

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНЫХ КЛЕТОК ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Каргин А.А.¹⁾, Доценко И.А. Пятикоп Е.Е.²⁾

¹⁾Донецкий национальный государственный университет

²⁾ Приазовский государственный технический университет

Описуються етапи розпізнавання зображень методами когнітивних наук. Розглядається перший етап – представлення зображення на клітинному рівні. Пропонується нечітка модель релейної клітки.

Введение. Компьютерное зрение требуется в самых различных сферах человеческой жизни. Такие системы необходимы на производстве для отслеживания развития технологических процессов, в медицине, где получение, обработка и расшифровка изображений позволяет более точно поставить диагноз и контролировать ход хирургических операций, в робототехнике для ориентации в пространстве и навигации. Помимо этого анализ изображений выполняется в системах видеонаблюдения, а также для обеспечения взаимодействия человека и компьютера при помощи голоса, жестов и движений.

Одной из наиболее важных проблем разработки систем компьютерного зрения является задача распознавания изображения. Актуальной задачей на сегодняшний день остается задача распознавания лица человека на изображении, но помимо этого решаются также задачи распознавания дорожных знаков [1], контуров губ [2], символов и другие. Процесс распознавания традиционно включает такие этапы: преобразование исходного изображения в начальное представление (может включать в себя как предобработку, так и математические преобразования); выделение ключевых характеристик; классификацию объекта.

Анализ литературных источников показал, что для решения этой задачи применяются такие средства как линейный дискриминантный анализ, факторный анализ, фильтры, метод главных компонент, скрытые Марковские модели, нейронные сети и другие [3-5]. Параллельно с ними исследуется возможность применения методов когнитивных наук [6-8].

В когнитивной психологии на основе наблюдений за человеком за длительный период предложены и апробированы экспериментально модели организации практически всех когнитивных функций

человека: восприятие зрительной, звуковой информации, организация памяти разных уровней [8-9].

Эти знания дают возможность моделировать строения восприятия глаза человека и применять полученные модели для обработки изображения. Использование такого подхода позволяет представить изображение в виде моделей отдельных элементов. Тогда можно говорить не только о решении задачи обнаружения или локализации объекта, но и об определении его элементов. Результат структурирования изображения в виде моделей элементов служит основой для понимания объекта в общем, поскольку определение (классификация) элементов изображения создает дополнительный уровень знаний, на основе которых можно судить об объекте в целом. Применение этого способа можно разбить на такие этапы обработки изображения:

1. представление изображения на клеточном уровне;
2. структурирование изображения на уровне ячеек;
3. интерпретация изображения с помощью модели ситуационного логотена.

В настоящей статье рассматривается первый этап. Целью моделирования является получение нечеткой модели представления изображения на клеточном уровне.

Модель релейной клетки. В основу модели положена работа ганглиозные клеток зрительной системы, которые отвечают за определение контура. Как правило, мы видим контуры тогда, когда примыкающие друг к другу поверхности освещены по-разному. Для некоторых ганглиозных клеток, если свет попадает на маленькую область сетчатки, будет отмечаться увеличение частоты генерации разрядов (ON -центр). Но если свет падает на область вокруг этого чувствительного центра, частота генерации разрядов снижается. Свет, падающий в отдалении от центра, вообще не вызывает никакой реакции (OFF- центр). Эти клетки известны как релейные [8-9].

По аналогии работы описанных клеток представим исходное пиксельное поле P в виде множества клеток K_j . Каждая клетка сформирована на множестве пикселей $\{p_i\}$ начального изображения и состоит из ядра и полости, модель клетки показана на рисунке 1.

Каждый пиксель p_i характеризуется величиной яркости f , которая принимает значение из промежутка $[0,1]$.

Характеристикой ядра является радиус Rk , а характеристикой полости – Rc . Размер этих величин определяется в зависимости от

размера исходного изображения или задается перед процессом моделирования.

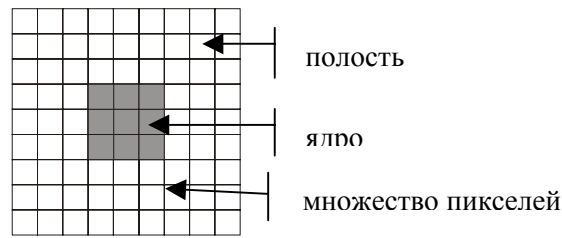


Рис. 1 – Модель релейной клетки и ее характеристики

Для каждой клеток K_j необходимо определить принадлежность к каждому из типов, показанных на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модели релейных клеток разных типов:
а) тип «включено» (ON), б) тип «выключено» (OFF)

Поскольку фрагменты изображения не будут однозначно соответствовать приведенным типам, то принадлежность к конкретному типу будет иметь нечеткий характер. Тогда характеристиками каждой клетки являются функция уверенности $\theta(K_j)$, которая показывает величину принадлежности K_j клетки к типу «включено» (ON) и функция уверенности $\varphi(K_j)$, которая показывает величину принадлежности K_j клетки к типу «выключено» (OFF). При этом значение величин определяется в промежутке $[0, 1]$.

Таким образом, основными параметрами модели клетки являются:

- множество функций яркостей $f(p_i)$ пикселей;
- радиус ядра Rk ;
- радиус полости Rc ;
- множество пикселей $Pk \in \{pk_i\}$ принадлежащих ядру радиусом Rk ;
- множество пикселей $Pc \in \{pc_i\}$ принадлежащих полости радиусом Rc ;
- θ – значение активности клетки типа «ON»;

- φ – значение активности клетки типа «OFF»;
- функция принадлежности $\mu_{ON}(\theta_j)$ клетки к типу «ON»;
- функция принадлежности $\mu_{OFF}(\varphi_j)$ клетки к типу «OFF»;

Определение функций принадлежности $\mu_{ON}(\theta_j)$ и $\mu_{OFF}(\varphi_j)$ показано на рисунке 3.

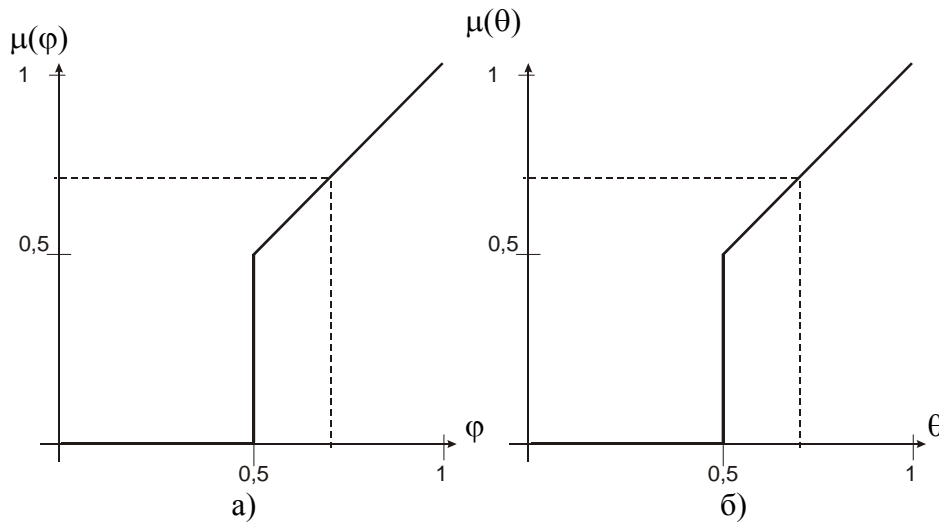


Рисунок 3 – Графики функций принадлежности
а) для клетки типа «OFF», б) для клетки типа «ON»

Величина θ_j рассчитывается по формуле (1), а φ_j по формуле (2)

$$\theta_j = \frac{1 - \chi(Pk) + \chi(Pc)}{2} \quad (1)$$

$$\varphi_j = \frac{1 - \chi(Pc) + \chi(Pk)}{2} \quad (2)$$

где величина $\chi(Pk)$ показывает насколько белое ядро, а $\chi(Pc)$ – насколько белая полость и рассчитывается по формуле (3).

$$\chi(R) = \frac{\sum_{p \in R} f(p_i) - n \cdot \min(f(p_i))}{\delta \cdot n}, \quad (3)$$

где $R \in \{Pk, Pc\}$, n - количество пикселей области R ,

для $R \in Pc$ $n = (2 \cdot Rc)^2 - Rk^2$, $R \in Pk$ $n = Rk^2$, $\delta = \max(f(p_i)) - \min(f(p_i))$

$\min(f(p_i))$ - минимальное значение функции яркости;

Определение наличия фрагмента контура в ячейке возможно в случае активизации детектора края или полосы, которые формируются из групп клеток противоположных типов. Так детектор края активизируется, если группа клеток типа «ON», расположенных в некотором направлении, граничит с клетками типа «OFF» с любой из сторон. Детектор полосы имеет место, если группа клеток типа

«ON», расположенных в некотором направлении, обрамлена с обеих сторон клетками типа «OFF». [9-10]. В связи с этим для каждой клетки K_j имеются также характеристики:

- α – величина участия клетки K_j в активизации детектора полосы;
- β – величина участия клетки K_j в активизации детектора края.

Значение α_i и β_i засчитываются по формулам (4) и (5) соответственно:

$$\alpha_i = \frac{\mu(\varphi_{i-1}) + \mu(\theta_i) + \mu(\varphi_{i+1})}{3} \quad (4)$$

$$\beta_i = \frac{\mu(\theta_i) + \mu(\varphi_{i+1})}{2} \quad (5)$$

Выводы. Для проведения экспериментов разработан инструментальный комплекс, позволяющий обрабатывать изображения с целью получения нечетких характеристик направлений фрагментов контура в ячейках. В ходе экспериментов были использовались изображения с разрешением 72 точки на дюйм, размером от 100x100 пикселей и выше. Изображения представляли собой различные фигуры в черно-белой палитре, а также градации серого до 8 бит.

Результаты положительной проверки описанной модели позволяют перейти к следующему этапу моделирования.

Литература

1. Применение поведенческой модели зрения для инвариантного распознавания лиц и дорожных знаков / Шапошников Д.Г. и др.; Режим доступа: http://nisms.krinc.ru/papers/neurocomp2002_vision.htm - название экрана.
2. Чтение по губам: распознавание контуров губ / Солдатов С. А.; Лаборатория компьютерной графики, ВМК МГУ, Режим доступа: graphics.cs.msu.ru/publications/text/loi2002sss – название экрана.
3. Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы / Брилюк Д., Старовойтов В.; Публикации Daily.Sec.ru, Режим доступа: <http://daily.sec.ru/dailypblshow.cfm?rid=5&pid=4425&pos=1&stp=50> – название экрана.
4. Доклады IX всероссийской конференции Математические методы распознавания образов // Российская академия наук вычислительный центр при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, «АЛЕВ-В», Москва 1999, стр. 271
5. Обнаружение и локализация лица на изображении/ Вежнев В., Дегтярева А.; Научно-образовательный сетевой журнал «Графика и Мультимедиа», Режим доступа: <http://cgm.graphicon.ru/content/view/40/28/> – название экрана.
6. A Biological Neural Network of Visual Cell Responses: Static and Motion Processing / Journal of the Brazilian Computer Society; Режим доступа http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-65001997000200002&script=sci_arttext&tlng=en – название экрана.
7. Learning to See: Genetic and Environmental Influences on Visual Development Bednar, J. A. / The University of Texas at Austin Режим доступа: www.iovs.org/cgi/reprint/18/5/524.pdf –название экрана
8. Андерсон Дж. «Когнитивная психология. 5-е изд.» – СПб.: Питер, 2002. – 496с. Серия «Мастера психологии»
9. Солсо «Когнитивная психология» – СПб.: Питер, 2002. – 592с.

Работа поступила в редакцию 05.06.07.