

УДК 004.89

Н.М. Кораблев, Е.В. Чумак

СКЕЛЕТОНИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В данной статье рассматривается задача подготовки изображения для распознавания, а именно скелетонизация. Проведен анализ существующих алгоритмов решения и предложен гибридный алгоритм, который основан на использовании искусственных иммунных систем и алгоритме скелетонизации Зонге-Суня. Проведены экспериментальные исследования и определены дальнейшие направления исследований, ориентированные на решение задачи распознавания образов.

Ключевые слова: скелетонизация, искусственная иммунная система, аффинность, антитело, клон, мутация.

Введение

Активное использование современных информационных технологий для создания математических основ интеллектуальных систем в последние годы позволило по-новому взглянуть на проблему обработки многомерных данных в условиях неполной и неточной информации. Одной из наиболее актуальных задач в этой сфере является задача распознавания образов – отнесение некоторого объекта, заданного набором параметров, к классу (образу) подобных объектов. Классические методы многомерной статистики, используемые в подобных задачах, основаны на определенных предположениях о структуре исходных данных и, как следствие, попытки их применения приводили к высоким процентам ошибок при условии несоответствия обучающих наборов этим предположениям.

Наиболее перспективным направлением при решении данной задачи является использование методов интеллектуальной обработки информации, одним из которых являются искусственные иммунные системы (ИИС) [1] - новая парадигма мягких вычислений, которая может интегрироваться с другими подходами. Поэтому одним из путей решения задач распознавания образов является разработка

новых и развитие существующих методов, в частности, на основе использования ИИС [3].

Задача распознавания образов состоит из 3 основных этапов [5]: подготовка изображения (предварительная обработка); выделение признаков на изображении; отнесение образа, на основе выделенных признаков, к тому или иному образу (сама задача распознавания).

В данной работе рассматривается первый этап решения задачи распознавания образов. Одним из подходов подготовки изображения для распознавания является скелетонизация – выделения каркаса монохромного изображения с шириной линий в один пиксель. Скелетное представление изображения используется затем для выделения характеристик (признаков) изображения, для их последующего использования на этапе распознавания.

Анализ методов скелетонизации изображения

Одним из распространенных методов решения этой задачи является алгоритм Зонге-Суня, который заключается в следующем. На изображении последовательно выбирается по 9 точек (области 3x3), которые индексируются согласно (1):

$$\begin{array}{ccc} P_1 & P_2 & P_3 \\ P_8 & P_0 & P_4 \\ P_7 & P_6 & P_5 \end{array} \quad (1)$$

Далее проводится удаление избыточных точек на юго-восточной границе и северо-западных угловых точках посредством следующих шагов:

Шаг1. Проверка условия, что черных точек в выделенной области больше одной:

$$2 \leq \sum_{i=1}^8 P_i \leq 6. \quad (2)$$

Если условие (2) выполняется, то проверяем условие:

$$A(P_i) = 1, \quad (3)$$

где $A(P_i)$ – число конфигураций 01 в последовательности $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$, замыкая цепочку на P_1 , т.е. вокруг пиксела P_0 существует один переход от 0 к 1. Тогда

$$P_2 P_4 P_6 = 0, \quad (4)$$

$$P_4 P_6 P_8 = 0. \quad (5)$$

Шаг 2. Удаление избыточных точек на северо-западной границе и юго-восточных углов точек проходит аналогично шагу 1, только

$$P_2 P_4 P_8 = 0, \quad (6)$$

$$P_2 P_6 P_8 = 0. \quad (7)$$

На практике данный метод не всегда дает достаточно точный результат, и полученный скелет требует дополнительной обработки для дальнейшего выделения признаков: удаление коротких линий, объединение близких точек, исключение малых внутренних контуров.

Для получения более точного скелета изображения, по которому можно сразу же выделить признаки, в работе предлагается гибридный метод, объединяющий алгоритм Зонге-Суня с иммунным подходом.

Гибридный метод

Искусственная иммунная система в данном случае представляет собой популяцию антител, где каждая клетка соответствует пикселю на изображении. Антитело представляет собой строку фиксированной длины [4]:

$$Ab_i = \langle x_1 \dots x_i \dots x_m, y_1 \dots y_i \dots y_m, c_1 \dots c_i \dots c_m, s_1 \dots s_i \dots s_m \rangle, \quad (8)$$

где $x_1 \dots x_i \dots x_m, y_1 \dots y_i \dots y_m, i = \overline{1, n}$ – координаты i точки из популяции размером n антител, каждая из которых кодируется m разрядами. $c_1 \dots c_i \dots c_m$ – цвет данной точки, $s_1 \dots s_i \dots s_m$ – выживаемость клетки.

Предложенный алгоритм состоит из следующих шагов:

1. К популяции антител применяется алгоритм Зонге-Суня, с тем отличием, что избыточные клетки не удаляются, а каждому антителу присваивается выживаемость.

2. Из популяции выбираются клетки с наихудшей выживаемостью и клонируются. Получаем популяцию клонов C .

3. В каждый клон вносится мутация, и как результат получаем популяцию C' .

4. Для каждого антитела со слабой выживаемостью из популяции Ab вычисляется аффинность с каждой клеткой из C' как Хэммингово расстояние.

5. В соответствии с полученными аффинностями на шаге 4, в популяции антител Ab проводится замена клеток с худшей аффинностью клонами [2].

6. Проверка критерия останова (количество поколений), если критерий достигнут, то из популяции удаляются клетки с наихудшей

выживаемостью[6] и алгоритм останавливается, если нет, то – возвращаемся к шагу 1.

Результаты экспериментальных исследований

Исследования проводились на монохромном изображении размером 100x100 точек на примере распознавания буквы «П» (рисунок 1). Анализ результата скелетонизации методом Зонге-Суня показал, что в углах имеются разрывы, из-за чего усложняется выделение признаков.

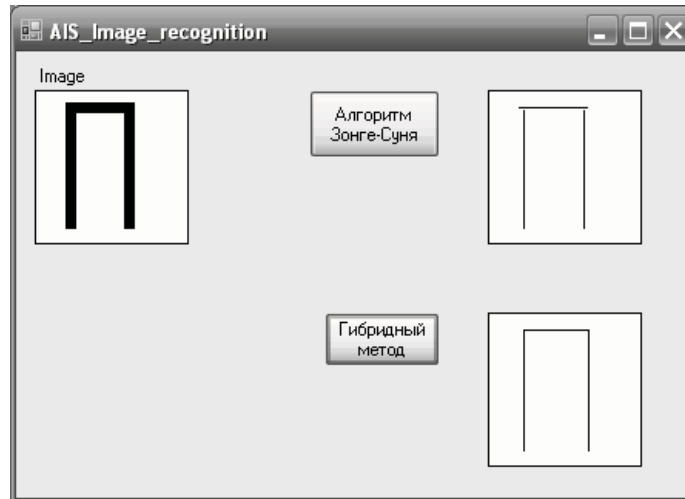


Рисунок 1 – Результаты экспериментальных исследований

При реализации гибридного алгоритма применялось следующее кодирование антител: по одному байту – на координаты, один бит на цвет ($\{0;1\}$ - белый или черный, соответственно), 3 бита для задания выживаемости клетки. Порог аффинности был принят равным 0.9. Выживаемость, устанавливаемая алгоритмом Зонге-Суня – $\{0;1\}$ (избыточна клетка или нет). Вносимая мутация лежит в пределах от 1 до 5.

Выводы

В работе был рассмотрен первый этап задачи распознавания образов – подготовка изображения к выделению признаков (скелетонизация). Проанализирован алгоритм скелетонизации Зонге-Суня, который имеет следующий недостаток – построенный скелет имеет разрывы и требует дополнительной обработки, прежде чем становится возможным выделение признаков для распознавания. Предложен гибридный метод, который объединяет алгоритм скелетонизации Зонге-Суня и иммунный подход. Данный алгоритм позволяет улучшить качество скелета изображения, что дает

возможность сразу выделить на нем признаки для распознавания без дополнительной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Artificial Immune Systems: A Novel Approach to Pattern Recognition. L.N de Castro and J Timmis. In L Alonso J Corchado and C Fyfe, editors, Artificial Neural Networks in Pattern Recognition, pages 67-84. University of Paisley, January 2002.
2. K. Igawa and H. Ohashi. Discrimination-based Artificial Immune System: Modeling the Learning Mechanism of Self and Non-self Discrimination for Classification. Journal of Computer Science 3(4):204-211, 2007
3. Biological Inspiration for Artificial Immune Systems Jamie Twycross and Uwe Aickelin Proc. of the 6th International Conference on Artificial Immune Systems, Santos/SP, Brazil, August 2007
4. Zhou Ji, Dipankar Dasgupta. V-Detector : An Efficient Negative Selection Algorithm with Probably Adequate Detector Coverage.. In Special Issue of Information Science on Artificial Immune Systems.Tadeusz Burczynski (Guest Editor). Elsevier, December, 2008.
5. Y. Cao, D. Dasgupta, A. Ghose Ed., S. Tsutsui Ed.. An Immunogenetic Approach in Chemical Spectrum Recognition. Springer-Verlag, 2003. 897-914. from the book "Advances in Evolutionary Computation"
6. Z. Ji, D. Dasgupta. Augmented Negative Selection Algorithm with Variable-Coverage Detectors. Congress on Evolutionary Computation. Portland, Oregon: June, 2004.