

Формализация описания класса изображений, полученных в различных условиях освещения

Касаткин Семён¹, Калайда Владимир¹
antimaterialny@rambler.ru|kvt@ioa.ru

¹Национальный исследовательский
Томский государственный университет, Томск, Россия

В работе рассматривается задача формализации описания класса изображений лица человека в различных условиях освещения. Исследования направлены на поиск методов, повышающих точность описания.

Ключевые слова: Формализованное описание, класс изображений, непараметрическая статистика, коэффициент размытия, освещение.

Formalization of the description of the class of images obtained under different lighting conditions

Kasatkin Semyon¹, Kalayda Vladimir¹
antimaterialny@rambler.ru|kvt@ioa.ru

¹National Research
Tomsk State University, Tomsk, Russia

The paper deals with the task of formalizing the description of a class of images of a person's face in various lighting conditions. Research aims to find methods that improve the accuracy of the description.

Keywords: Formalized description, image class, nonparametric statistic, blur coefficient, lighting.

1. Введение

Так как среда и используемые средства регистрации светового потока вносят искажения в сигнал, то изображение можно рассматривать как случайное поле. Под классом будем понимать множество реализаций одного и того же образа. Примером является изображения одного человека полученных в различных условиях: ракурс наблюдения, мимика, освещение и прочее.

Аппаратные искажения сигнала могут быть компенсированы за счёт использования в качестве формализованного описания вектором параметров (например, моментов) инвариантных к аффинным и проективным искажениям [3,6,10]. Однако наиболее существенные ошибки, обусловленные средой передачи сигнала и ее освещенностью, компенсировать сложнее. Для устранения яркостных искажений, при описании класса, удобно использовать плотность вероятности распределения параметров вектора, описывающего элемент класса [2,4,8].

Так как в прикладных системах видеонаблюдения и контроля проблематично получить «достаточное» количество наблюдений и сложно априори сделать предположение о виде функции плотности, то для её восстановления целесообразно использовать непараметрическую форму представления [1,2,4,5,6,8,9]. Данный подход не использует явно гипотезу о виде функции распределения. Ещё одним преимуществом непараметрического подхода является наличие в таких функциях плотности распределения свободных параметров (коэффициентов размытия), изменением которых можно регулировать меру приближения к сформулированным требованиям (повышение точности описания) [1,2,4,8].

Исходя из вышесказанного, для описания класса изображений целесообразно использовать методы непараметрической статистики. В качестве меры точности описания будем использовать суммарные ошибки первого и второго рода.

2. Непараметрический метод

Для формализованного описания класса плотностью вероятности, в байесовские функции подставим непараметрические оценки Розенблатта–Парзена:

$$\bar{p}(x) = \frac{1}{nc} \sum_{i=1}^n \Phi\left(\frac{x-x^i}{c}\right)$$

где Φ – ядро (чётная, нормированная функция), c – коэффициент размытости, n – количество наблюдений (количество изображений).

Из байесовской решающей функции следует, что исследуемый образ принадлежит тому классу, плотность вероятности которого больше.

Параметрами данной модели является вектор коэффициентов размытия для функций плотностей вероятностей. Тогда задача построения решающего правила сводится к оцениванию $n \times d$ параметров, где n – количество классов, d – размерность пространства признаков.

В современных работах, для упрощения задачи оптимизации принимается, что коэффициент размытия представляется в виде произведения некоторого общего коэффициента и оценок среднеквадратических отклонений. Таким образом задача оптимизации сводится к поиску оптимального общего коэффициента. Подробно изложение метода можно найти в книге [6].

Однако, использование общего коэффициента размытия может привести к пересечениям функций плотности вероятностей. Этого можно избежать (или по крайней мере значительно снизить значения суммарных ошибок первого и второго рода), если использовать альтернативные методы поиска параметров оптимизируемой функции [2].

Поскольку восстановленные плотности вероятности, в зависимости от выбранных ядерных функций (например, треугольной), могут иметь разрывы первого рода,

необходимо использовать безградиентные методы, не вычисляющие производные (методы нулевого порядка), например, методы: Хука-Дживса, Розенброка, Нелдера-Мида, Пауэлла.

Ни один из алгоритмов не оказался значительно лучше с точки зрения поиска минимума, выбор метода определяется конкретной задачей и опытом исследователя [9]. Метод Хука-Дживса в случае сильно вытянутых, изогнутых или обладающих острыми углами линий уровня целевой функции может оказаться неспособным обеспечить продвижение к точке минимума. Эффективность метода Розенброка зависит от выбора начальной точки поиска экстремума. Для метода Пауэлла так же, как и для предыдущих, количество проб целевой функции линейно растёт при увеличении размерности пространства, что негативно сказывается на эффективности при минимизации сложной целевой функции [9]. Метод Нелдера-Мида на каждой итерации алгоритма производит, как правило, одно-два вычисления значений функции, что чрезвычайно эффективно. В связи с этим, для оценки коэффициентов размытия целесообразно использовать алгоритм Нелдера-Мида.

3. Оценка коэффициента размытия

В качестве целевой функции используем суммарную ошибку первого и второго рода, для плотностей вероятностей, восстановленных непараметрическим методом.

Для обеспечения непрерывности функций в области определения, начальное значение коэффициента размытия установим равным половине максимального значения стандартной девиации для интервала:

$$c_d^0 = \max_i (x_{i,d}^j - x_{i-1,d}^j) \\ j = \overline{1, N}, i = \overline{2, M}, d = \overline{1, D}$$

где d – индекс коэффициента размытия, i – индекс изображения внутри класса, j – индекс класса, N – это количество классов, M – это количество изображений для класса, D – длина вектора коэффициентов размытия (размерность пространства признаков), σ_d^j – среднее квадратичное отклонение значений характеристик для класса с индексом j и коэффициентом размытия с индексом d .

Для обеспечения этого условия в целевую функцию вводится штраф $e(c)$:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (p_1^{ij}(c) + p_2^{ij}(c)) + e(c) \rightarrow \min \\ e(c) = \begin{cases} 1, & \exists (c_i - c_i^0 < 0), \forall de i = \overline{1, D} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где c^0 – стартовое, минимальное значение коэффициента размытия.

4. Результаты расчетов

В тестовой задаче при описании изображений в качестве вектора характеристик используются 9 инвариантных моментов:

$$\{m_{1,1}, m_{2,0}, m_{2,2}, m_{3,3}, m_{4,0}, m_{4,2}, m_{4,4}, m_{6,0}, m_{6,4}\}$$

По данным векторам восстанавливалась функция плотности вероятности с использованием подхода [6] и методом Нелдера-Мида. Оценивались суммарные ошибки первого и второго рода для плотностей вероятностей (Таблица 1).

В качестве классов изображений были использованы:

1. CMU AMP face expression (13 классов изображений лиц людей по 75 полутоновых изображений разрешением 64x64 каждая. Общее количество изображений равно 975).
2. Georgia Tech face. (50 классов изображений лиц людей по 15 цветных изображений различного размера. Общее количество изображений равно 750).

Таблица 1. Сравнение суммарных ошибок

Метод оценки	Суммарная ошибка	
	CMU AMP	Georgia Tech
Классический	$1,04 \cdot 10^{-9}$	0,023
Нелдера-Мида	$4,49 \cdot 10^{-10}$	0,009

5. Заключение

На основании результатов расчетов с использованием баз изображений CMU AMP face expression и Georgia Tech face можно сделать предположение о том, что оптимизация индивидуальных коэффициентов размытия методами нулевого порядка вместо оптимизации общего коэффициента размытия позволяет уменьшить суммарные ошибки первого и второго рода на порядок.

6. Литература

- [1] Агеева Н.М., Антонов В.Н., Калайда В.Т. и др. Наука и инновации в современном мире: техника и технологии. В 3 книгах. К 3.: монография // Одесса: Куприенко СВ, 2017 г., 157с.
- [2] Калайда В.Т., Тарбаев Б.Б., Касаткин С.С. Распознавание полутонового изображения лица на основе формализации описания класса непараметрическими статистиками // Мир науки и инноваций., 2016. Т. 10. № 1(3), С. 44 – 56.
- [3] Касаткин С.С., Калайда В.Т. Программная система для вычисления формализованных характеристик полутонового изображения, не зависящих от условий съемки. // Научная сессия ТУСУР-2014 Часть 4., 14–16 мая 2014 г., г. Томск, С. 47 – 49.
- [4] Касаткин С.С., Калайда В.Т. Идентификация полутонового изображения лица человека. // Научная сессия ТУСУР-2015 Часть 2., 13–15 мая 2015 г., г. Томск, С. 205 – 208.
- [5] Касаткин С.С., Калайда В.Т. Анализ методов распознавания изображений // Наука и инновации в современном мире: техника и технологии, 2017. Т. 3, С. 110 – 116.
- [6] Лапко А.И., Лапко В.А. Непараметрические модели и алгоритмы обработки информации: учеб. пособие // Сиб. Гос. Аэрокосмич. Ун-т. – Красноярск, 2010 г., 220 с.
- [7] Тарбаев Б.Б., Калайда В.Т. Разработка алгоритма программной системы формализованного описания полутоновых изображений, инвариантных к аффинным преобразованиям // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2014» Часть 4., 2014 г. г. Томск, С. 52 – 45.
- [8] Тарбаев Б.Б., Калайда В.Т. Вычисление формальных инвариантных признаков, описывающих изображение Б.Б. Тарбаев // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2015. Часть 2. 2015 г., г. Томск, С. 244 – 247.
- [9] Химельблау Д. Прикладное нелинейное программирование // МИР – Москва, 1975 г., 536 с.

[10] Abdul Kadir, Lukito Edi Nugroho, Adhi Susanto, P. Insap Santosa Experiments of zernike moments for leaf identification // Journal of Theoretical and Applied Information Technology., 15 July 2012., Vol. 41, No.1, P. 82-93.

[11] Kasatkin S.S. The methods of pattern recognition: A Review // АПР: Труды Международной молодежной научной школы. 25–26 сентября 2017 г., г. Томск, С. 128-131.

Об авторах

Касаткин Семён Сергеевич, аспирант кафедры оптико-электронных систем и дистанционного зондирования радиофизического факультета Томского государственного университета. Его e-mail antimaterialny@rambler.ru.

Калайда Владимир Тимофеевич, д.т.н., профессор кафедры оптико-электронных систем и дистанционного зондирования радиофизического факультета Томского государственного университета. Его e-mail kvt@ioa.ru.