

Е. А. ВОРОНЦОВ, В. М. МУСАЛИМОВ

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

Представлены теоретические основы оценивания динамической остроты зрения. Рассмотрены разработанные на их базе методы и средства оценки динамической остроты зрения и динамического восприятия пространства.

Ключевые слова: динамическая острота зрения, зрительный анализатор, техническое зрение, диадические шкалы.

Основную часть информации человек получает с помощью зрительного анализатора, понимаемого как система „глаз+мозг“. Посредством зрительного анализатора человек как в повседневной жизни, так и в профессиональной деятельности может оценивать наблюдаемые объекты, их объем, движение, расстояние между объектами, на основе чего формируется представление о трехмерности пространства.

Одной из важных характеристик зрения человека является способность зрительного анализатора воспринимать и различать детали движущихся объектов. Эта способность называется динамической остротой зрения (ДОЗ).

В настоящей статье описываются проблема оценивания динамической остроты зрения и технические средства ее оценки.

Общепринятые методы определения остроты зрения основаны на оценке способности зрения различать детали статических, высококонтрастных оптоотипов. Определенную таким образом остроту зрения называют статической. Как известно, острота зрения здорового человека условно равна единице: это способность глаза различить две светящиеся точки отдельно под углом 1'. Для исследования остроты зрения известны методы Снеллена, Головина — Сивцева, Ландольта, Монуайе, таблицы РОРБА [1].

К стандартным средствам определения остроты зрения [2] относятся таблицы оптоотипов. В настоящее время существуют средства автоматизации проверки остроты зрения, в частности проекторы оптоотипов. Для удобства работы проекторы снабжены горизонтальными и вертикальными масками для быстрого предъявления определенной строки, столбца или отдельного знака. Современные проекторы знаков характеризуются большим разнообразием масок, что играет существенную роль в процессе диагностики.

Как при диагностике нарушения функции зрения, так и при осмотре пациентов, профессиональная деятельность которых требует высокой остроты зрения, использование существующих методов связано с одним принципиальным ограничением: эти методы ориентированы на горизонтальную шкалу зрительного восприятия. При этом следует отметить, что данная шкала статична.

Таким образом, возникает актуальная задача разработки теории, методов и средств оценивания динамической остроты зрения.

Для получения образа естественного зрительного восприятия необходимо отобразить изображение на некоторую поверхность. Принимаем, что поверхностью для формирования естественного зрительного образа является боковая поверхность цилиндра [3—6], причем образующие цилиндра могут быть линейными и нелинейными. Однако это справедливо для динамического оптоотипа, рассматриваемого по одной координате (горизонт). Для формирования динамического оптоотипа по двум координатам (горизонт + вертикаль) поверхностью отображения будет тор (рис. 1), динамику которого можно описать с помощью следующего соотношения:

$$\Delta\theta_2 = 2\pi \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

где $\Delta\theta_2$ — оценка ДОЗ; ω_1, ω_2 — характерные частоты динамической системы.

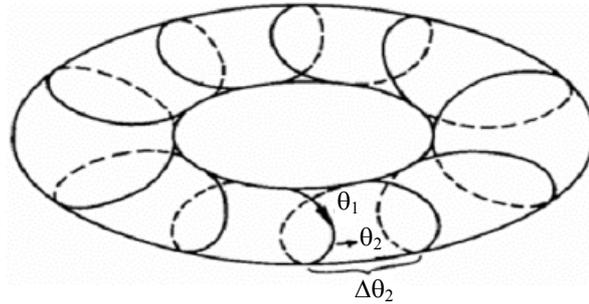


Рис. 1

Поскольку при формировании образов используются отображения, то справедливо применение теории шкал (функции отображения представляется возможным рассматривать как шкалы).

По мнению авторов, в рассматриваемом случае целесообразно пользоваться диадическими шкалами [7]. Диадические координатные системы являются представлением диадической группы. Эта группа состоит из 2^s чисел $0, 1, \dots, 2^s - 1$, где в качестве групповой операции используется сложение по модулю два.

Усовершенствуем понятие диадической системы координат, используя, во-первых, линейки с дискретными метками и, во-вторых, графы [8], двойственные циклу с двумя гранями, n вершинами и n ребрами. Здесь дискретные метки преобразуются в грани, а оценки событий (измерений) даются на основе теории информации. Поэтому интервалы Δx между метками линеек или координатных осей принимаются произвольно малыми, но конечными.

На рис. 2, а—в приведены некоторые фрагменты эволюции четверичных шкал на основе теории двойственных графов, где а — интервальная шкала; б — интервальная шкала, преобразованная в линейку-кольцо; в — двойственный к линейке-кольцу граф — тросовая шкала (грани Q_1 и Q_2 на этой шкале являются вершинами).

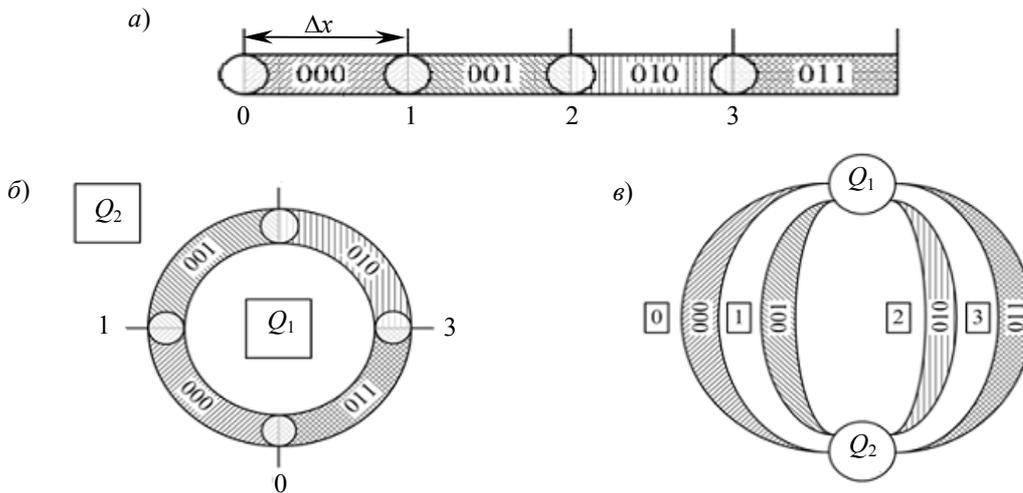


Рис. 2

Авторами настоящей статьи разработано устройство по определению динамической остроты зрения. Устройство, принципиальная схема которого приведена на рис. 3, состоит из вращающегося динамического опто типа и затвора. Динамический опто тип представляет собой проекцию боковой поверхности цилиндра на плоскость. Проецирование осуществляется по закону линейной перспективы.

Устройство работает следующим образом. При открытом затворе изменяем угловую скорость (ω) динамического опто типа до тех пор, пока воспринимаемое испытуемым изображение не остановится, и фиксируем значение ω . После этого закрываем затвор и, изменяя частоту его срабатывания (ν), находим частоту, на которой опто тип будет опознан.

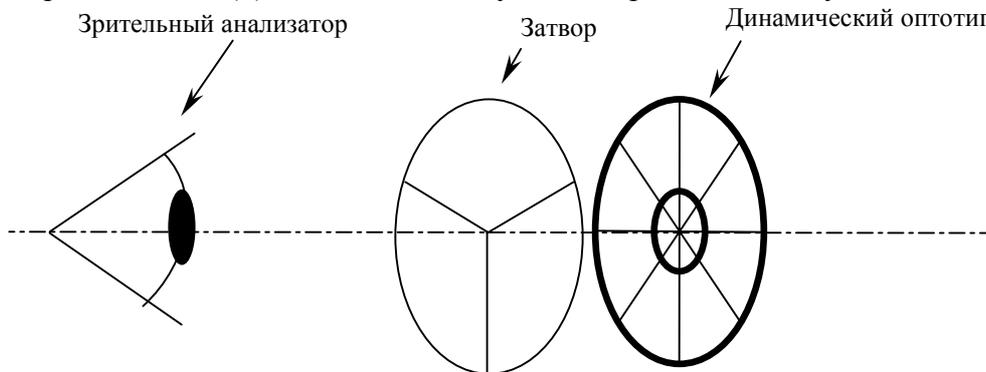


Рис. 3

Количественная оценка динамической остроты зрения вычисляется по формуле

$$D = \omega / \nu .$$

Данное устройство может быть использовано для оценки зрительного восприятия пространства. Для этой цели динамический опто тип (цилиндр) может быть спроецирован на плоскость по закону прямой или обратной перспективы, при этом коэффициент перспективы (для цилиндра это соотношение диаметров образующих окружностей) является величиной переменной. Изменяя коэффициент перспективы и оперируя различными 3D-объектами (опто типами), можно оценить способности зрительного анализатора к восприятию пространства. При этом в качестве критерия оценки может быть использован коэффициент перспективы.

Обратимся теперь к оценке динамической восприимчивости зрительного анализатора. Под динамической восприимчивостью понимается количество информации, которое зрительный анализатор воспринимает за определенный отрезок времени. Таким образом, изменяя время представления информации, можно вычислить скорость и объем зрительного восприятия. Динамическая восприимчивость будет определяться длиной дуги или величиной угла φ , который успел распознать зрительный анализатор на динамическом опто типе. Схема оценивания динамической восприимчивости приведена на рис. 4.

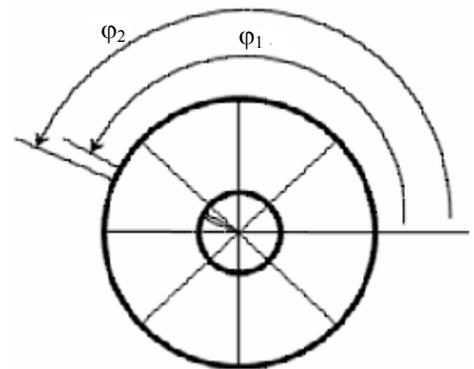


Рис. 4

Используя описанные методы и средства представляется возможным провести комплексные исследования динамической остроты зрения.

В заключение следует отметить, что в настоящее время все более широкое распространение получают системы технического зрения. Авторы предлагают расширить понятие динамической остроты зрения и использовать его в качестве критерия оценки систем технического зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронцов Е. А., Черноусов А. С. Классификация методов и средств определения остроты зрения // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО: I сессия научной школы „Задачи механики и проблемы точности в приборостроении“. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. Вып. 28. С. 75—83.
2. Даниличев В. Ф. Современная офтальмология. СПб: Питер, 2000. 320 с.

3. Пуанкаре А. Избранные труды. М.: Наука, 1972. Т. II. С. 329—744.
4. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. М.: Физматгиз, 1959.
5. Мусалимов В. М., Воронцов Е. А. Прямые и обратные перспективы на цилиндре как средство оценки зрительной восприимчивости // Материалы VI Междунар. оптич. конгресса „Оптика — XXI век“. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. С. 255—258.
6. Мусалимов В. М. Аналитическая теория точности механических систем // Фундаментальные проблемы теории точности: Сб. / Под ред. В. П. Булатова. СПб: Наука, 2001. С. 36—64.
7. Хармут Х. Применение методов теории информации в физике. М.: Мир, 1989. 344 с.
8. Оре О. Графы и их применение. М.: Мир, 1965. 175 с.

Сведения об авторах

- Евгений Александрович Воронцов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;
E-mail: voroncov_evgenii@mail.ru
- Виктор Михайлович Мусалимов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мехатроники; E-mail: musalimov@mail.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
мехатроники

Поступила в редакцию
15.06.09 г.