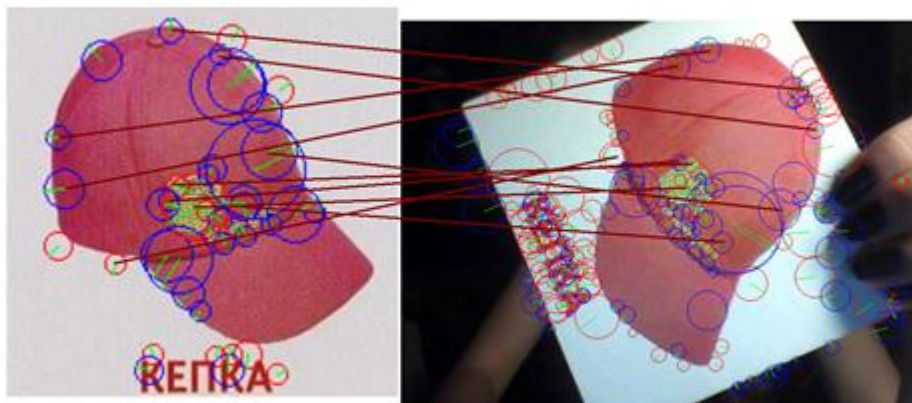
Застосування функції належності дозволяє проводити аналіз зображення, та пошук відповідного еталону, використовуючи лише унікальні характерні ознаки.

### Характерні ознаки зображення знайдені за допомогою SURF



© 2010 OpenCV.org

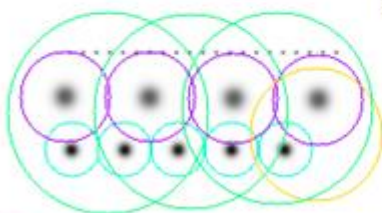
## Знаходження стійких ознак зображення



## Математична модель функції належності

$$c_k = \sum_{v=1,3} 1(\rho(z_k, z_v) \leq \delta_z)$$

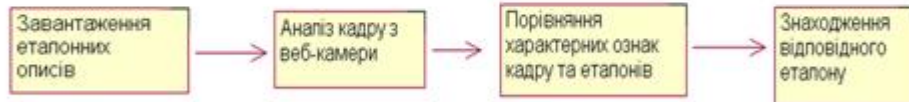
$$1(\rho(z_k, z_v) \leq \delta_z) = \begin{cases} 1, & \rho(z_k, z_v) \leq \delta_z, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$



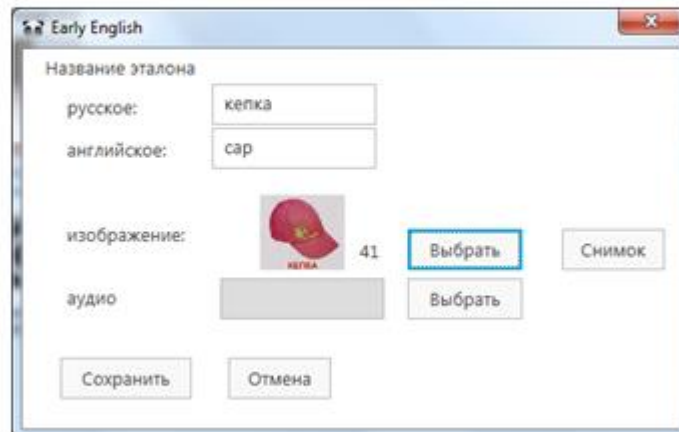
$$\beta_{ik} = c_{ik} / c_{ik}^J$$

$$\beta_{ik} \in [0, 1]$$

## Постановка задачі

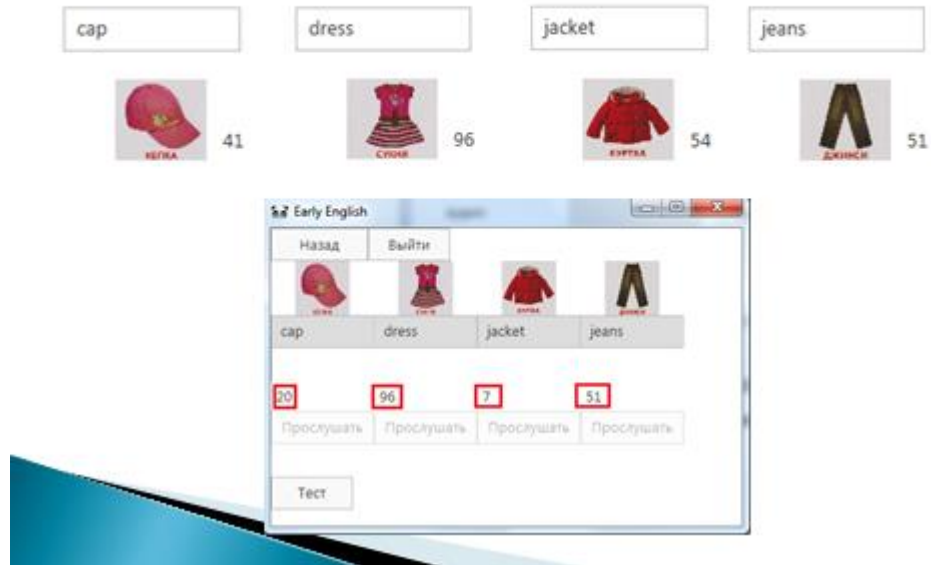


## Завантаження нових еталонів

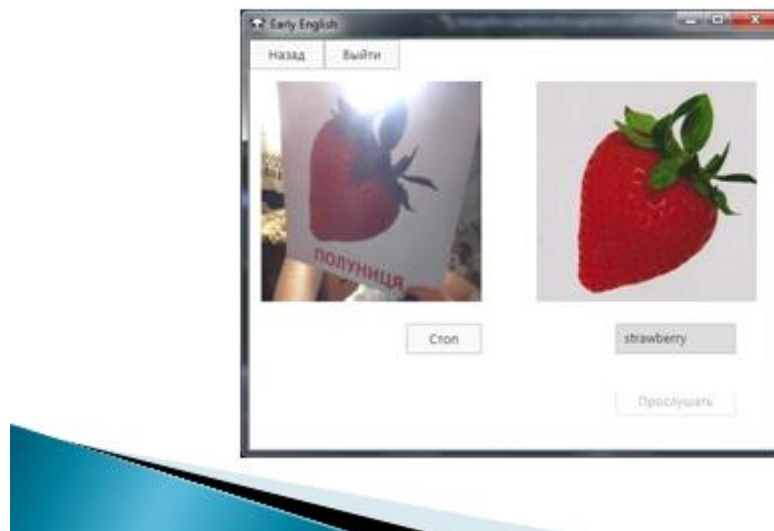




## Застосування функції належності



## Приклад роботи програми



## Охорона праці

У розділі охорона праці було побудовано схему ЛМС, проведено розрахунок параметрів системи занулення та розглянуто наступні питання:

- Аналіз умов праці на робочому місці програміста;
- Промислова безпека у виробничому приміщенні;
- Виробнича санітарія у приміщенні;
- Безпека в надзвичайних ситуаціях.

## Висновки

Проведено моделювання і практично реалізовано застосування моделей структурних методів аналізу візуальних об'єктів. Досліджено результативність використання функції належності до характерних ознак, знайдених за допомогою структурного методу SURF.

Створено програмний додаток у середовищі MS Visual Studio 2010.

На основі використаної бази зображень проведені експерименти, які підтверджують ефективність розробленого методу.