

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ

Дунаев А. А.

Кафедра ИТАС, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: alexd.by@gmail.com

В работе представлен оригинальный подход к решению задачи определения изоморфизма графов, используемый в системе распознавания лиц. Оригинальность предлагаемого в статье подхода базируется на хешировании структуры графа, используя в качестве инвариантной характеристики графа кратчайшие расстояний между всеми вершинами.

В теории графов изоморфизмом графов называется биекция множества вершин графа G на множество вершин графа H , сохраняющая отношение смежности. Другими словами, для любых вершин u и v графа G их образы u' и v' смежны в H тогда и только тогда, когда u и v смежны в G . Отношение изоморфизма графов является эквивалентностью, т.е. оно симметрично, транзитивно и рефлексивно. Следовательно, множество всех графов разбивается на классы так, что графы из одного класса изоморфны, а графы из разных классов не изоморфны. Из определения следует, что изоморфные графы могут различаться лишь обозначениями вершин и ребер, так как у них должно быть равное число вершин и ребер, соответствующие друг другу вершины обязаны иметь одинаковые степени и полустепени, и, разумеется, совершенно все равно, какую геометрическую реализацию графа выбирать для его изображения.

Анализ подходов

В настоящее время существует большое количество подходов в вопросе решения задачи изоморфизма графов. Часть из них основано на доказательстве одинаковости структуры графов путем их параллельного обхода. Но использование этих методов требует больших временных затрат, особенно если речь идет о проверке структуры больших графов, состоящие из десятков вершин. Другая часть подходов основывается на сравнении инвариантных характеристик графа, не зависящих от порядка нумерации вершин и ребер. Например, степени вершин графа. Однако, как показывает практика, данная характеристика является не достаточной, чтобы утверждать, что графы изоморфны.

I. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАДАЧИ ИЗОМОРФИЗМА ГРАФОВ

На практике необходимость проверки изоморфизма графов возникает при решении задач химической информатики, математической химии, автоматизации проектирования электронных схем, оптимизация программ, но наибольший интерес представляют задачи распознава-

ния образов. Распознавание образов — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных. На основании информации о классе, может быть создан эталонный граф, с которым в последствии будет сравниваться исходный граф, используя метод решения задачи изоморфизма графов.

II. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА СЧИТЫВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИЦА В ГРАФЫ

Основные этапы алгоритма считывания изображения лица в графы:

- считывается изображение, на котором присутствует изображение лица;
- используя метод признаков Хаара, на изображении ищется изображение лица;
- из большого изображения вырезается изображение лица, дальнейшая обработка будет происходить с ним;
- размеры изображения лица изменяется на «квадратные», например, 100x100 точек, что поможет в случае, если изображение лица было растянуто, сжато или наклонено;
- используя метод признаков Хаара, на изображении лица ищутся угловые точки глаз, губ, носа, бровей;
- используя SURF-дескриптор, в каждой из этих точек вычисляется значение дескриптора, который является вектором дробных чисел;
- строится граф с количеством вершин равным количеству найденных на предыдущих шагах точек с весами равными среднему арифметическому из предыдущего шага;
- все вершины соединяются ребрами;
- каждому ребру задается вес равный среднему арифметическому весов смежных вершин.

Построенный нечеткий граф описывает считанное изображение лица. Для сравнения изображений лиц достаточно проверить изоморфизм соответствующих им графов.

III. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИЗОМОРФИЗМА ГРАФОВ

Рассматриваемый алгоритм основан на сравнении результатов хеширования графов. Рассмотрим основные этапы алгоритма решения задачи изоморфизма графов:

- по графу составляется матрица смежностей, состоящая из дробных чисел;
- выбирается число N уровней, например, 5;
- диапазон чисел в матрице смежностей делится на N частей, так чтобы их граничные значения были целыми или кратными 0,5;
- из имеющейся матрицы смежностей с дробными числами строится $N-1$ целочисленных матриц смежностей используя следующее правило, если значение в исходной матрице меньше соответствующего граничного значения, то в целочисленной матрице в соответствующей ячейке пишется 0, иначе 1;
- для каждой целочисленной матрицы смежностей строится матрица кратчайших расстояний между любыми двумя вершинами, получается симметричная матрица, на главной диагонали которой 0;
- по каждой строке матриц кратчайших расстояний вычисляется среднее арифметическое и для каждой матрицы составляется последовательность из средних кратчайших расстояний;
- полученные последовательности дробных чисел упорядочиваются по возрастанию элементов.

Полученные последовательности дробных чисел вместе с соответствующими уровнями являются «хеш-кодом» структуры рассматриваемого нечеткого графа. Чтобы определить являются ли графы изоморфными достаточно сравнить их «хеш-коды».

IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА

Таблица 1 – Результаты экспериментов с изображения после применения различных искажений.

Примененное искажение	Общее количество экспериментов	Количество верных результатов сравнения
Уменьшение размера изображения на 50%	100	97
Изменение цветов на ч/б	100	100
Изменение яркости	100	100
Применение размытости	100	100
Поворот изображения лица	100	100

Для проверки надежности данного метода была разработана программа, реализующая данный метод, позволяющая считывать фотографии, находить изображения лиц, генерировать графы и проверять их на изоморфизм. Проведены эксперименты с различными фотографиями лиц: мужские и женские, разные цвета кожи. Однако данный метод не способен различать изображения лиц при значительном передвижении объекта съемки, например, повороте головы, изменения прически или наличия очков.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод может прямо использоваться в различных интеллектуальных системах. Например, можно использовать описанный подход для идентификации лиц на фотографиях. Однако в отношении идентификации лиц дело упирается в способ проецирования оригинала. Метод изоморфизма графов не может быть применен в этом случае непосредственно. Разработанная программа позволила получить результаты практического применения метода. Также большим плюсом в данном подходе является возможность хранения графов в базе, сохраняя только «хеш-коды», состоящие из десятичных чисел. Составив таким образом базу образов, например, базу лиц. Поиск по десятичным числам проходит мгновенно. Таким образом данный подход может быть успешно использован для решения некоторых задач распознавания лиц и образов.

VI. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Luks E.M. Isomorphism of graphs of bounded valence can be found in polynomial time // Journal of Computational Sciences. № 25(vol.1), 1982, p.p.42-65.
2. Bahram Javidi Image Recognition and Classification: Algorithms, Systems, and Applications // CRC Press, 2002
3. Boguslaw Cyganek Object Detection and Recognition in Digital Images: Theory and Practice // Wiley, 2013
4. Lowe D. G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision. 2004. 60. № 2, P. 91–110.
5. Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Gool L. V. SURF: Speeded Up Robust Features // Computer Vision and Image Understanding (CVIU). 2008. 110. №3. P. 346–359.
6. Torres-Méndez L.A., Ruiz-Suárez J. C., Sucar L. E., Gómez G. Translation, Rotation, and Scale-Invariant Object Recognition // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 2000. 30, № 1. P. 125–130.
7. Stan Z. Li, Anil Jain Handbook of Face Recognition // Springer Science and Business Media, 2011
8. Asit Kumar Datta, Madhura Datta, Pradipta Kumar Banerjee Face Detection and Recognition: Theory and Practice // Chapman and Hall, 2015