

Ю. А. Ротц

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ

С помощью модели специально разработанного прибора получены экспериментальные значения динамической остроты зрения. Специфика прибора позволяет исключить частотную погрешность, вносимую в результаты измерений мерцанием и инерционностью экрана.

Ключевые слова: оценка зрения, динамическая острота зрения, оптотип.

Введение. Зрительная работоспособность оценивается по ряду показателей, в частности, динамической остроте зрения (ДОЗ). Поскольку движения глаз и сенсорные функции зрения зависят от функционального состояния ряда структур мозга, ДОЗ измеряется с целью диагностики неврологических и психических заболеваний. Это важный показатель при профессиональном отборе летчиков, водителей, операторов, спортсменов и других специалистов, деятельность которых связана с восприятием движения.

Динамическая острота зрения — способность глаза „схватить и удержать“ изображение предмета на время, достаточное, чтобы увидеть его детали, установить скорость и направление его движения. ДОЗ — интегральный показатель сенсомоторной функции зрительной системы, отражающий состояние статической остроты зрения, полей зрения и движений глаз. Значение этого показателя снижается при бессоннице, физической нагрузке, утомлении, при повышении скорости движения объекта, вследствие возрастного снижения окулomotorной функции [1].

Основные методы оценки остроты зрения, основанные на оценке различения оптотипов, имеют существенные недостатки, такие как статичность (что делает их непригодными для оценки ДОЗ) или движение оптотипов на экране монитора (экран обладает определенной инерционностью, или частотой обновления изображения 60—100 Гц, не позволяющей наблюдать движение изображения непрерывно), что вызывает погрешности измерений [2]. Помимо того, недостаточно изучены механизмы мозга, отвечающие за величину ДОЗ, отсутствуют специальное оборудование, стандартизованные методы исследования и нормативные показатели ДОЗ [1].

Прибор для оценки ДОЗ. Нами реализован опытный образец прибора для определения динамической остроты зрения (рис. 1). Предлагаемый прибор позволяет исключить погрешность, вызванную мерцанием и инерционностью экрана при проведении оценки ДОЗ. Точность измерений прибора повышается благодаря использованию в нем непрерывно движущихся оптотипов.

Прибор содержит цилиндр 2 с таблицей оптотипов, расположенной на его внешней поверхности. Таблица состоит из параллельных линий оптотипов, каждая из которых представляет собой набор черно-белых квадратов. Цилиндр соединен с горизонтальным основанием 1 посредством вертикальной оси 5, соединенной также с датчиком угловой скорости 3. В приборе используется маска — непрозрачная гибкая пластина с горизонтальной щелью, закрепленная на двух роликах с возможностью перемещения по вертикали за счет наматывания материала пластины на ролики 9. Маска закреплена на основании перед цилиндром. Элементы передачи вращения 4 и 7 связаны между собой и с выходным валом электродвигателя 6. Вход электродвигателя соединен с выходом пульта управления 8 (персональный компьютер).

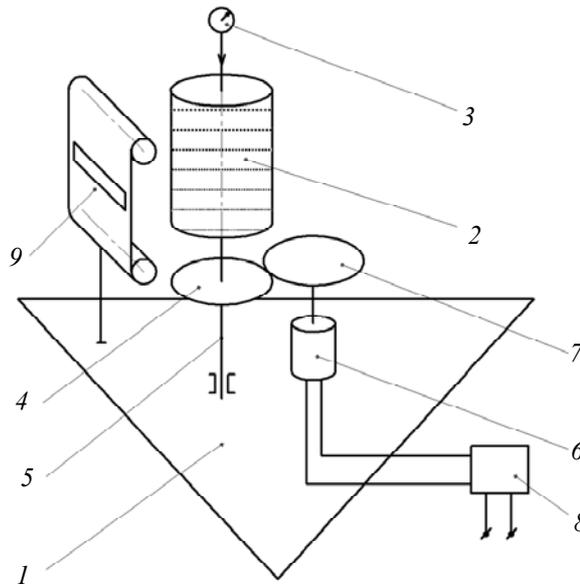


Рис. 1

Методика исследования. Для объективности измерений сохраняются постоянными определенные условия эксперимента: расстояние между прибором и испытуемым, освещенность, время суток, степень утомления испытуемого и др. Щель маски перемещается по линиям оптоотипов для определения линии с минимально различимыми испытуемым оптоотипами. Затем цилиндр с таблицей оптоотипов приводится во вращение. Скорость вращения увеличивается до того момента, пока испытуемый не начнет воспринимать оптоотипы выбранной линии визуально неподвижными. Соответствующая этому моменту угловая скорость регистрируется, и рассчитывается время перемещения оптоотипа выбранной линии на следующую позицию:

$$t = \frac{2a}{r\omega},$$

где t — значение ДОЗ как временная характеристика, a — сторона квадрата-оптоотипа, r — радиус цилиндра, ω — текущая скорость вращения цилиндра.

Результаты эксперимента. Первые результаты показали, что в исследуемой группе из 40 добровольцев различного возраста расчетная величина ДОЗ распределяется следующим образом: 1 человек — 62,52; 21 — 78,15; 15 — 93,78 и 3 — 109,41 мс [3]. Поскольку невозможно провести широкомасштабные эксперименты по оценке ДОЗ, полученные данные были проанализированы по методу Монте-Карло. Распределение экспериментальных данных на интервале 62,52—109,41 мс имеет моду 78,15.

Величина ДОЗ может лежать только в положительной области значений, поскольку она выражена показателями времени. Для моделирования распределений таких величин используются одно- и двухпараметрические законы: Вейбулла и его частные случаи — экспоненциальный и Рэля. Построения в общей графической области подтверждают, что огибающая гистограммы экспериментальных данных близка к распределению Рэля.

Был проведен регрессионный анализ экспериментальных данных (X). По методу наименьших квадратов найдены оценки (коэффициенты регрессии) коэффициентов аппроксимационного полинома $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \varepsilon(\mu, \sigma)$, которые равны: $\beta_0 = -58,9$ и $\beta_1 = 0,88$. Для проверки достоверности данных расчета был смоделирован эксперимент, в котором получены четыре значения Y при различных входных данных x_1 .

Проверка непротиворечивости оценок коэффициентов регрессии выходным данным осуществлена на основе критерия Стьюдента [4]. На рис. 2, a приведена кумулята Стьюдента

с обозначениями на ней заданных уровней 0,05 и 0,95 квантилей и вероятности $P(\beta \geq t_{Cr}) > 0,95$, которые подтверждают выводы о статистической значимости оценки β на уровне 10 %.

Регрессия (рис. 2, б) задана в виде линейной функции одной переменной с тангенсом угла наклона β . Функция регрессии Y соединена линиями с опытными данными X . На рис. 2, в графически построены доверительные интервалы коэффициентов регрессии.

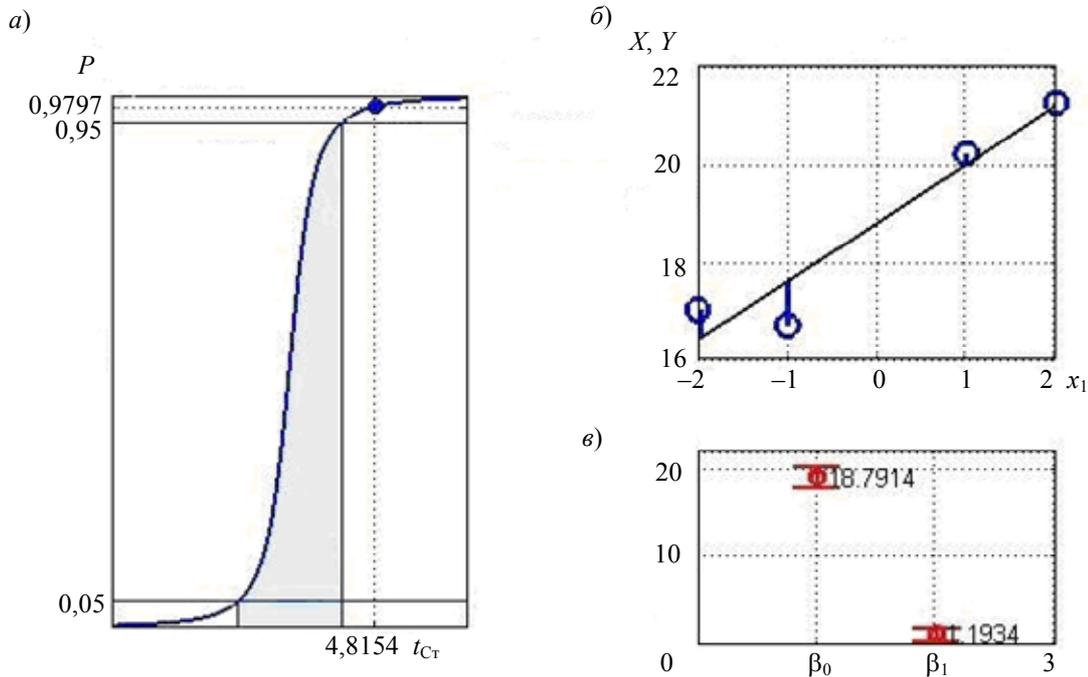


Рис. 2

Заключение. Вероятностный подход к моделированию позволяет развивать теорию оценки ДОЗ, основанную на статистике. Расширение опытной группы и дополнительные эксперименты позволят оценить зависимость ДОЗ от возраста (это даст основания устанавливать возрастной порог в ряде профессий, что может положительно сказаться на безопасности), сделать выводы о возможности исправления ДОЗ путем коррекции статической остроты зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кубарко А. И., Лукашевич И. В. Анализ механизмов динамической остроты зрения // Медицинский журн. 2007. №1 [Электронный ресурс]: <http://www.bsmu.by/index.php?option=com_content&view=article&id=285:---&catid=40:s-12007&Itemid=52>.
2. Воронцов Е. А., Черноусов А. С. Классификация методов и средств определения остроты зрения // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2006. Вып. 28. С. 75—82.
3. Ротц Ю. А., Мусалимов В. М. Экспериментальная оценка динамической остроты зрения (ДОЗ) // Тр. VII Междунар. конф. молодых ученых и специалистов “Оптика — 2011”. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011.
4. Мещеряков В. В. Задачи по статистике и регрессионному анализу с MATLAB. М.: Диалог-МИФИ, 2009. 448 с.

Сведения об авторе

Юлия Андреевна Ротц — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мехатроники

Рекомендована кафедрой
мехатроники

Поступила в редакцию
29.02.12 г.