

на 71,2 % от объемов 2021 года [4]. В связи с этим необходимо предпринимать меры, направленные на развитие аэрологистики в Республике Беларусь, в первую очередь надо стимулировать авиационное сообщество на создание условий для развития аэрологистики. Для этого необходимо:

1 Усовершенствовать нормативно-правовую базу в области авиации для стимулирования развития аэрологистики.

2 Разработать концепцию развития БПЛА в Республике Беларусь.

3 Создать условия для развития аэрологистики в городах.

4 Информировать бизнес-сообщество о возможностях БПЛА по доставке грузов и пассажиров.

В настоящее время рынок применения БПЛА растет с каждым годом. В Республике Беларусь надо предпринимать конкретные шаги по внедрению полетов БПЛА в общее воздушное пространство, в том числе и в городах, с учетом безопасности полетов. Это будет являться главным действующим толчком для развития аэрологистики в Республике Беларусь.

Список литературы

1 Геоаналитика: Государство, Бизнес, Технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tadviser.ru>. – Дата доступа : 11.03.2023.

2 Мировая аналитика рынка БПЛА за 2018–2019 [Электронный ресурс] // Russian Drone. – Режим доступа : <https://russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/>. – Дата доступа : 10.03.2023.

3 ИКАО, Doc 10019. AN/507. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) : утв. Генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. Издание первое – 2015.

4 Сферы применения беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html>. – Дата доступа : 17.03.2023.

УДК 612.845.5:004.42

ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕСТИРОВАНИЯ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ МАШИНИСТОВ НА НАЛИЧИЕ АНОМАЛЬНОЙ ТРИХРОМАЗИИ

В. В. СИНИЦЫНА

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, г. Минск*

Наибольшее количество информации об окружающем мире человек получает посредством зрения, а потому для комфортного существования в пространстве постоянно циркулирующего потока данных необходимо воспринимать визуальную информацию наиболее корректно. Возможными

препятствиями на пути правильной интерпретации характеристик объектов окружающего мира являются аномалии цветового зрения.

Аномалии цветового зрения генетического происхождения свойственны примерно 8 % мужского и 0,5 % женского населения Земли. Аномальная трихромазия является наиболее распространенным видом аномалий цветового зрения. Например, такая форма аномальной трихромазии, как дейтераномалия, встречается у 5 % мужского населения земного шара [1].

Наличие у машинистов аномалий цветового зрения способно привести к серьезным последствиям. Так, особенно серьезные последствия имело крушение поезда в Лагерлунде в 1875 году: цветнослепой машинист принял красный сигнал за зеленый [2]. Кроме того, сложности с определением цвета моргающих ламп на приборной панели испытывают также пилоты с цветовой слепотой [3].

В современном технически совершенствующемся мире актуальным стало не просто выявление отклонений цветового зрения предполагаемого машиниста от нормы, но и предоставление ему возможности корректно воспринимать окружающий мир, что не просто позволит машинисту с цветоаномалией овладеть ранее недоступной профессией, но и будет способствовать его социализации.

Однако для возможности коррекции визуальной информации для машинистов с аномальной трихромазией необходимо вначале правильно определить форму аномалии и ее степень тяжести. Таким образом, цель работы – определить наиболее оптимальные методы и средства для выявления формы и степени тяжести аномальной трихромазии у машинистов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить особенности аномальной трихромазии;
- выполнить анализ существующих методов и средств тестирования цветового зрения машинистов на наличие аномальной трихромазии той или иной формы и степени тяжести;
- сделать выводы о приемлемых методах и средствах для выявления формы и степени тяжести аномальной трихромазии у машинистов.

Итак, сперва необходимо рассмотреть особенности аномальной трихромазии.

Аномальная трихромазия выражена в следующих формах: протаномалия (недостаток в глазах человека фотопигмента красного цвета), дейтераномалия (недостаток фотопигмента зеленого цвета), тританомалия (недостаток фотопигмента синего цвета).

По тяжести аномалии выделяют три степени аномальной трихромазии: А, В и С. Так, степень А – наиболее тяжелая форма аномальной трихромазии, а С – наиболее легкая. Определить, какая именно форма аномальной трихромазии характерна для человека, возможно благодаря имеющемуся у

него порогу цветоразличения, так как для каждой степени аномалии данные показатели варьируются.

Кроме того, степень тяжести аномальной трихромазии оценивается посредством значений от 0,1 до 0,9, где 0,1 представляет собой практически полное отсутствие аномальной трихромазии, а 0,9 указывает на наличие тяжелой степени аномалии (более близкой к дихромазии).

Тестирование при помощи аномалоскопа. Выявить пороги различения красного, зеленого и синего цветов у нормальных и аномальных трихроматов возможно благодаря аномалоскопу, что представляет собой классический способ, применяемый в современной медицине. Однако для адаптации результатов данного тестирования с целью дальнейшего использования в программах по коррекции изображений для людей с аномальной трихромазией более подходящим вариантом будет применение значений степеней тяжести от 0,1 до 0,9. Данные показатели степеней тяжести аномалий эффективнее выявлять благодаря более современным компьютерным методам тестирования.

Тестирование при помощи классического Farnsworth-Munsell 100 Hue Test. Для проведения тестирования необходимо взять бумажные карточки красного, желтого, зеленого, синего, фиолетового и промежуточных между данными цветами оттенков. Всего таких карточек 85. Далее испытуемому предлагается расположить предложенные карточки в таком порядке, чтобы цвета и их оттенки становились более или менее насыщенными от карточки к карточке. Затем вычисляется определенный числовой показатель для каждой карточки в зависимости от расположенных рядом карточек. В соответствии с полученными числовыми показателями карточек строится круговая диаграмма [4]. На основании полученной диаграммы определяется, с различением каких цветов испытуемый испытывает сложности, то есть какая форма аномальной трихромазии ему свойственна, а также рассчитывается степень тяжести аномалии.

Однако бумажные карточки с цветами имеют и свои недостатки, например со временем возможно изменение цвета карточки, также можно столкнуться со сложностью ориентации в довольно большом количестве карточек, с отсутствием автоматического построения круговой диаграммы.

Тестирование при помощи онлайн-версии Farnsworth-Munsell 100 Hue Test. В настоящее время имеются средства, помогающие пройти тестирование по выявлению формы и степени аномальной трихромазии, а также предоставляющие возможность автоматического построения диаграммы. В качестве наиболее часто применяемых средств тестирования используются онлайн-тесты под названиями *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* и *Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 Test*. Последний представляет собой упрощенную версию *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test*, но его использование

возможно лишь для получения данных о наличии или отсутствии у испытуемого цветовой слепоты.

Однако онлайн-версия *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* также сокращена, если провести сравнение с классическим вариантом данного теста, так как количество используемых для онлайн-тестирования цветов – 40 [5]. Кроме того, онлайн-версия имеет и свои недостатки, например, перетаскивать «карточки» с цветами допускается в пределах отдельных рядов, в которые данные «карточки» упорядочены, что способно помешать точно выявить ту или иную форму аномальной трихромазии.

Тестирование при помощи компьютерной программы Farnsworth-Munsell 100 Hue Test. В отличие от онлайн-версии теста, в компьютерной программе «карточек» с цветами всего 85, а располагать их разрешено не только в пределах конкретных рядов, но между абсолютно любыми «карточками», что позволит выявить форму и степень аномальной трихромазии более точно [6].

Таким образом, на основании рассмотренных выше методов и средств выявления форм и степеней аномальной трихромазии можно сделать вывод о том, что в современном мире для разрабатываемых на данный момент алгоритмов реколоризации изображений в соответствии с корректным восприятием данных изображений машинистами с аномалиями цветового зрения лучше всего использовать *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* (онлайн-версия и компьютерная программа). Однако так как в программной версии используется большее количество цветов и отсутствуют ограничения в перетаскивании «карточек», то, хотя данный вид тестирования и более затратен по времени, он имеет самый высокий показатель точности результатов, что особенно важно машинистам для осуществления безопасных железнодорожных перевозок.

Список литературы

- 1 **Шиффман, Х. Р.** Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – СПб. : Питер, 2003. – 222 с.
- 2 **Луизов, А. В.** Цвет и свет / А. В. Луизов. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинград. отделение, 1989. – 256 с.
- 3 **Chaparro, A.** Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / A. Chaparro, M. Chaparro // Journal of Ergonomics in design. – 2017. – Vol. 25, no. 1. – P. 23–30.
- 4 **Farnsworth, D.** The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test for the examination of Color Discrimination / D. Farnsworth. – New York : Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp., 1957. – 7 p.
- 5 Farnsworth-Munsell 100-Hue Test [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.colorblindnesstest.org/farnsworth-munsell-100-hue-test/>. – Дата доступа : 15.04.2023.
- 6 FM100 Colour Vision Test [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sourceforge.net/projects/fm100/>. – Дата доступа : 15.04.2023.