

**Psychofizical structure of visual operator**  
**Bessarabova E.<sup>1</sup>, Glotova N.<sup>2</sup>**  
**Психофизическая структура сенсорного оператора**  
**Бессарабова Е. В.<sup>1</sup>, Глотова Н. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Бессарабова Елена Витальевна / Bessarabova Elena Vitalievna – кандидат технических наук, доцент,  
кафедра начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики,

Политехнический институт;

<sup>2</sup>Глотова Наталья Владимировна / Glotova Natalya Vladimirovna – преподаватель физики,

Севастопольский морской колледж,

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

**Аннотация:** в статье рассмотрены основные принципы формирования сетчаточного изображения и факторы, которые влияют на результат формирования изображения. В ходе исследования установлено, что к таким факторам, при зрении без патологий, могут быть отнесены следующие показатели: уровень освещенности воспринимаемого объекта; колориметрические параметры воспринимаемого объекта; реакция зрачка на колориметрические параметры и степень освещенности; неравномерность плотности клеток сетчатки.

**Abstract:** the article describes the basic principles of the retinal image and the factors that affect on the result of the imaging. The study found that to such factors can be assigned the following indicators: the level of illumination of the perceived object; the color of the perceived object; the reaction of the pupil on the colorimetric parameters and degree of illumination; unevenness cell density retinal.

**Ключевые слова:** иррадиационное поле, сетчатка, освещенность, восприятие, сенсорный оператор.

**Key words:** radiation field, the retina, light, perception, sensor operator.

Под сенсорным оператором понимается совокупность составляющих: оптическая система человеческого глаза; нервная система, обрабатывающая физический сигнал, поступающий на сетчатку; нервная система, передающая импульс от клеток сетчатки далее для обработки изображений структурами головного мозга. Сенсорный оператор система самодостаточная, но непосредственно зависящая от внешних раздражителей, которые в свою очередь и формируют само изображение.

В случае представления сенсорного оператора в виде каскада, он рассматривается как полиструктурный блок, состоящий из трех последовательно соединенных каскадов. Два из которых представлены линейными инвариантными системами, а третий – аналитической нелинейной функцией без пространственного рассеяния.

Линейный оператор входного каскада отражает оптическое несовершенство системы формирования сетчаточного изображения, то есть искажения, которым подвергается стимульное изображение, в процессе попадания его на поверхность сетчатки человеческого глаза. Функция линейного оператора является оптической передаточной функцией.

Нелинейная функция без пространственного рассеяния, которая разделяет два линейных инвариантных каскада, подразумевает под собой преобразование физического сигнала в электрический потенциал. То есть в данном случае нелинейная функция представляет реакцию, протекающую в фоторецепторах, и является локальной психофизической функцией.

После нелинейного преобразования следует линейный оператор выходного каскада. В его функцию входит отражение нейронных механизмов взаимодействия либо в сетчатке, либо на более высоких уровнях нервной зрительной системы. Данная функция является физиологической передаточной функцией.

Линейная одномерная передаточная функция идеальной оптической системы (глаза человека) определяется функциями 1 и 2.

$$O(f) = \left( \frac{2}{\pi} \arccos(u) - u\sqrt{1-u^2} \right), \text{ если } 0 < u < 1 \quad (1)$$

$$u = \lambda \cdot a^{-1} \cdot d \cdot \nu, \text{ если } u > 1 \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина волны;  $a$  – диаметр зрачка;  $d$  – расстояние от хрусталика до сетчатки;  $\nu$  – частота.

Данная функция преобразует точечный источник света на сетчатке в кольца Фраунгофера, кольца, образующиеся при дифракции света на круглом отверстии. Максимальный размер колец равен диаметру затухания и описывается формулой:

$$U(\Theta) = U_0 \left[ \frac{2U_1 \left( \frac{k a \sin \Theta}{2} \right)}{k a \sin \Theta} \right] \quad (3)$$

где  $U(\Theta)$  – интенсивность освещенности сетчатки в точке, которая определяется углом  $\Theta$ ;  $k$  – порядок картины рассеивания.

Формула 3 определяет интенсивность затухания в интерференционной картине при дифракции света на круглом отверстии. В соответствии с оптической физиологией процесс формирования изображения на сетчатке аналогичен процессу интерференции света при дифракции на круглом отверстии. К тому же формула для расчета радиуса дифракции колец аналогична формулам 4 и 5.

$$R_1 = \beta_1 \frac{\lambda}{a} = 1,22 \frac{\lambda}{a} \quad (4)$$

$$R_2 = \beta_2 \frac{\lambda}{a} = 2,44 \frac{\lambda}{a} \quad (5)$$

где  $R_1, R_2$  – радиусы первого и второго колец; коэффициенты,  $\beta_1, \beta_2$  – определяющие радиусы рассеивания дифракционной картины с учетом степени затухания.

Из формулы 3 вытекает, что интенсивность освещенности в кольцах Фраунгофера распределена неравномерно. Интенсивность уменьшается по мере удаления от точки, на которую приходится падение луча. То есть в точке падения луча интенсивность возбуждения клеток сетчатки максимальна и уменьшается таким образом, что уже во втором кольце Фраунгофера составляет 2% от максимальной интенсивности.

Основываясь на ключевых параметрах, полученных экспериментальным путем, выведена зависимость между диаметром зрачка и уровнем освещенности воспринимаемого объекта:

$$a = 1,24(\log_{0,9} L), \quad (6)$$

где  $a$  – диаметр зрачка (в мм),  $L$  – яркость воспринимаемого объекта (в условных единицах от 0 до 1).

Таким образом, финальный размер поля иррадиации определяется формулой:

$$D = 2R_2 = 2 \frac{2,44\lambda}{1,24\delta(\log_{0,9} L)}, \quad (7)$$

где  $\delta$  – коэффициент диффузного отражения материала объекта (уровень блеска);  $L$  – яркость воспринимаемого объекта;  $a$  – диаметр зрачка.

Так же следует учесть тот факт, что рассматриваемое изображение в зависимости от дистанции наблюдения и собственных размеров может не укладываться полностью в области центральной ямки, где плотность клеток сетчатки максимальна. Плотность иррадиационного поля в областях центральной ямки и желтого пятна будет эквивалентна плотностям клеток сетчатки данных зон и распределяется следующим образом:

$$\rho_{P(Ц.Я)} = 242,2 \text{ (лин/мм}^2\text{)}; \quad (8)$$

$$\rho_{P(Ж.П)} = 106,05 \text{ (лин/мм}^2\text{)}, \quad (9)$$

где  $\rho_{P(Ц.Я)}$  – радиальная плотность иррадиационного поля в области центральной ямки;  $\rho_{P(Ж.П)}$  – радиальная плотность иррадиационного поля в области желтого пятна.

Рассматривая иррадиационное поле, создаваемое различными по цвету объектами, очевидно, что в дифракционной картине могут появляться области (черные кольца), которые не возбуждают клетки или более темные области, в которых возбуждение клеток не такое интенсивное. В отличие от всех хроматических цветов, ахроматические цвета в своей дифракционной картине могут совсем не содержать черных колец (как, например, белый цвет), а могут и состоять из целого черного кольца – как в случае для черного цвета. В этом случае, говоря про плотность, имеется в виду, что различное количество клеток, размещенных в кольцевых сегментах, приобретает возбужденное состояние. Для этой плотности введен термин «концентрическая плотность». Концентрическая плотность характеризует то количество клеток, которое втягивается в процесс формирования изображения при освещении сетчатки определенным цветом.

Математическое выражение плотности, создаваемой дифракционной картиной при освещении сетчатки различными цветами определяется выражением:

$$S_{КОЛЬЦА} = \pi(R_B^2 - R_M^2), \quad (10)$$

где  $S_{КОЛЬЦА}$  – площадь кольца;  $R_B$  – больший радиус кольца;  $R_M$  – меньший радиус кольца.

Площади светлых и темных колец в картине рассеивания изображения в общем виде рассчитываются по формуле:

$$S(\beta) = 2 \left( \frac{S_1 \pi \beta}{\pi^2} \right), \quad (11)$$

где  $\beta$  – коэффициент, который определяет значение экстремумов.

**Вывод:** дальнейшее исследование площадей темных и светлых колец в дифракционных картинах рассеяния даст возможность определить количество клеток, вовлеченных в процесс формирования изображения. Это в свою очередь позволит объяснить тот факт, что психоэмоциональная реакция на тот или иной цвет вызвана не только субъективными оценками, но и объективной реакцией нервной системы человека на физический раздражитель, обладающий определенными параметрами.

### *Литература*

1. *Бессарабова Е. В.* Анализ основных принципов восприятия объектов дизайна / Е.В. Бессарабова // Теоретические и практические проблемы развития современной науки. Сборник материалов 5-й международной научнопрактической конференции. Изд-во: Общество с ограниченной ответственностью «Апробация», 2014. С. 116-118.
2. *Бессарабова Е. В.* Геометро-физиологические особенности восприятия возникновения иррадиационных полей / Е. В. Бессарабова // Журнал «Перспективы науки». декабрь 2014. № 12 (63). С. 95 – 99.
3. *Бессарабова Е. В.* Психологический и психофизиологический аспекты восприятия объектов дизайна / Е. В. Бессарабова // Журнал «Глобальный научный потенциал». октябрь 2014. № 10 (43). С. 17-20.
4. *Вейль Г.* Симметрия / Г. Вейль; [Под ред. Розенфельда Б.А.]. М.: Наука, 1968. 191 с.
5. *Голицын Г. А.* Гармония и алгебра живого. В поисках биологических принципов оптимальности / Г. А. Голицын, В. М. Петров; под. ред. Голицына Г. А. – М.: Знание, 1990. 128 с.
6. *Кальоти Дж.* От восприятия к мысли / Дж. Кальотти. – М.: Мир, 1998. 221с.
7. *Фанц Р.* Восприятие формы / Восприятие. Механизмы и модели / р. Фанц; Пер. с англ. М.: Мир, 1974. С. 338 – 350.