

## А.В. КУГАЕВСКИХ

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирский государственный университет  
a-kugaevskikh@yandex.ru

### РЕЦЕПТИВНЫЕ ПОЛЯ НЕЙРОНОВ БИОЛОГИЧЕСКИ-ПОДОБНОЙ НЕЙРОСЕТИ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ\*

Рассматривается задача формирования рецептивных полей нейронов в биологически-подобной нейросети сегментации. Предлагаются модели простых и сложных нейронов для выделения линий и углов, а также областей с разной ориентацией. Также предложена модель нейрона конца линий и модели нейронов одинарного и двойного оппонирования. Модели нейронов составлены с учетом использования пространства СIE  $L^*a^*b^*$ .

**Ключевые слова:** сегментация, выделение краев, фильтр Габора, нейрон конца линий, цветовое оппонирование.

Проектируемая биологически-подобная нейронная сеть сегментации изображений основывается на архитектуре сверточных сетей. Отличительной особенностью нашей разработки является использование цветового пространства СIE  $L^*a^*b^*$ , которое наложило ограничения на используемые в качестве рецептивных полей функции в области цветовой сегментации.

Процесс выделения краев традиционно состоит из двух слоев, на первом слое выделяются короткие линии и небольшие области, на втором слое – сочетания линий и углы, а также области.

Первый слой составляют простые клетки четырех типов. Первые два

типа нейронов реагируют на линии предпочтительной ориентации  $\theta$ . Их

рецептивные поля формируются с помощью фильтра Габора [1].

---

\* Данная работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-37-00029.

Равномерная заливка рецептивного поля такого нейрона дает очень близкое к нулю значение.

Нейроны следующих типов необходимы для определения зон перепада яркости, причем для формирования рецептивного поля также должна применяться гладкая функция, чтобы учесть такие моменты, как размытие в условиях тумана и нахождение теней. По этой причине рецептивное поле конфигурируется с помощью гиперболического тангенса.

Нейроны первого слоя дают близкую по значению активацию для линий в пределах  $\pm 20^\circ$  отклонения от предпочтительной ориентации. Второй слой составляют сложные клетки, реагирующие на сочетания линий, углы и многоугольники. Нейроны второго слоя получают входы от соответствующих по типу нейронов первого слоя. Эти связи являются обучаемыми. Обучение производилось с помощью обратного распространения ошибки.

Нейроны, реагирующие на конец линии [2], играют большую роль в выделении кривых, повышая точность обработки, так как всегда есть вероятность ошибки работы сложных клеток выделения углов и линий. В данной работе предлагается использовать простые клетки, но находящиеся в противофазе. Нейрон конца линий представляет собой сумму активаций простых клеток с одинаковой ориентацией. Продолжение линии в пределах рецептивного поля нейрона, находящегося в противофазе к другому нейрону, приведет к уменьшению активации. Таким образом, используются данные от простых клеток выделения линий. Размер рецептивного поля нейрона конца линий также составляет  $13 \times 13$  пикселей. Благодаря использованию фильтра Габора сохраняется чувствительность модели нейрона конца линий к изменению контраста.

В качестве основной модели нейрона одинарного оппонирования предлагается модель, основанная на разнице гауссиан с разным размером рецептивного поля. Ядра фильтров Гаусса, лежащие в основе этих нейронов, имеют разные размеры и формулы. Размер центральной зоны  $3 \times 3$  пикселя, кольца –  $7 \times 7$  пикселей.

$$G_c^k = \exp\left(\frac{-x^2 + y^2}{2\sigma_c^2}\right) (-1)^k$$

$$G_r^k = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-x^2 + y^2}{2\sigma_r^2}\right) (-1)^k$$
(1)

где  $k$  показывает on ( $=2$ ) и off-зону ( $=1$ ),  $\sigma_c = 0.6$ ,  $\sigma_r = 1.54$ .

*Список литературы*

1. Kruizinga P., Petkov N. Nonlinear operator for oriented texture // IEEE Transactions on Image Processing. 1999. Vol. 8, № 10. P. 1395–1407.
2. Hubel D.H. Eye, brain, and vision. New York: Scientific American Library : Distributed by W.H. Freeman, 1988. 240 p.