

Применение сглаженной непрерывной функции в качестве замены гистограммы ориентированных градиентов

Е.В. Гошин

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева*

Самара, Россия
goshine@yandex.ru

К.А. Зацепина

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева*

Самара, Россия
zacksenia@yandex.ru

Аннотация – В настоящей работе исследуется алгоритм гистограммы ориентированных градиентов. Для различных углов поворота объекта, в частности, для углов поворота не кратных размерам интервалов гистограммы, изменение гистограммы ориентированных градиентов характеризуется не только циклическим сдвигом значений соответствующих интервалов, но и структурой их значений. Показано, что непрерывная сглаженная функция, описывающая градиентный блок, носит более устойчивый характер. Исследованы способы сопоставления таких характеристик, в том числе, разложение одномерной функции в ряд Фурье.

Ключевые слова – распознавание образов, преобразование Фурье, гистограмма ориентированных градиентов, распознавание изображений, обработка изображений, анализ изображений

1. ВВЕДЕНИЕ

Гистограмма ориентированных градиентов (HOG) широко используется для описания изображений и является очень эффективной. Во многих проблемах со распознаванием необходим или предпочтителен ротационно-инвариантный анализ.

Это достигается путем рассмотрения градиентной гистограммы как непрерывного углового сигнала, который может быть хорошо представлен 2D базисом Фурье. Поскольку инвариантность вращения устанавливается аналитическим способом, то мы можем избежать артефактов дискретизации и создать непрерывное отображение из изображения в пространство объектов [1].

HOG имеют достаточно широкую область применения. Их используют для распознавания рукописного текста [3] и лиц [4], в разработке нейросетевого алгоритма распознавания надписей на изображениях реальных сцен [6], обнаружения объектов на изображении [7]. Таким образом, тематика применения HOG в области обработки изображений в настоящее время является актуальной.

В этой статье представлен метод построения дескрипторов HOG для различных углов поворота объекта, инвариантных к вращению с использованием анализа Фурье. В экспериментальной части работы мы сначала показываем, как строить гистограммы ориентированных градиентов при повороте на кратные и некратные углы, потом реализуем алгоритм 2D Fourier HOG Descriptor.

Целью данной работы является исследование алгоритма гистограммы ориентированных градиентов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Дескриптор изображения - это вектор объектов, содержащий различную информацию об изображении. Хороший дескриптор изображения должен быть способен фиксировать существенные шаблоны изображения и быть устойчивым к деформации объекта или другим различным преобразованиям. Объекты на основе градиентной гистограммы, такие как HOG (Гистограмма ориентированных градиентов), широко используются для описания 2D-изображений. Этот способ оказался очень надежным и стал работать в качестве ключевого компонента современных систем распознавания объектов.

HOG фокусируется на структуре объекта. Он использует окно обнаружения размером 64×128 пикселей, поэтому изображение сначала преобразуется в изображение такого размера. Затем изображение дополнительно делится на блоки, потом вычисляется градиент каждого пикселя. Оно разделяется на 8×16 ячеек в блоках с перекрытием 50%, так что всего будет $7 \times 15 = 105$ блоков, и каждый блок состоит из 2×2 ячеек с 8×8 пикселями. Мы берем 64 градиентных вектора каждого блока (каждая ячейка размером 8×8 пикселей) и помещаем их в гистограмму из 9 ячеек.

Для дескриптора объекта HOG в качестве объекта выбирается распределение направления градиента.

Гистограмма ориентированных градиентов, также известная как HOG, представляет собой дескриптор признаков, который используется в компьютерном зрении и обработке изображений с целью обнаружения объектов. Этот метод подсчитывает случаи ориентации градиента в локализованной части изображения. Для областей изображения он генерирует гистограммы, используя величину и ориентацию градиента.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дескриптор HOG участка изображения визуализируется путем построения нормализованных гистограмм 9×1 в ячейках 8×8 . Полученные результаты представлены на рис. 1.



Рис. 1. Полученный HOG изображения

Построим теперь гистограмму для повернутого изображения на углы 10° , 20° , 60° , 90° , 180° . Полученные гистограммы повернутого изображения и соответствующие им непрерывные представления отразим на рис. 2.

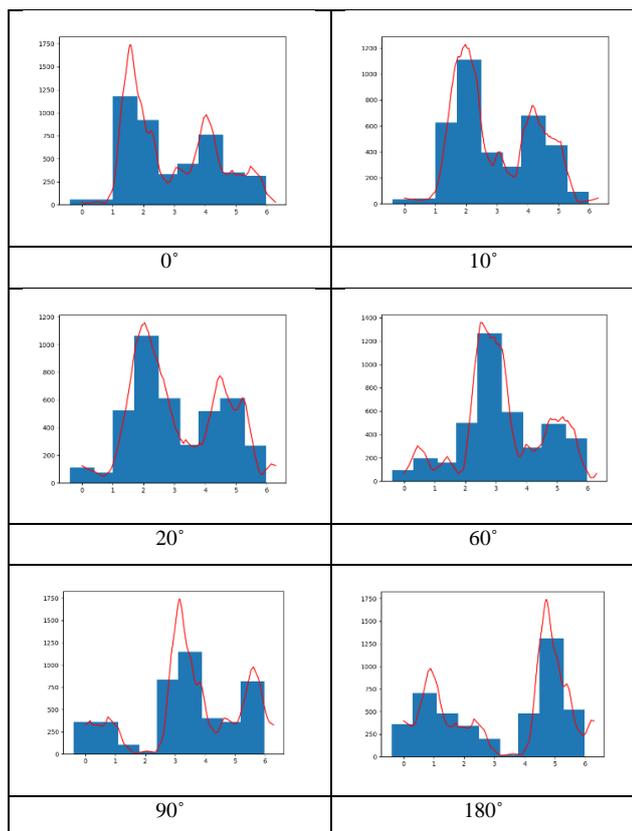


Рис 2. Сравнение HOG и непрерывной сглаженной функции градиента в блоке при изменении угла поворота изображения

Из эксперимента видно, что при определенном повороте гистограмма выглядит мало похоже на гистограмму без поворота, и только при повороте на кратные 20° градусам углы свойства HOG сохраняются.

Гистограмма – это просто дискретизированная функция плотности. Исходная информация, закодированная ячейкой HOG, представляет собой функцию плотности градиента ориентации, которая в 2D случае может быть представлена непрерывной функцией.

Если для вычисления основного направления используется гистограмма дискретного градиента, то можно получить только приблизительный угловой интервал основного направления (синий график). Если гистограмма непрерывного градиента непосредственно используется для вычисления

основного направления, результаты легко искажаются шумом и небольшой деформацией. Некоторая степень сглаживания полезна, поскольку она повышает устойчивость описания к небольшим изменениям внешнего вида. Следовательно, сглаженная ориентация гистограмма используется для оценки основной ориентации. Именно это делает результат более стабильным и точным (красная линия).

Причина низкой производительности HOG заключается в том, что большинство характеристик изображения имеют различную ориентацию, а функция HOG чувствительна к ориентации цели. По сравнению с ним преобразование Фурье преобразует информацию о градиенте в частотную область. Из чего можно сделать вывод, что сглаженная непрерывная функция градиента на блоке обладает более устойчивой способностью описания обработки изображения. Полученные функции могут быть описаны с помощью преобразования Фурье с целью дальнейшего сопоставления и обеспечения инвариантности.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе был исследован алгоритм HOG для различных углов поворота объекта. В результате корректно алгоритм гистограмм ориентированных градиентов работает только при поворотах на углы поворота кратных размерам интервалов гистограммы. Для правильной работы HOG возможно применение инвариантного к повороту анализа Фурье.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FSSS-2023-0006.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Liu, K. Rotation-Invariant HOG Descriptors Using Fourier Analysis in Polar and Spherical Coordinates / K. Liu, H. Skibbe, T. Schmidt, T. Blein, K. Palme, T. Brox, O. Ronneberger // Int J Comput Vis. –2014. – Vol.106. – P.342–364.
- [2] Histogram of Oriented Gradients explained using OpenCV [Electronic resource]. — Access mode: leamopencv.com/histogram-of-oriented-gtadients/ (10.05.2022).
- [3] Калиберда, Ю. Е. Применение метода "histogram of oriented gradients and support vector machines" для реализации алгоритма распознавания рукописных цифр / Ю. Е. Калиберда // Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2019. – С. 55-60.
- [4] Pang, Y. Efficient HOG human detection / Y. Pang, Y. Yuan, X. Li, J. Pan // Signal Processing. – 2011. – Vol. 91(4). – P. 773-781.
- [5] Zhou, W. Histogram of Oriented Gradients Feature Extraction From Raw Bayer Pattern Images / W. Zhou, S. Gao, L. Zhang, X. Lou // IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs. – 2022. – Vol.67(5). – P. 946-950.
- [6] Лобанова, В.А. Разработка нейросетевого алгоритма распознавания надписей на изображениях реальных сцен [Текст] / В.А. Лобанова, Ю.А. Иванова // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 5. – С. 790-800.
- [7] Андриянов, Н.А. Обнаружение объектов на изображении: от критериев Байеса и Неймана–Пирсона к детекторам на базе нейронных сетей EfficientDet / Н.А. Андриянов, В.Е. Деметьев, А.Г. Ташлинский // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 1. – С. 139-159.