

Комп'ютерна графіка, візуалізація та обробка зображень

УДК 004.93

О.Л. Вовк, канд. техн. наук, доц.,
ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет", г. Донецк, Украина
vovk.olga@gmail.com

Учет особенностей строения сетчатки глаза человека для выделения контуров объектов изображений

В данной работе подход к выделению контуров объектов изображений основан на принципах формирования зрительного образа в углублении сетчатки глаза человека. Предлагаемый метод моделирует возбуждение нейронов сетчатки на слоях фоторецепторов, горизонтальных, биполярных, амакриновых и ганглиозных клеток. Полученные результаты выделения контуров рассматриваемым методом сравниваются с результатами работы метода Собеля.

Ключевые слова: сетчатка, фоторецепторы, распознавание изображений, зрительный аппарат человека.

Введение

Проблема выделения контуров объектов возникает во многих сферах: при автоматизированном контроле и управлении, при дефектоскопическом контроле изделий, при считывании графической и символической информации, при медицинской диагностике и т.д.

В данной работе предлагается рассмотреть строение и особенности сетчатки глаза человека, которые могут использоваться при построении модели зрительного анализатора для распознавания контуров объектов изображений.

Цель работы – разработка подхода к выделению контуров объектов изображений, основанного на учете особенностей строения зрительного анализатора человека.

Задачами исследования являются:

- обзор строения зрительного анализатора человека;
- выделение особенностей сетчатки для идентификации контуров объектов;
- разработка системы распознавания контуров объектов на уровне сетчатки;
- анализ результатов выделения контуров объектов предложенным методом и методом Собеля.

Строение зрительного анализатора человека

Глаз – орган зрения, весьма сложный орган чувств, воспринимающий действие света [1]. Глаз человека раздражается лучами определенной части спектра (на него действуют электромагнитные волны длиной от 400 до 800 нм).

Глаз состоит из двух основных систем: оптической системы светопреломляющих сред (роговица, водянистая влага передней камеры глаза, хрусталик и стекловидное тело) и рецепторной системы сетчатки [1].

Упрощенно формирование зрительного образа можно записать в виде [2-4]: хрусталик глаза фокусирует свет, падающий на матрицу фоторецепторов в сетчатке, в которой фотоны преобразуются в электрические сигналы, передаваемые по зрительному нерву в мозг.

Стоит отметить, что значительная часть предварительной обработки зрительной информации проводится на уровне сетчатки. Специализированные нейроны, размещенные внутри сетчатки, выделяют контуры объектов, реагируют на движение, передают информацию о свете и тенях [2,4].

Рассмотрим подробнее строение сетчатки зрительного анализатора. Основные понятия и определения приведены в [2,3], остановимся на базовых моментах.

Сетчатка находится на внутренней поверхности глазного яблока и представляет собой сложную сеть фоторецепторов и нервных клеток, которые преобразуют световую энергию в нейронную активность. В основе сетчатки фоторецепторы двух типов: палочки (в основном находятся на периферии, отвечают за информацию без учета цвета) и колбочки (основное расположение – центральная ямка, цветная информация).

До попадания в фоторецепторы свет проходит через сплетение нервных волокон, кровеносных сосудов и эпителиальных клеток. Сетчатка «вывернута наизнанку».

Центральный участок сетчатки с углублением, через который проходит зрительная линия,

называется областью фовеа. В этой области от каждой колбочки отходит одно волокно к зрительному нерву (в периферийной части сетчатки одно волокно соединяется с рядом палочек и колбочек). Эта ямка содержит 4-5 тыс. колбочек [2].

Общая схема размещения клеток слоев сетчатки в фовеа приведена на рис.1 [5]. На рис.1 представлена структура центральной ямки сетчатки – области наиболее ясного видения.

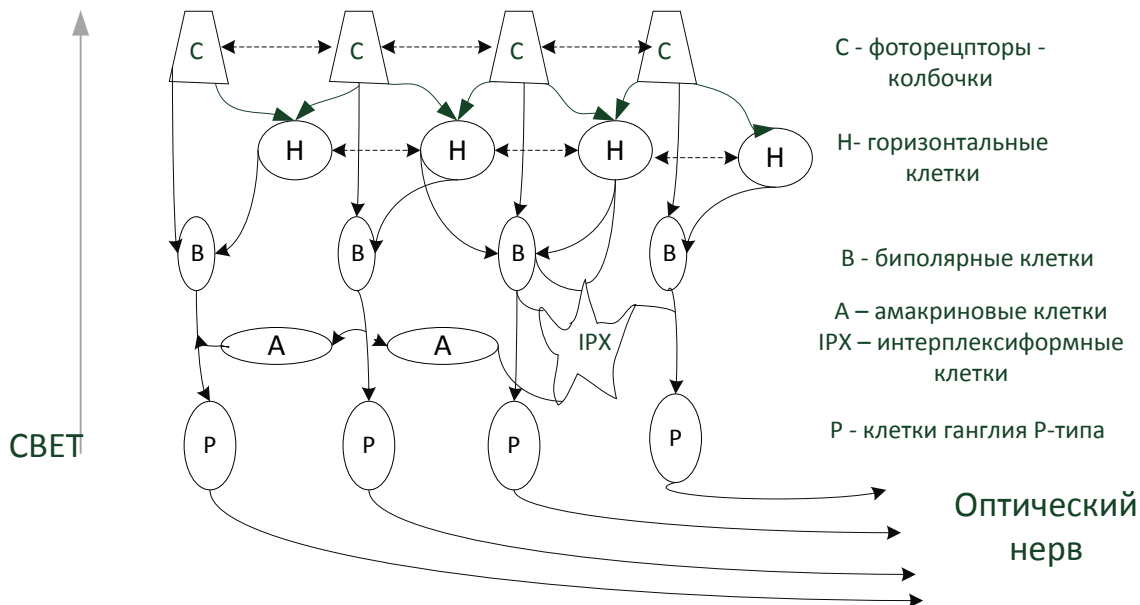


Рисунок 1 – Общая структура центральной части сетчатки

Стоит отметить, что на периферии сетчатки количество биполярных и ганглиозных клеток значительно меньше, чем количество фоторецепторов, т.е. каждая клетка получает сигнал от большого числа палочек и происходит суммация сигналов (результатирующий сигнал меньше суммы единичных сигналов).

По вертикали фоторецепторы связаны с биполярными клетками, связывающими фоторецепторы и ганглиозные клетки. В зависимости от того какой сигнал получили фоторецепторы – освещения или затемнения, возможно два варианта рецептивных полей вокруг биполярных клеток – с on-центром или с off-центром (рис. 2).

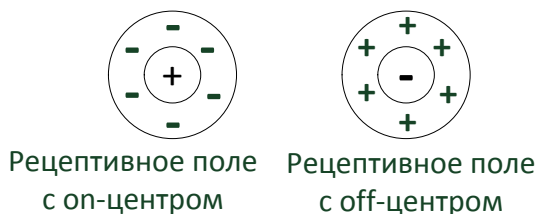


Рисунок 2 – Возможные варианты рецептивного поля биполярной клетки

Ответ биполярных клеток определяется тем – каков их вход: короткий (от одного или нескольких фоторецепторов) или длинный (через

горизонтальные клетки) [6-8]. Биполярная клетка получает сигнал от рецептора (рецепторов, в случае периферии сетчатки) и от окружения рецептора через горизонтальные клетки. Горизонтальные клетки (как и амакриновые) принято считать тормозными нейронами, которые обеспечивают латеральное торможение между биполярными и ганглиозными клетками.

Латеральное торможение – нестандартный тип торможения, который позволяет выделить края тени, если есть перепад освещенности.

Амакриновые клетки – клетки без аксонов, классифицируются по типам ветвления их дендритных деревьев.

Интерплексиформные клетки опосредуют взаимодействие между внешней и внутренней частями сетчатки, они обеспечивают обратную связь, чтобы уменьшить спаривание горизонтальных клеток [8].

Стоит отметить, что в рассмотренной схеме (рис.1) представлены ганглиозные клетки только Р-типа, однако, также существуют ганглиозные клетки М-типа, которые находятся на периферии сетчатки и при возбуждении демонстрируют короткий выброс активности и быстро «затухают». Вероятное назначение этих клеток – идентификация движения [3].

Метод выделения контуров на изображениях

Предлагаемый метод выделения контуров объектов изображений можно условно представить в виде схемы, приведенной на рис.3

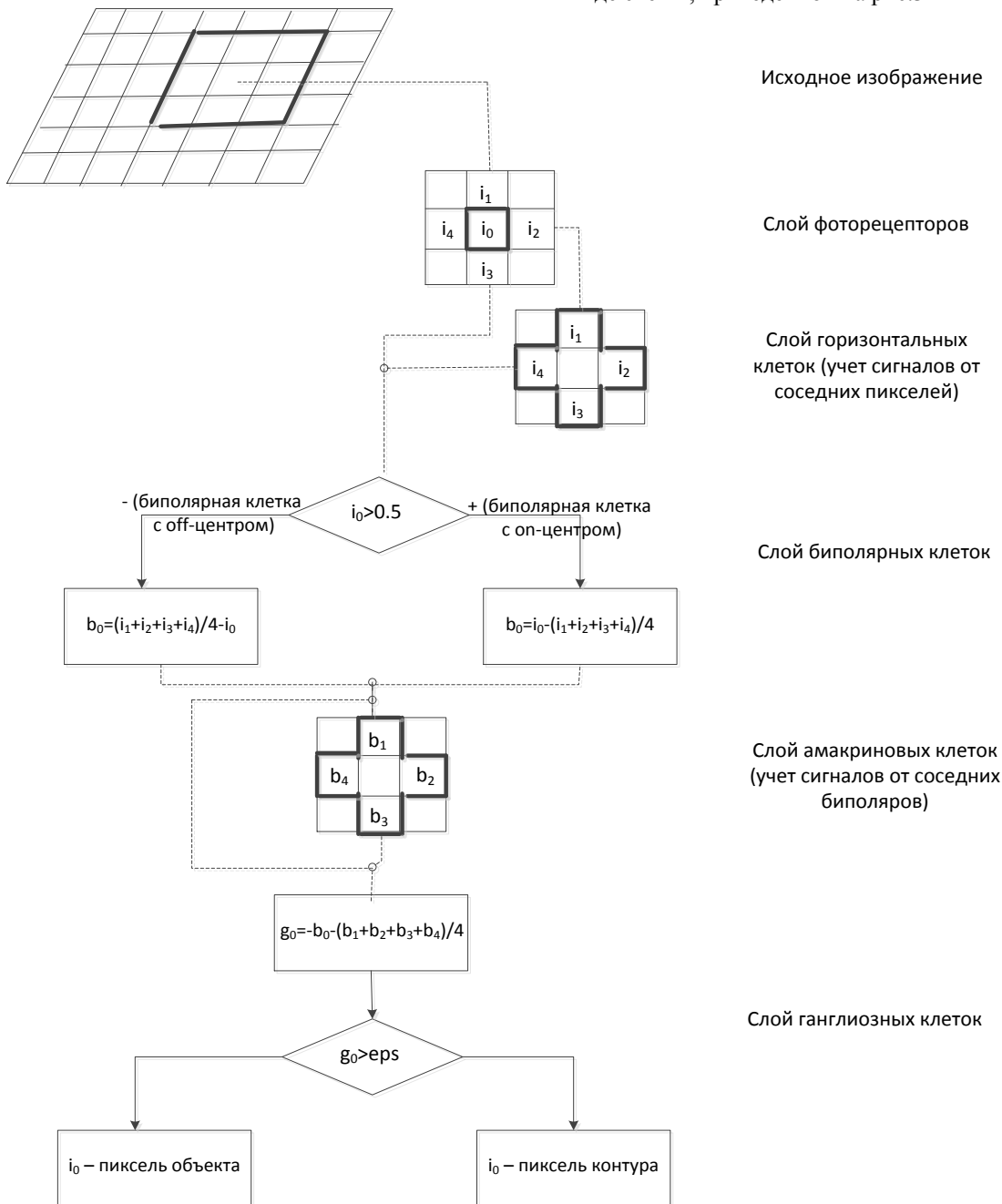


Рисунок 3 – Условная схема метода выделения контуров

Пусть исходное изображение I (размером M на N пикселей) задано матрицей характеристик яркости (для упрощения будем использовать модель без учета характеристик цвета). Предполагаем, что каждому пикселю изображения соответствует фоторецептор на центральной ямке сетчатки. Рассмотрим обозначения, введенные на рис.3:

- i_0 – яркость анализируемого пикселя;

- $i_1- i_4$ – яркость окружения (соседних пикселей);
- b_0 – выходной сигнал биполярной клетки для анализируемого пикселя;
- $b_1- b_4$ – выходные сигналы биполярной клетки пикселей окружения;
- g_0 – выходной сигнал ганглиозной клетки для анализируемого пикселя;

- eps – параметр метода, підбираемый експериментально в зависимости от разброса яркостей и энтропии анализируемого изображения.

Для экспериментов, проведенных в следующем разделе статьи, параметр eps соответствует среднему значению яркости исходного изображения.

Визуальные результаты работы метода

Для оценки работы предложенного метода выделения контуров изображения было проведено сравнение визуальных результатов его работы с визуальными результатами работы метода Собеля [9]. Примеры работы методов для изображений с разной энтропией приведены на рис. 4.

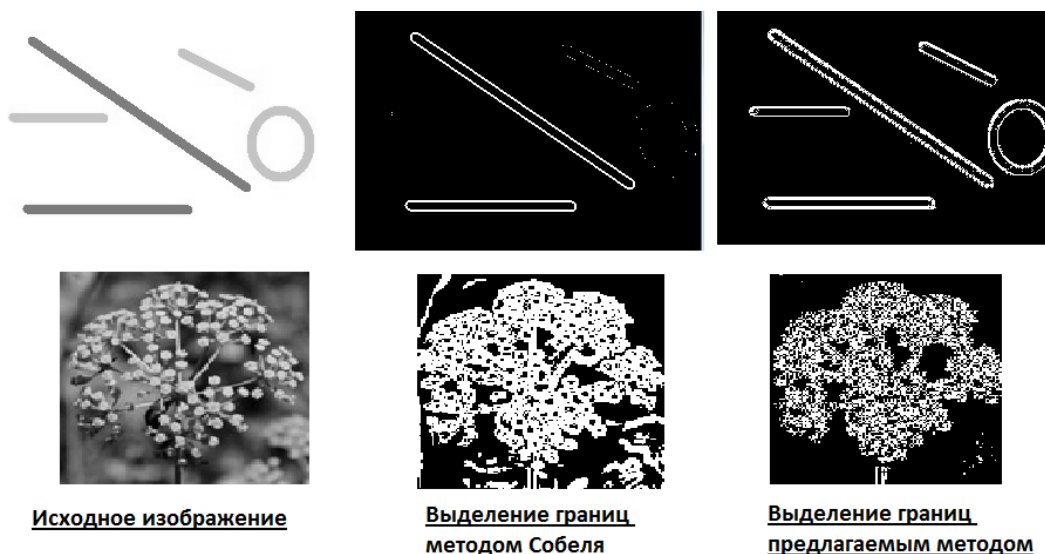


Рисунок 4 – Визуальные результаты работы предлагаемого метода

Как видно из примеров, приведенных на рис.4, при учете особенностей сетчатки для выделения контуров мы получаем результаты, менее зависимые от уровня яркости объектов.

Заключение

В данной работе мы рассмотрели подход к выделению контуров объектов изображений, в основе которого учет особенностей формирования зрительного образа объекта в центральной области сетчатки человека. Предлагается моделировать основные слои нейронов сетчатки (фо-

торецепторы, горизонтальные, биполярные, амакриновые и ганглиозные клетки) для выделения контуров объектов. Рассматривается разделение биполярных клеток на два класса – с оп-центром и с off-центром.

Научная новизна предложенного метода заключается в использовании особенностей центральной области сетчатки человека для распознавания контуров.

Дальнейшее направление исследований связано с минимизацией шумов внутри основного контура объекта.

Список литературы

1. Гальперин С.И. Физиология человека и животных: [учебное пособие для университетов и пед. институтов] / С.И. Гальперин. – М.: Высшая школа, 1977. – 653 с.
2. Боюн В.П. Зоровий аналізатор людини як прототип для побудови сімейства проблемно-орієнтованих систем технічного зору / В.П. Боюн // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Іскусственный интеллект. Интеллектуальные системы. ИИ-2010». Т.1., 2010. – С. 21-26.
3. Харви Ричард Шиффман. Ощущение и восприятие / Х.Р. Шиффман. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с.
4. Верблин Ф. Кино в наших глазах / Ф. Верблин, Б. Роска // В мире науки. - 2007. - №7. – С. 28-35.
5. Samir Shah. Visual Information Processing in Primate Cone Pathways – Part I: A Model / Samir Shah, Martin D. Levine // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B: Cybernetics. – 1996. – vol.26, no.2. - PP. 259-274.
6. Golish T. Eye Smarter than Scientists Believed: Neural Computations in Circuits of the Retina / T. Golish, M. Meister // Neuron. – 2010. - vol.65, IS.2. — PP. 150-164.

7. Boycott B.B. Organization of the Primate Retina: Light Microscopy / B.B. Boycott, J.E. Dowling // Philosophical Transaction of the Royal Society of London. – Series B, Biological Sciences. – 1969. – vol. 255, is. 799. – PP.109-184.

8. Сетчатка // Электронный журнал «Биология и медицина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://medbiol.ru/medbiol/phus_ner/0008db2b.htm#0004a91e.htm.

9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

Надійшла до редакції 30.06.2013

О.Л. ВОВК

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДОВИ СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ ЗОБРАЖЕНЬ

В даній роботі підхід до виділення контурів об'єктів зображень побудовано на принципах формування зорового образу в поглибленні сітківки ока людини. Метод, що запропоновано, моделює збудження нейронів сітківки на шарах фоторецепторів, горизонтальних, біполярних, амакринових та гангліозних клітин. Результати виділення контурів, які отримано запропонованим методом, порівнюються з результатами роботи метода Собеля.

Ключові слова: сітківка, фоторецептори, розпізнавання зображень, зоровий апарат людини.

O.L. VOVK

Donetsk National Technical University

CONSIDERING HUMAN EYE RETINA FEATURES FOR IMAGE OBJECTS CONTOURS DETECTION

Recognition of image objects contours is an important task in many areas of our lives. Most often this problem is solved in the analysis of medical images, in flaw detection in the workplace, in reading graphic and symbolic information.

In this paper a new method of image objects contours detection is described. This method is the modeling of human eye retina features. The considered approach consists in imitation of the basic layers of the retina's central area. We consider the following layers: photoreceptors, horizontal cells, bipolar cells, amacrine cells and ganglion cells. It should be noted that the proposed model considers only the central area of the retina, where each photoreceptor has an almost straight connection with the ganglion cells. The method considers the features of horizontal cells, which have an inhibitory effect on bipolar cells. We analyzed two types of bipolar cells – those with an on-center and with an off-center. These types of cells correspond to illumination and darkening of the central area photoreceptors respectively. The input data for this method are the pixels of the original image, given with brightness characteristics. The transformations result in a black-and-white image, where white pixels correspond to the image object's contour.

Visual comparison of the results obtained using the proposed method and the Sobel method showed the advantage of the developed method for object contours detection with small changes in brightness. The presence of small noises within the contours should be mentioned as a drawback of the new method. Our further study will be focused on improving the method by providing closed contours and minimizing the noise in the contour.

Key words: retina, photoreceptors, images recognition, human visual system.