

## РЕФЕРАТ

### **Актуальність теми.**

Проблема пошуку зображень у великих базах даних існує з моменту створення таких баз. Традиційно рішенням цієї проблеми є контекстний пошук, або пошук зображень за змістом (concept-based image indexing). Цей метод використовує текстові характеристики зображень, такі як ім'я файлу, його метадані, ключові слова або текстовий опис. Такий підхід надає можливість використання стандартних методів індексації баз даних. Проте в цьому полягає його основний недолік – необхідність описувати зображення вручну або автоматично за допомогою методів класифікації, що часто не можуть дати прийнятних результатів.

*Пошук зображень за вмістом* (content-based image retrieval, CBIR) може використовуватися для багатьох задач пошуку, для яких традиційні методи не пристосовані або є недостатньо точними. Існує велика кількість областей, де текстовий опис зображень є затратним або недоцільним, як от системи відеоспостереження, медична діагностика, географічні дані. Перевагою пошуку за вмістом є уніфікована обробка зображень, що не залежить від образу чи його категорії. CBIR-системи, що орієнтовані на людину, також можуть включати описову семантику пошуку, запити з відгукками, методи машинного навчання та можливість враховувати вдоволеність користувачів.

Дослідження в області пошуку зображень за змістом викликають все більший науковий та практичний інтерес. Кожного року актуальність галузі зростає у зв'язку з постійним збільшенням об'єму баз даних зображень, що потребують автоматизованої обробки.

**Мета і задачі дослідження:** розробка та дослідження ефективності методу пошуку зображень за вмістом на основі побудови багатовимірних дескрипторів та індексації за допомогою структури даних R-дерево.

**Об'єктом дослідження** є процес побудови R-дерева для багатовимірних даних та ефективність його застосування в якості індексу для СВІR-систем.

**Предметом дослідження** є метод пошуку зображень за вмістом, що використовує модифіковане R-дерево для індексації.

**Методи дослідження.** В роботі використовуються методи оптимізації, методи комп'ютерного бачення, методи розпізнавання об'єктів та методи побудови просторових баз даних.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- запропоновано модифікований метод побудови дерева багатовимірних даних R-дерево, що використовує метаевристичний алгоритм рою частинок;
- розроблено ефективний метод побудови індексу дескрипторів зображень, що відрізняється від існуючих використанням модифікованого R-дерева та поєднанням різних ознак зображень у дескрипторі;
- створено метод пошуку на основі розробленого індексу.

Практична цінність отриманих у роботі результатів полягає в тому, що запропоновані методи дають можливість ефективного пошуку у великих базах даних зображень для просторових запитів. Розроблені методи істотно покращують структуру індексу, що збільшує швидкодію таких запитів. Створений метод пошуку зображень дозволяє легко оброблювати зображення у таких областях, як відеоспостереження, аналіз географічних даних, зворотній пошук зображень, медична діагностика та багато інших.

**Апробація роботи.** Основні положення і результати роботи представлені та обговорені на X конференції молодих вчених ПМК-2019-2 «Прикладна математика та комп'ютеринг» та міжнародній науково-практичній конференції «Наука, техніка і технології: глобальні та сучасні тенденції», Прага, Чехія.

**Публікації:** за темою досліджень опубліковано три наукові праці – тези доповідей на конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська дисертація складається з вступу, трьох розділів, висновків та додатків.

У вступі розглянуто задачу пошуку зображень за вмістом, обґрунтовано потребу розробки ефективного методу розв'язку задачі обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, сформульовану мету та завдання для її досягнення.

У першому розділі проведено аналіз задачі пошуку зображень за вмістом, розглянуто існуючі практичні рішення, методи побудови індексу пошуку та виконано їх порівняльний аналіз, на основі якого обрано метод, що розглядається.

У другому розділі детально розглянуто обраний метод для побудови індексу пошуку зображень за вмістом, запропоновано його модифікацію, обґрунтовано вибраний метод, обрано метод формування дескриптора зображень. На основі цього було запропоновано загальний метод CBIR.

У третьому розділі описано методи оцінки розробленого методу пошуку зображень за вмістом, досліджено проблеми, пов'язані з оцінкою таких методів, обрані еталонні бази даних зображень для перевірки ефективності методу, наведено результати тестування реалізації обраного методу, виконано порівняльний аналіз отриманих результатів з результатами роботи існуючих систем.

У висновках проаналізовано отримані результати роботи, зроблені загальні висновки, описано можливі модифікації методу.

Ключові слова: пошук зображень за вмістом, метод оптимізації роєм частинок, кластеризація, просторові індекси, R-дерево.

## ABSTRACT

**Relevance of the topic:** The problem of searching in the large databases has existed since the creation of such databases. The traditional solution of this problem is a contextual search or *concept-based image indexing*. This method is using the textual characteristics of the image, such as the file name, its metadata, keywords, or text description. This approach allows to achieve the main advantages of this method, namely search efficiency and the ability to use standard methods of indexing databases. However, the main drawback is the need to describe the image manually or automatically using classification methods, which often cannot give acceptable results.

*Content-based image retrieval*, or CBIR, can be used for many search tasks for which traditional methods are not adapted or not accurate enough. There are a large number of areas where the textual description of images is costly or inappropriate, for example, video surveillance systems, medical diagnostics, and geographic data etc. The advantage of content search is the unified image processing, which does not depend on the image or its category. Human-centric CBIR systems can also include descriptive search semantics, feedback requests, machine learning methods, and the ability to take into account user satisfaction.

Research in the field of image search by content is of increasing scientific and practical interest. Each year, the relevance of the sphere is growing due to the constant increase in the volume of image databases that require automated processing.

**The purpose and objectives of the study.** The development and study of a method for searching images by content based on the construction of multidimensional descriptors and indexing using the R-tree data structure.

**Object of study** is a process of R-tree construction for multidimensional data and its use as an index for CBIR systems.

**The subject of research** is a method for searching images by content, which uses a modified R-tree construction algorithm for indexing.

**Research Methods.** The work uses optimization, computer vision, object recognition methods and methods of constructing spatial databases.

**The scientific novelty** of the work is as follows:

1. A modified R-tree construction algorithm is proposed, that uses a meta-heuristic algorithm of particle swarm optimization.
2. An effective method for constructing an index of image descriptors is developed, which differs from the existing ones in the use of modified R-tree algorithm and combination of different image features.
3. A search method based on the developed index was created.

**The practical value** of the results obtained in the work contains the fact that the proposed methods make it possible to efficiently search large databases of images for spatial queries. The developed methods significantly improve the index structure, which increases the speed of such queries. The created image search method allows you to easily process images in areas such as video surveillance, geographic data analysis, reverse image search, medical diagnostics and many others.

**Approbation of work.** The main provisions and results of the work are presented and discussed at the X Conference of Young Scientists PMK-2019-2 “Applied Mathematics and Computing” and international scientific conference of “Science, Technics and Technology: Global and Current Trends” in Prague, Czech Republic.

**Publications:** three related to the topic of research scientific papers were published (conference papers).

**The structure and scope of work.** The master's thesis consists of introduction, three chapters, conclusion and applications.

In the introduction, the problem of image search by content is considered, the necessity of developing an effective solution method is substantiated, the relevance of the research direction is substantiated, the goal and objectives for achieving it are formulated.

In the first chapter, the analysis of the task of searching for images by content is carried out, existing practical solutions, methods for constructing a search index are examined, a comparative analysis is performed, on the basis of which the method is selected.

The second section discusses in detail the selected method for constructing an index of image search by content, proposes its modification, substantiates the selected method, and selects the method for generating an image descriptor. Based on this, a general CBIR method was proposed.

The third section describes methods for evaluating the developed method for searching images by content, explores the problems associated with evaluating such methods, selects reference image databases to verify the effectiveness of the method, presents the results of testing the implementation of the selected method, performs a comparative analysis of the results with the results of existing systems.

In the conclusions, the obtained results of the work are analyzed, conclusions are drawn, possible modifications of the method are described.

Keywords: content-based image retrieval, particle swarm optimization, clustering, spatial index, R-tree.

## РЕФЕРАТ

### **Актуальность темы.**

Проблема поиска в больших базах данных существует с момента создания таких баз. Традиционным решением этой проблемы является контекстный поиск или поиск изображений по содержанию (concept-based image indexing). Этот метод использует текстовые характеристики изображения, такие как имя файла, его метаданные, ключевые слова или текстовое описание. Такой подход позволяет достичь основного преимущества этого метода, а именно эффективности поиска и возможности использования стандартных методов индексации баз данных. Однако в этом состоит его основной недостаток – необходимость описывать изображение вручную или автоматически с помощью методов классификации, которые часто не могут дать приемлемых результатов.

Поиск изображений по содержимому (content-based image retrieval, CBIR) может использоваться для многих задач поиска, для которых традиционные методы не приспособлены или недостаточно точны. Существует большое количество областей, где текстовое описание изображений затратно или неуместно, например, системы видеонаблюдения, медицинская диагностика, географические данные. Преимущество поиска по содержимому – это унифицированная обработка изображений, которая не зависит от образа или его категории. CBIR-системы, ориентированные на человека, также могут включать описательную семантику поиска, запросы с отзывами, методы машинного обучения и возможность учитывать удовлетворенность пользователей.

Исследования в области поиска изображений по содержимому вызывают все больший научный и практический интерес. Каждый год актуальность сферы растет в связи с постоянным увеличением объема баз данных изображений, которые требуют автоматизированной обработки.

**Цель и задачи исследования:** разработка и исследование метода поиска изображений по содержимому на основе построения многомерных дескрипторов и индексации с помощью структуры данных R-дерево.

**Объект исследования:** процесс построения R-дерева для многомерных данных и его применения в качестве индекса для СВIR-систем.

**Предметом исследования** является метод поиска изображений по содержимому, который использует модифицированный алгоритм построения R-дерева для индексации.

**Методы исследования.** В работе используются методы оптимизации, методы компьютерного видения, методі распознавания изображений, методы построения пространственных баз данных

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

- предложена модификация построения дерева многомерных данных R-дерево, которая использует метаэвристический алгоритм роя частиц.
- разработан эффективный метод для построения индекса дескрипторов изображений, который отличается от существующих использованием модифицированного R-дерева и сочетание различных признаков изображения;
- создан метод поиска на основе разработанного индекса.

**Практическая ценность** полученных в работе результатов состоит в том, что предложенные методы дают возможность эффективного поиска в больших базах данных изображений для пространственных запросов. Разработанные методы существенно улучшают структуру индекса, что увеличивает быстродействие таких запросов. Созданный метод поиска изображений позволяет легко обрабатывать изображения в таких областях как видеонаблюдение, анализ географических данных, обратный поиск изображений, медицинская диагностика и много других.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы представлены и обсуждены на X конференции молодых ученых ПМК-2019-2 «Прикладная математика и компьютеринг» и международной научно-



практической конференции «Наука, техника і технологии: глобальные и современные тенденции», Прага, Чехия.

**Публикации:** по теме исследований опубликовано три научные работы – тезисы докладов на конференциях.

**Структура и объем работы.** Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложений.

Во введении рассмотрена задача поиска изображений по содержимому, обоснована необходимость разработки эффективного метода решения, задачи обоснована актуальность направления исследований, сформулирована цель и задачи для её достижения.

В первой главе проведен анализ задачи поиска изображений по содержимому, рассмотрены существующие практические решения, методы построения индекса поиска, выполнен сравнительный анализ, на основе которого выбран рассматриваемый метод.

Во втором разделе подробно рассмотрен выбранный метод для построения индекса поиска изображений по содержимому, предложено его модификацию, обоснован выбранный метод, выбран метод формирования дескриптора изображений. На основе этого было предложено общий метод СВІR.

В третьем разделе описаны методы оценки разработанного метода поиска изображений по содержимому, исследованы проблемы, связанные с оценкой таких методов, избраны эталонные базы данных изображений для проверки эффективности метода, приведены результаты тестирования реализации выбранного метода, выполнен сравнительный анализ полученных результатов с результатами работы существующих систем.

В выводах проанализированы полученные результаты работы, сделаны выводы, описаны возможные модификации метода.

Ключевые слова: поиск изображений по содержимому, метод оптимизации роом частиц, кластеризация, пространственные индексы, R-дерево.