

Быстрый алгоритм точного поиска осей зеркальной симметрии на бинарных растровых изображениях

М. А. Бондаренко

ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ», Москва, www.rastr.net

Поиск осей зеркальной симметрии – один из важных этапов оценки структурных свойств исследуемых объектов. Помимо задач классификации, поиск и оценка зеркальной симметрии объектов могут быть использованы для контроля формы и позиционирования заготовок и изделий при неразрушающем контроле технологических процессов на производстве. Предлагаемый алгоритм относится к методам вторичной обработки и анализа изображений и применяется для плоских бинарных изображений объектов после проведения процедуры сегментации, которая выходит за рамки настоящего доклада.

Разработать представляемый алгоритм и написать его программную реализацию для персонального компьютера побудил материал (Федотова С. А., Середин О. С. и др., 2017), в котором предлагается решить указанную задачу точного поиска осей симметрии объекта путём полного перебора пар точек его контура (вычислительная сложность порядка $O(N^4)$, где N – число точек контура) с привлечением суперкомпьютерных мощностей (!), в то время как предлагаемый автором алгоритм (был разработан и реализован всего за день), имеет сложность $O(\frac{N^3}{4})$, что позволяет ему обрабатывать на тех же данных за пару секунд вместо пары часов без какого-либо распараллеливания и привлечения ресурсов видеокарты.

Без потери общности подхода, будем считать, что анализируемый объект сплошной и на чёрном фоне, т. е. не содержит чёрных дырок, так как любую дырку на плоском объекте можно считать отдельным объектом. Ключевая идея алгоритма в том, что для любого бинарного однородного объекта без учёта дырок все оси его зеркальной симметрии проходят через его центр тяжести, что существенно снижает размерность решаемой задачи. Следующий этап алгоритма – сегментация точек замкнутого контура бинарного объекта на изображении $I(x, y)$ с помощью простейшего условия:

$$I(x, y) > 0 \text{ и } [I(x-1, y) = 0 \text{ или } I(x+1, y) = 0 \text{ или } I(x, y-1) = 0 \text{ или } I(x, y+1) = 0].$$

Далее для каждой точки контура объекта строится уравнение прямой $ax + by + c = 0$, которая проходит через найденный центр тяжести объекта. Относительно этой прямой производится зеркальное отражение всех точек контура, которые удовлетворяют условию: $ax + by + c < 0$ – они заносятся в список зеркально отражённых точек $Reflect[j]$, остальные точки – в другой список $Half[i]$. Затем вычисляется мера R_i сходства отражённой и неотражённой частей контура по формуле:

$$R_i = \sum_j \min\{(Half[i].X - Reflect[j].X)^2 + (Half[i].Y - Reflect[j].Y)^2\}.$$

Таким образом, величина $\rho_i = 1 - \frac{R_i}{\max R_i}$, $0 \leq \rho_i \leq 1$ характеризует меру, насколько линия, проходящая через центр тяжести объекта и точку $Half[i]$, является осью зеркальной симметрии: 0 – минимум симметрии, 1 – ось симметрии. Те точки, для которых $\rho_i > \min_i \rho_i + 0,02$, выбираются в качестве кандидатов, через которые потенциально проходят искомые оси симметрии исследуемого объекта.

Завершающей стадией алгоритма является выбор среди точек-кандидатов точек, лежащих на искомым осях симметрии, путём подавления немаксимумов в окрестности каждой точки-кандидата. Число точек в такой окрестности зависит от числа точек в контуре. В текущей реализации используется величина $N / 10 + 1$, где N – число точек в контуре объекта на цифровом изображении.

Ниже показаны результаты работы алгоритма на процессоре Intel Core i7-4770:

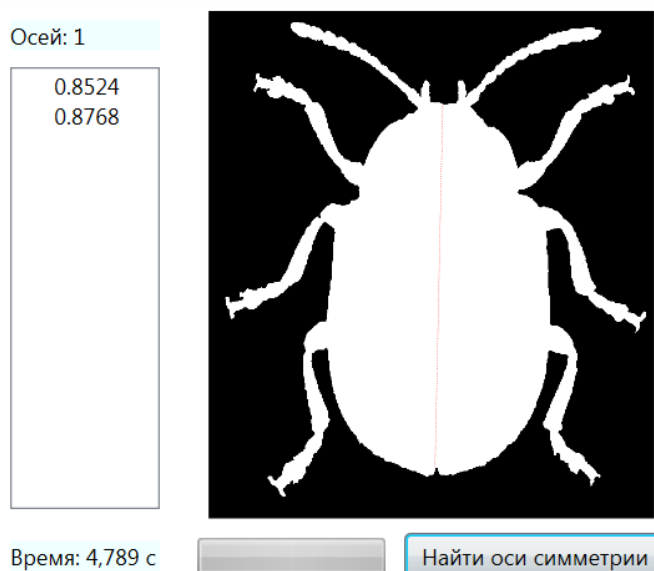


Рис. 1. Бинарное изображение жука
800×909 пикселей

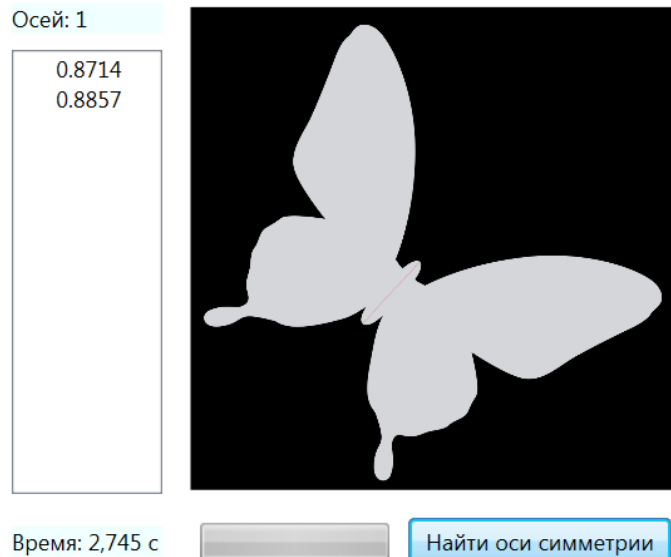


Рис. 2. Бинарное изображение бабочки
1151×1133 пикселей

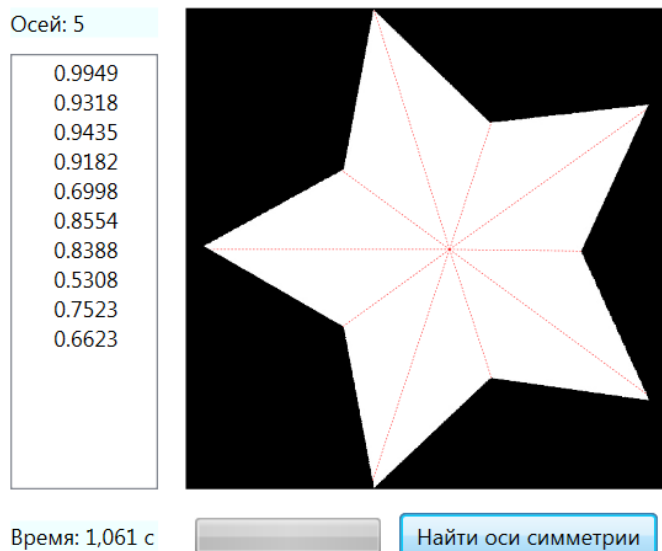


Рис. 3. Бинарное изображение звезды
600×600 пикселей

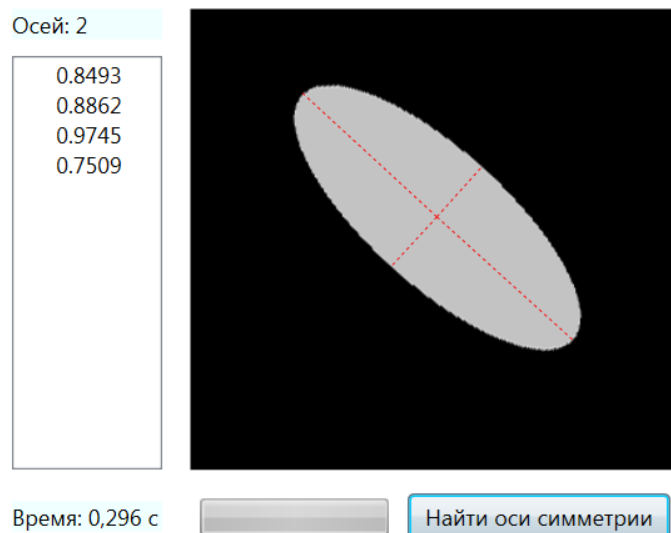


Рис. 4. Бинарное изображение эллипса
319×301 пикселей

Литература

Федотова С. А., Середин О. С., Кушнир О. А., Сулимова В. В. Параллельная реализация точного алгоритма нахождения зеркальной симметрии бинарных растровых изображений на основе полного перебора // Тезисы докладов научно-технической конференции «Техническое зрение в системах управления – 2017». – М.: ИКИ РАН, 2017. – С. 87–88. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://tvcs2017.technicalvision.ru/file/Tezis-2017.pdf>