



УДК 004.051

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ

Д.А. Нецепляев, denetse@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

В данной статье приводится сравнительный анализ современных систем поиска изображений по содержанию. Целью данного исследования является оценка качества поиска сервисов изображений по содержанию с целью подчеркнуть актуальность темы поиска изображений по содержанию и определить качество работы существующих систем. Для сравнения были выбраны системы сервисов Яндекс.Картинки, *Google Images*, *Bing*. Автором были исследованы возможности конфигурации поискового запроса, предоставляемые каждым сервисом, было проведено сравнение результатов поиска по исходному изображению из сети Интернет, а также сравнение результатов поиска по исходному изображению, созданному автором. Сделаны выводы относительно удобства использования сервисов, качества поиска.

Ключевые слова: поиск изображений по содержанию, поисковые сервисы, системы поиска изображений.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN IMAGE SEARCH SYSTEMS BY CONTENT

D.A. Netceplyaev

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article presents a comparative analysis of modern image search systems by content. The purpose of this research is to assess the quality of image search services by content in order to emphasize the relevance of the topic of image search by content and to determine the quality of existing systems. Systems were selected for comparison are Yandex Images, *Google Images*, *Bing*. The author investigated the possibilities of search query configuration provided by each service, compared the search results on the original image from the Internet, as well as compared the search results on the original image created by the author. Conclusions are drawn regarding the usability of services, search quality.

Keywords: content-based image retrieval, CBIR, search engine, image search systems.

Введение. Поиск изображений в интернете уже давно является привычным видом инструментов многих поисковых систем: пользователь ожидает от поисковой системы точного, быстрого и полного ответа так же, как и при поиске текстовой информации. Большинство популярных поисковых систем следом за поиском веб-страниц с текстовой информацией начали работать над поиском изображений.

Первую публичную версию поиска по изображениям выпустила компания *Picsearch* в сентябре 2001 года. В тот же год компания *Google* запустила свой поиск по изображениям. Первой российской поисковой системой, ищущей изображения стали Яндекс.Картинки, они были запущены официально в июле 2002 года. В ноябре 2003 г. поисковая система *Yahoo!* также запустила собственный сервис поиска изображений в сети, добавив справа от поисковой строки меню с опцией поиска также и по изображениям.

Вначале эти системы поиска при работе анализировали только извлекаемые метаданные изображений, заголовки веб-страниц и тексты ссылок на изображения. Постепенно для поиска стали использоваться также и текст на веб-странице, на которой было расположено изображение.

В то же время, параллельно поиску по метаданным развивалось такое направление как поиск изображений по содержанию. Этот вид поиска основыва-



ется на технологии компьютерного зрения. Она призвана обучить машину смотреть на изображение глазами человека, понимать и анализировать его содержание: цвета и формы объектов, их текстуру, взаимное расположение. Набор метаданных, характеризующих изображение, ограничен, а компьютерное зрение позволяет значительно расширить количество атрибутов, которые учитываются при поиске картинок и ранжировании результатов.

Способы построения запросов. Для выполнения поиска изображений по содержанию могут быть использованы следующие способы построения запроса:

- Запрос на основе примера. Алгоритмы, составляющие систему, могут иметь различные способы описания и работы с входным изображением, но все результирующие экземпляры изображений должны иметь общие элементы с входом, указанным пользователем [1].

- Семантический поиск. В случае семантического поиска система должна уметь обрабатывать запросы пользователя, сформулированные в свободной форме, например, «найти фотографии собак».

- Обратная связь. Системы поиска изображений по содержанию могут использовать обратную связь с пользователем, где пользователь постепенно отсеивает результаты поиска изображений посредством установки меток, таких как "соответствует", "не соответствует", или "нейтрально" в интерфейсе, а затем запрос повторяется с новыми данными.

- Другие методы. В системе поиска изображений по содержанию может использоваться машинное обучение. Могут применяться запросы по части целого изображения, запросы по нескольким примерам изображений. Со временем, система будет улучшать качество поиска, особенно при наличии обратной связи с пользователем, когда пользователь, расставляя метки на изображения дополнительно обучает модель на основе своих меток.

Методы описания содержания. Наиболее распространенным методом сравнения двух изображений при поиске изображений по содержанию (как правило, сравниваются пример изображения и изображение из базы данных) является использование меры расстояния между изображениями. Измерение расстояния между изображениями показывает сходство двух изображений по таким атрибутам как цвет, текстура, форма и другим. Например, расстояние «0» означает точное соответствие с запросом по отношению к рассматриваемым параметрам. Соответственно, значение больше чем «0» указывает на некоторые различия между сравниваемыми изображениями. Результаты поиска могут быть отсортированы на основе их расстояния до запрашиваемого изображения [1].

Далее представлены наиболее общие методы описания содержания изображений, использующиеся для последующего сравнения их между собой. Все они являются потенциально широко применимыми, то есть не специфическими для какого-либо особенного подкласса систем:

- Цвет. Поиск изображений с помощью сравнения цветовых составляющих производится с помощью построения гистограммы их распределения и сравнения полученных гистограмм. Описание изображений цветами, которые на них содержатся, является наиболее распространённым методом, так как применение такого метода не зависит от размера или ориентации изображения.



– Текстура. Методы такого описания работают со сравнением текстурных образцов, присутствующих на изображении, и их взаимного расположения. Для определения текстуры используют тексели, которые объединяют в множества.

– Форма. Описание формы предполагает описание геометрической формы отдельных регионов изображения, которое необходимо найти. Для её определения к региону сначала применяют сегментацию или выделение границ. Существуют и другие способы, например, фильтрация форм [2]. Часто определение формы требуется вмешательство человека, так как методы типа сегментации сложно полностью автоматизировать для широкого класса задач.

Примеры работы сервисов поиска изображений по содержанию. Для оценки качества работы сервисов поиска изображений по содержанию был произведён поиск несколькими способами.

1. При простом семантическом поиске все оцениваемые сервисы показали отличные результаты, как без дополнительных параметров, так и с установкой фильтра по цвету.

2. При запросе на поиск изображений по содержанию на основе примера изображения из сети Интернет, представленном на рис. 1, все оцениваемые сервисы показали отличные результаты.



Рис. 1 – Исходное изображение из сети Интернет

3. При запросе на поиск изображений по содержанию на основе уникального изображения, созданного автором и представленного на рис. 2, были выявлены различия в работе сервисов, которые позволили судить о качестве поиска.



Рис. 2 – Уникальное изображение, созданное автором

Так, в случае сервиса Яндекс.Картинки, в качестве результатов поиска изображений были представлены максимально похожие изображения схожей структуры; в случае сервиса *Google Images*, в качестве результатов поиска были



представлены схематические изображения транзисторов; в случае сервиса *Bing*, в качестве результатов поиска были представлены различные контурные рисунки. Результаты поиска для систем представлены на рисунках 3-5.

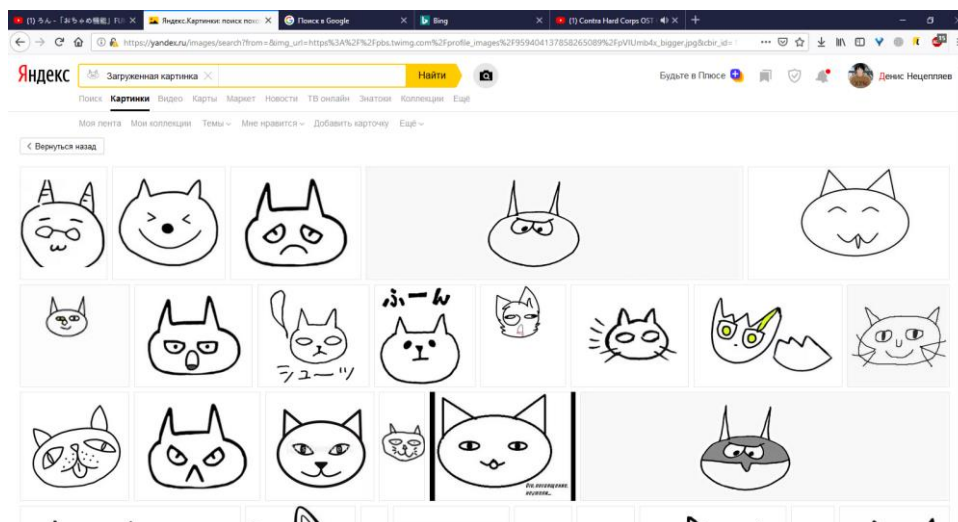


Рис. 3 – результаты поиска сервиса Яндекс.Картинки

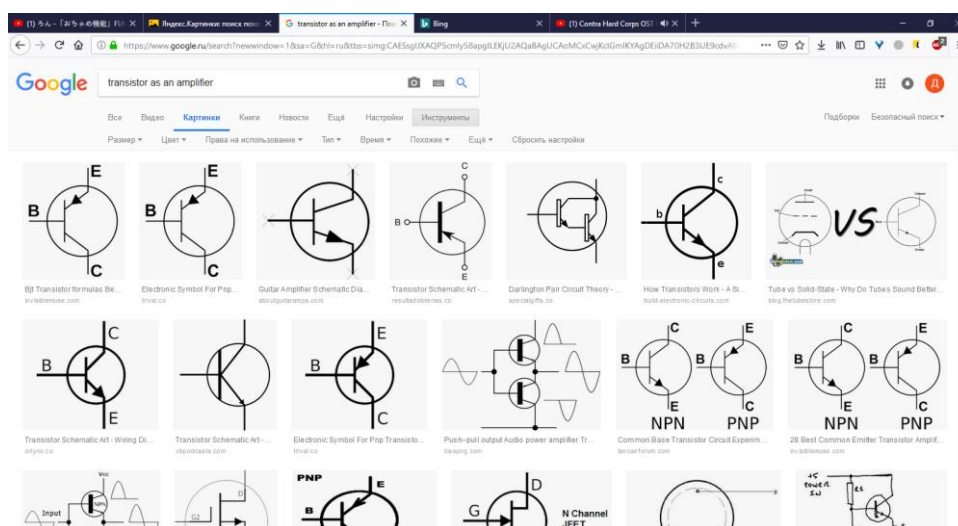


Рис. 4 – результаты поиска сервиса Google Images

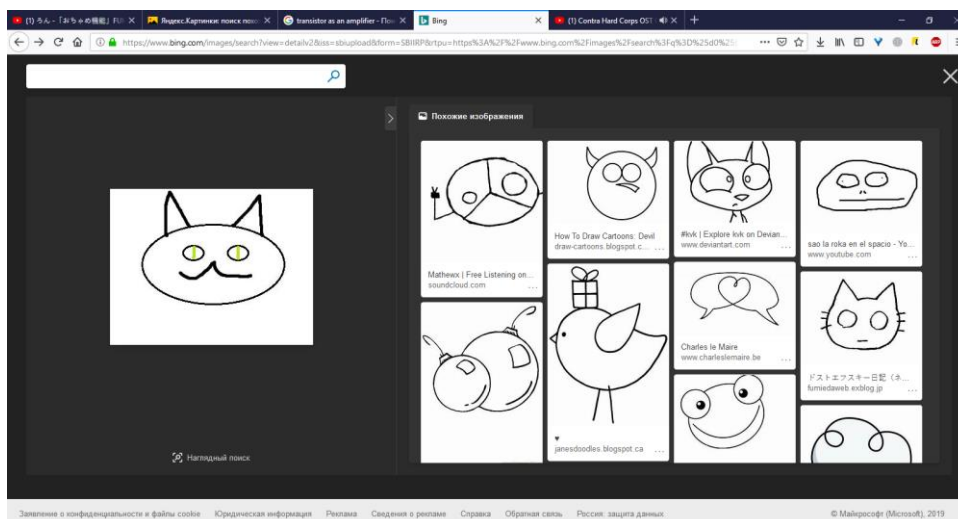


Рис. 5 – результаты поиска сервиса Bing



Сравнительный анализ современных сервисов поиска изображений по содержанию. В ходе сравнения сервисов поиска изображений по содержанию были выявлены следующие особенности систем:

1. Сервис Яндекс.Картинки имеет следующие достоинства:

- отличные показатели схожести с оригинальным изображением;
- три варианта загрузки целевого изображения (выбрать изображение на устройстве, указать *URL* изображения и перетащить изображение курсором мыши в специальную область);

- большое количество результатов поиска;

- множество фильтров при поиску по текстовому описанию.

Сервис Яндекс.Картинки имеет следующие недостатки:

- отсутствуют дополнительные инструменты для работы с оригинальным изображением, такие как выбор области для поиска.

2. Сервис *Google Images* имеет следующие достоинства:

- три варианта загрузки целевого изображения (выбрать изображение на устройстве, указать *URL* изображения и перетащить изображение курсором мыши в специальную область);

- множество фильтров при поиске по текстовому описанию.

Сервис *Google Images* имеет следующие недостатки:

- сервис работает в большей степени с метаданными изображения, чем с его графической составляющей;

- переменное качество поиска похожих изображений. Так как сервис в первую очередь старается классифицировать изображение и продолжает поиск похожих согласно результатам классификации (семантический поиск), поиск изображений по наброску затруднён.

3. Сервис *Bing* имеет следующие достоинства:

- хорошие показатели схожести с оригинальным изображением;

- три варианта загрузки целевого изображения (выбрать изображение на устройстве, указать *URL* изображения и перетащить изображение курсором мыши в специальную область);

- возможность искать по выбранной части оригинального изображения.

Сервис *Bing* имеет следующие недостатки:

- особенность интерфейса не позволяет быстро менять исходные изображения для поиска.

4. Прочие сервисы.

Сервис по поиску изображений *Yahoo!* не имеет возможности поиска по содержанию на основе графических составляющих изображения.

Прочие многочисленные реализации системы поиска изображений по содержанию, в подавляющем большинстве не имеют большой базы для поиска. Также, многие из них не имеют возможности поиска по графическому содержанию изображения или же ищут только изображения, полностью совпадающие с оригиналом.

Заключение. Автором было проведено сравнение современных систем поиска изображений по содержанию с различным подходом к указанию целевого изображения. На основе полученных данных сделан вывод об отсутствии существенной разницы между крупными системами поиска изображений по содержанию при поиске с указанием текстового описания изображения. Однако, при поиске



изображений по содержанию с указанием примера изображения были выявлены различия между современными системами поиска изображений по содержанию:

1. Существующие малые системы поиска изображений по содержанию и имеющие веб-интерфейс, в основном производят поиск по метаданным изображения.

2. Среди сервисов поиска изображений по содержанию – Яндекс.Картинки, *Google Images*, *Bing*, *Yahoo!*, лучшие результаты показал сервис Яндекс.Картинки, так как им были представлены лучшие результаты поиска среди сервисов с возможностью поиска по примеру изображения. Сервис *Google Images* не показал хороших результатов поиска по примеру изображения, так как ориентирован на поиск по метаданным изображения. Сервис *Bing* имеет функционал для поиска по части исходного изображения и показывает хорошие результаты поиска по примеру изображения. Сервис *Yahoo!* не предоставляет возможности поиска по примеру изображения.

Список цитируемой литературы

1. Linda G. Shapiro, George C. Stockman Computer Vision/ New Jersey: Prentice Hall – Upper Saddle River, 2001 – 616 с.
2. Florence Tushabe, Michael. H.F. Wilkinson Content-based Image Retrieval Using Combined 2D Attribute Pattern Spectra // Advances in Multilingual and Multimodal Information Retrieval: 8th Workshop of the Cross-Language Evaluation Forum, 2007 – pp.554-561.

© Д.А. Нецепляев, 2019