

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ ДЕСКРИПТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ

Коваленко Н. С., Василевич М. Н., Яшкин В. И.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail: kovalenkons@rambler.ru, vasilevich.m@gmail.com, yashkin@bsu.by

Для формирования признаков распознавания объектов используют описание контуров следующими типами дескрипторов, которые могут обладать свойствами инвариантности: цепные коды, сигнатуры, Фурье-дескрипторы [1]. С их помощью можно сформировать признаки, обладающие инвариантностью к сдвигу. Точное определение Фурье-дескрипторов по контурам в изображениях все еще остается перспективной исследовательской задачей. Рассмотрим особенности представления контуров объектов на основе Фурье-дескрипторов.

Значения Фурье-дескрипторов вычисляют с помощью преобразования Фурье изображения контуров объектов. Они представляют собой форму описания объекта в частотной области. Разложение в ряд Фурье можно интерпретировать как представление функции $f(x)$ некоторой последовательностью чисел. Предположим, что цифровые границы объекта заданы на плоскости Oxy . Обозначим последовательно координаты точек границы: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$. Начиная с произвольной точки (x_0, y_0) , будем обходить контур, как показано на рис. 1.

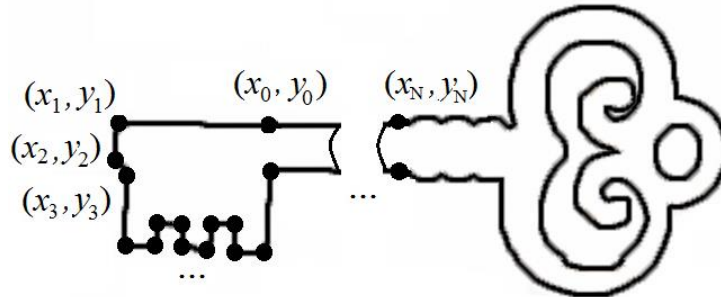


Рис. 1. Цифровые границы объекта

Тогда границу объекта можно представить в виде последовательности координатных пар:

$$f(k) = (x(k), y(k)), \text{ где } k = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Каждой паре координат (1) можно поставить в соответствие комплексное число:

$$f(k) = x(k) + iy(k). \quad (2)$$

Выражение дискретного преобразования Фурье для конечной последовательности задается уравнением

$$\tilde{F}(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) \exp\left(-i \frac{2\pi uk}{N}\right). \quad (3)$$

Для $u = 0, 1, 2, \dots, N$. Комплексные коэффициенты $\tilde{F}(u)$ называются Фурье-дескрипторами границы. Обратное преобразование Фурье, примененное к данным коэффициентам, в соответствии с (2) и (3) позволяет восстановить границу, которая определяется функцией $f(k)$:

$$f(k) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \tilde{F}(u) \exp\left(i \frac{2\pi uk}{N}\right), k = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Фурье-дескрипторы однозначно описывают границы объекта. Дескрипторы нижних частот описывают общие сведения о форме контуров, а дескрипторы высоких частот – мелкие детали. Как известно, дискретное преобразование Фурье (ДПФ) по существу представляет собой алгоритм вычисления гармонических составляющих спектра C_n по заданным дискретным отсчетам аналогового сигнала $u(x)$, что значительно сокращает время обработки.

Дескрипторы должны быть как можно менее чувствительными к параллельному переносу, повороту и изменению масштаба объектов. Отметим, что количество дескрипторов, достаточное для описания формы объектов, зависит от сложности контура и решаемой задачи в целом. Для определения одного коэффициента ДПФ сигнальной последовательности из N отсчетов, необходимо выполнить около N операций умножения и сложения на комплексное число, а для нахождения всех коэффициентов объем вычислений составит $O(N^2)$. Если длины обрабатываемых массивов превышают тысячу единиц, то дискретная обработка сигналов в реальном масштабе времени требует высокопроизводительных вычислений, которые могут обеспечить компьютеры векторно-конвейерного типа.

Основной подход, который применяется при создании параллельных алгоритмов для компьютеров векторно-конвейерного типа, заключается в их структурировании на блоки и выделении наборов базовых операций для конкретных предметных областей. Задача состоит в том, чтобы выполнить удачное структурирование и осуществить рациональный выбор базовых операций. Естественно, после структурирования алгоритмов и выбора базовых блоков и операций появляется проблема, которая заключается в их эффективном отображении на архитектуру вычислительной системы.

Еще одна проблема, на которой остановимся – это автоматизации процессов распараллеливания. Из-за того, что проблема эффективного отображения алгоритмов на архитектуру вычислительной системы очень сложная, то предпринимаются попытки автоматизации распараллеливания. Осуществляется это либо средствами операционных систем, либо с помощью специальных компиляторов с языков высокого уровня.

Автоматическая векторизация это важная область исследований в ИТ, которая заключается в разработке методов поиска и распознавания фрагментов программных реализаций алгоритмов потенциально пригодных для компилятора к автоматическому преобразованию скалярных программ в векторные. Векторные операции могут добавляться в скалярные процессоры.

Такой подход удобно применять, например, в машинной 3D графике с использованием однородных координат, при вычислениях значений Фурье-дескрипторов с помощью преобразований Фурье. Увеличение скорости анализа

данных в реальном времени играет колоссальную роль в развитии искусственного интеллекта и так называемых «эволюционных алгоритмов». Большие данные могут также использоваться для оптимизации логистики, маркетинга, ритейла. С помощью анализа возможно создаются более совершенные методики обучения и совершенствуются системы машинного перевода. В качестве лингвистических ресурсов в них используются корпуса параллельных текстов, а не двуязычные словари. Системы на базе Big Data комплексно оценивают состояние здоровья пациента и предлагают индивидуальный план лечения заболевания для конкретного пациента. При этом, эти решения основаны только на принципах доказательной медицины. В спорте технологии основанные на Big Data позволяют оптимизировать состав команды, определить рыночную стоимость игроков и узнать их потенциал.

Возможность быстрого анализа данных может предоставить компьютеру рекомендательные алгоритмы на базе технологий машинного обучения и тем самым сделать работу алгоритмов автоматизированной.

Выбор признаков, применяемых для распознавания объектов, осуществляется на основе используемой формы представления данных об объектах, подлежащих распознаванию. Методы сегментации позволяют получить представление объекта в виде двумерного массива пикселей, расположенных вдоль границы области объекта. На основе такого представления в принципе можно строить описание объекта в пространстве, так называемых, первичных признаков, представляющих собой последовательность отсчетов.

В заключение отметим, что разумное применение математических методов и параллельных технологий в во всех отраслях, работающих на ИТ позволяют значительно ускорять и поддерживать на должном уровне развитие экономик, но и порождает новые отрасли. Перечисленные проблемы объединяют математические методы и алгоритмы распознавания и обработки данных. Наиболее значимые среди них связаны с Фурье-преобразованиями.

Литература

1. Nixon, M. S. Feature Extraction & Image Processing for Computer Vision / M. S. Nixon, A. S. Aguado. – Academic Press, 2012. – 623p.