

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

На правах рукописи

УДК 004.42:616-71-053.4

РАК

Ксения Владимировна

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗРЕНИЯ ДЕТЕЙ
ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗРИТЕЛЬНЫХ СТИМУЛОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ПАШКОВСКАЯ Ирина Дмитриевна**,
кандидат биологических наук, ведущий научный
сотрудник РНПЦ неврологии и нейрохирургии

Рецензент: **КАЗЕКА Александр Анатольевич**,
Начальник отдела студенческой науки и магистратуры «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

Защита диссертации состоится «22» июня 2017 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Как утверждают исследователи, 90% информации воспринимается человеком визуально. Именно аппарат зрения, приспособлен к тому, чтобы сразу воспринимать простые и хорошо знакомые из предыдущего опыта предметы и явления. При восприятии же сложных, малознакомых предметов или целостных ситуаций процесс предварительной зрительной ориентировки в объекте все более приближается к тому последовательному и поэлементному опознанию, который характерен для осязания.

Для ребёнка, находящегося в дошкольном возрасте и сталкивающегося с огромным количеством новых, незнакомых объектов, высокий уровень развития зрительного восприятия, зрительной памяти и способности к анализу визуальной информации, безусловно, важен и необходим. Однако это свойственно далеко не всем первоклассникам. Отсутствие организованности восприятия, неумение подчинить его поставленной задаче, а также неумение выделить значимое, низкий уровень осмысления наглядно воспринимаемого материала характерно для 40-80% детей. Следствием этого в начальных классах прослеживается забывание редко встречающихся букв, замена их между собой или замена близких по визуальным характеристикам букв, что в значительной мере затрудняет процесс начального обучения и требует соответствующей помощи.

Для исследования функций и оценки состояния зрения сегодня широко используют различные офтальмодиагностические приборы и системы. Однако не все средства исследования зрения подходят для исследования детей в связи с низким уровнем внимания, быстрой утомляемостью и психоэмоциональным развитием и т.д., что делает задачу исследования зрения весьма сложной. Для исследования состояния зрения детей необходимо разрабатывать специальные методики и инструментальные средства, которые учитывали бы специфику объекта исследования.

Стремительное развитие электронных офтальмодиагностических приборов на основе электронной техники сегодня создает широкие возможности для разработки автоматизированных систем оценки состояния зрения детей дошкольного возраста. Такие системы позволяют использовать методики исследования зрения с учетом психофизических, психофизиологических и психоэмоциональных особенностей развития детей, полностью автоматизировать процесс обследования, включая этапы синтеза и предъявления зрительных стимулов, регистрации ответной реакции испытуемого, обработки и анализа результатов исследования. Использование средств электронной техники для решения этих задач позволяет говорить о компьютерной технологии исследования зрения детей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Зрительная система является одной из важных сенсорных систем организма и обеспечивает получение и обработку большего процента информации об окружающем нас мире. В процессе формирования зрения имеют место и отклонения от нормального развития, которые приводят к нарушениям аккомодации, развития бинокулярного зрения и другим заболеваниям глаз. Интенсивное развитие электронных офтальмо-диагностических приборов на основе микропроцессорной техники и электронных средств визуализации зрительных стимулов, создающих сегодня широкие возможности для разработки автоматизированных систем оценки состояния зрения детей дошкольного возраста с учетом психофизических, психофизиологических и психоэмоциональных особенностей развития детей.

Степень разработанности проблемы

Исследование компьютерных технологий в диагностике зрения осуществлялось на основе построения теоретических моделей с использованием работ российских, белорусских и зарубежных ученых: Л.К. Яхницкая, В.Л. Гончарова, Ю.Г. Федоров, З.М. Юлдашев, Е.П. Попечителев, Н.Ю. Гарайбех, R. Jayatunga, P.M. Sonksen.

Одним из недостатков, представленных в современной технической литературе, является неполное рассмотрение особенностей психоэмоционального развития детей.

Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка на основе усовершенствования алгоритма оценки порогов зрения и рекомендаций по снижению ее погрешности.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка компьютерной технологии исследования зрения детей дошкольного возраста с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов.

Поставленная цель работы определяет следующие основные задачи:

1. Систематизация структуры и изучение элементов компьютерной технологии для исследования зрения.

2. Разработка модели зрительного восприятия для изучения порогов зрения и методов их оценки.

3. Разработка алгоритмов оценки порогов зрения с использованием методов статистических измерений, сокращающих продолжительность исследований при заданной точности, и рекомендаций для снижения погрешностей оценки характеристик зрения.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области компьютерной диагностики зрения и исследования зрения детей дошкольного возраста.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке методики исследования зрения детей с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов.

Теоретическая значимость работы заключается в анализе структуры биотехнической системы для исследования зрения и алгоритма исследования.

Практическая значимость диссертации состоит в разработанной методике исследования, которая позволит автоматизировать процесс исследования зрительной системы с повышенной точностью оценки параметров зрения.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Систематизация структуры и изучение элементов компьютерной технологии для исследования зрения с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов.

2. Модель зрительного восприятия, рассматривающая процесс обнаружения зрительных стимулов и позволяющая оценить порог зрения по параметрам зрительных стимулов и вероятностям обнаружения.

3. Биотехническая система для исследования зрения, позволяющие повысить достоверность оценки порогов зрения, и методика исследования зрительной системы с предложенными рекомендациями.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 53-ей научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2017 г.).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 5 печатных работах. В их числе 2 статьи в рецензируемом журнале, рекомендованных ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов исследований, 1 статья в сборнике материалов научной конференции и 2 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составляет 0,64 авторских листа.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор задач и проблем исследования зрения детей, методов и оборудования исследования зрительной системы. **Во второй главе** представлена структура биотехнической системы для исследования зрения, модель зрительного восприятия и алгоритм оценки характеристик зрения, средств синтеза зрительных стимулов и нормализации состояния испытуемого. **В третьей главе** представлены аппаратное обеспечение, которое может использоваться для клинических исследований состояния зрения детей дошкольного возраста, методика исследования зрения. **В приложении** представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 109 страниц. Из них 70 страниц основного текста, 29 иллюстраций на 14 страницах, 3 таблицы на 2 страницах, библиографический список из 74 наименований на 5 страницах, список собственных публикаций соискателя из 5 наименований на 1 странице, 3 приложений на 25 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы исследования зрения детей, указаны основные особенности исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен обзор задач и проблем исследования зрения детей, рассмотрены методы и оборудование исследования зрительной системы.

Из анализа следует, что проблема исследования зрения в детском возрасте сводится к особенностям психоэмоционального развития, сложности организованности восприятия. Выявлено, что при исследовании органа зрения детей необходимо учитывать факторы, которые значительно снижают точность оценки зрительных характеристик: особенности нервной системы ребенка, его пониженное внимание, невозможность длительной фиксации взора на каком-то определенном объекте. Выявлена важность определения степени изолированности ребенка, чувство дискомфорта в новой для него ситуации, степень неуверенности или компетентности, зависимость самосознания ребенка от оценки его дефекта.

При изучении характерности исследования зрения у детей, выявлено, что в большинстве случаев погрешность оценки порогов опознания возникает из-за отсутствия нормализации психологического, эмоционального и физического состояний испытуемого.

Проанализировано оборудование, используемое в офтальмологии. Выявлено, что в настоящее время уделяется достаточное внимание разработке и усовершенствованию электронных офтальмологических аппаратов.

Во второй главе представлены структура биотехнической системы для исследования зрения, модель зрительного восприятия, алгоритм оценки характеристик зрения, средства синтеза зрительных стимулов и нормализации состояния испытуемого.

Важным этапом построения медицинских биотехнических систем является адекватное условиям рассматриваемой задачи описание процессов функционирования физиологической системы, входящей в состав биотехнических систем в качестве биологического звена. Медицинские диагностические биотехнических систем описывают физиологические системы организма, средства регистрации биомедицинских сигналов, средства определения диагностических показателей с целью получения наиболее полной информации о состоянии организма пациента.

В представленной структуре биотехнической системы включены следующие элементы: испытуемый; блок регистрации ответной реакции испытуемого; устройство ввода; дисплей врача; врач-исследователь; панель управления; микропроцессорное устройство; цифровой синтезатор устройства; дисплей испытуемого.

Интеграция средств контроля физиологических данных с компьютерными информационными системами позволяет создать эффективные средства функцио-

нальной диагностики.

В процессе зрительного восприятия обеспечивается прием, передача и обработка зрительной информации. Структурная схема зрительной системы представляет собой блок восприятия и преобразования сигнала изображения. Оптическое излучение от объекта наблюдения проходит зрачок и хрусталик зрительного анализатора и проецируется на сетчатке глаза, состоящей из фоторецепторов.

Появляющиеся в процессе тестирования ошибки следует разделять на два вида – ошибки пропуска и ошибки неправильного указания. Ошибки пропуска могут быть обусловлены тем, что изменяющийся диагностический параметр тестового изображения не достиг порога различения зрения или зрительно-моторная реакция превышает время экспозиции тест – объекта. Ошибки неправильного указания обусловлены снижением уровня зрительного внимания. На рисунке 1 представлено графическое обнаружение и пропуск зрительных стимулов.

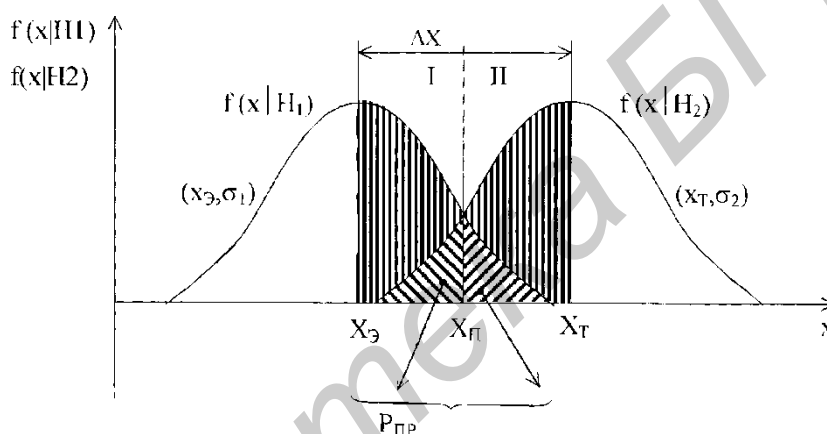


Рисунок 1 – Обнаружение и пропуск зрительных стимулов

Для описания колоризации зрительных стимулов используем в качестве параметра цветовой тон λ и насыщенность ρ_c . Окончательный вид уравнений, связывающих параметры колоризации R, G, B с параметрами λ, ρ_c имеет вид:

$$Ц_R = am[\rho_c(r_\lambda - r_D) + r_D]$$

$$Ц_G = am[\rho_c(g_\lambda - g_D) + g_D]$$

$$Ц_B = am[1 - \rho_c(r_\lambda - r_D) - r_D - \rho_c(g_\lambda - g_D) - g_D]$$

где a – коэффициенты пропорциональности; m – модуль цвета; r, g – координаты колоризации.

Для снижения погрешностей оценки характеристик зрения средства регистрации ответной реакции испытуемого должны использовать адаптивное косвенное управление параметрами тестового изображения; фиксацию условия выполнения тестового задания с помощью однокоординатного (кнопочного) манипулятора; из-

менение параметров зрительного стимула с учетом эффективности выполнения тестового задания на предыдущем шаге тестирования.

В третьей главе представлен программный комплекс компьютерной технологии, который состоит из десяти структур: «Параметры компьютера», «Регистрационная карта», «Острота зрения», «Частотно-контрастная восприимчивость зрения», «Цветовое зрение», «Тестирование», «Обработка результатов», «Сканирование результатов», «Завершение результатов».

Представленный программный комплекс предназначен для оценки таких характеристик зрения, как острота зрения, цветовая восприимчивость. Для программного комплекса построена методика исследования зрения.

По представленной методике необходимо соблюдать следующие требования:

1. Для обеспечения необходимых угловых размеров тест-объекта необходимо, чтобы испытуемый располагался на определенном расстоянии от экрана, на котором формируется зрительный стимул.

2. Исследователь должен задать необходимые параметры изображения: начальный размер тест-объекта, точность определения остроты зрения.

3. В крайней части экрана дисплея испытуемого следует поместить четыре эталонных объекта с максимальными угловыми размерами. Эталонные объекты должны быть распознаваемы детьми в возрасте от 3 до 7 лет. В рассмотренном программном комплексе в качестве эталонных объектов использовались изображения треугольника, звезды, квадрата и домика, которые несложны для распознавания детьми. В центральной части экрана дисплея испытуемого формируется тестовый объект, который выбирается случайным образом из множества эталонных объектов.

4. Выполнение тестового задания должно быть связано с указанием испытуемым на эталонный объект, форма которого адекватна форме тестового объекта, формируемую в центральной части экрана. В результате указания испытуемым на эталонный объект, с помощью мыши, на экране появляется линия, соединяющая тестовый объект с выбранным эталонным объектом. При правильном выполнении тестового задания, тестирование сопровождается всплывающей мультипликационной картинкой соответствующих эмоций с музыкальным эффектом определенного типа. В противном случае – это действие сопровождается мультипликационной картинкой и музыкальным эффектом другого типа. Предложенная форма тестирования является формой компьютерной игры, предназначенная для поддержания внимания и сосредоточенности испытуемого.

5. С целью снятия утомления испытуемого программный комплекс запускает перед следующим циклом тестирования так называемый "стимул внимания". Он представляет собой определенную картинку, сюжет которой вызывает интерес ребенка и мобилизует его внимание.

6. С целью получения статистически достоверных результатов исследования, оценки степени напряженности испытуемого при выполнении тестового задания, тестирование следует повторить несколько раз.

7. В результате многократного тестирования испытуемого, экспериментальных данных формируются в таблицы. Эти данные представляют собой пороговые значения угловых размеров тест-объектов, обнаружимых испытуемым при многократном повторении тестирования. Из таблицы экспериментальных данных вычисляются среднее значение остроты зрения, среднеквадратическое отклонение и доверительный интервал. Полученные результаты представляются врачу-исследователю в виде таблицы результатов исследований. На основе полученных результатов исследований, врач - исследователь формирует окончательное врачебное заключение о состоянии зрительной системы испытуемого.

По результатам эксперимента выявлены основные негативные факторы, снижающие остроту зрения: высокая продолжительность исследования; чрезмерный уровень яркости и контраста тестового изображения, чрезмерный уровень фонового освещения, неустойчивость и низкая сосредоточенность внимания, импульсивный характер излучения тестового изображения и дисперсный характер раstra; негативный психофизический и эмоциональный фон.

Для повышения достоверности оценки порогов зрения и обеспечения воспроизводимости результатов исследований средства нормализации состояния испытуемого должны предусматривать комплекс мер, направленных на снижение зрительного утомления испытуемого, поддержания высокого уровня зрительного внимания и обеспечения комфортного психоэмоционального фона для проведения исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ существующих методов исследования зрения. Выявлено, что в настоящее время в отечественных и зарубежных источниках недостаточно рассмотрены вопросы компьютерной технологии исследования зрения детей дошкольного возраста и особенностей психоэмоционального развития детей [1 – 5].

2. Предложена модель зрительного восприятия, позволяющая оценить порог зрения по параметрам зрительных стимулов и вероятностям обнаружения, предложен алгоритм, оценивающий характеристики зрительной системы, и рекомендации, позволяющие снизить погрешность исследования и повысить достоверность оценки порогов зрения.

3. В результате разработки алгоритма оценки зрения, экспериментально установлено факторы, снижающие остроту зрения. Предложена методика проведения исследования, которая может использоваться в программном комплексе исследования зрения детей дошкольного возраста.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре электронной техники и технологии учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” в учебные курсы “Биотехнические системы программного управления”, “Цифровая обработка биомедицинских сигналов и изображений”.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

1. Рак, К.В. Внедрение компьютерных технологий для исследования функций зрения / К.В. Рак // Новые информационные технологии в научных исследованиях: сб. науч. трудов по материалам всероссийской науч.-практич. конф., Рязань, Российская Федерация / ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Рязань. 2016. – С. 55–56.

2. Рак, К.В. Электронные устройства в офтальмологии / К.В. Рак // Новые информационные технологии в научных исследованиях: сб. науч. трудов по материалам всероссийской науч.-практич. конф., Рязань, Российская Федерация / ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Рязань. 2016. – С. 57–58.

Тезисы конференций

3. Рак, К.В. Использование информационных технологий для диагностики здоровья человека / К.В. Рак // материалы X-ой Международной науч. техн. конф. «Медэлектроника-2016» Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии», Минск, Респ. Беларусь, 08-09 декабря 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – С. 178–180.

4. Рак, К.В. Компьютерные технологии исследования зрения детей с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов / К.В. Рак // материалы 53-ей науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 02-06 мая 2017 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2017. – Поступило в печать.

5. Рак, К.В. Использование электроники для исследования функций зрения / К.В. Рак // материалы 53-ей науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов

«Проектирование информационно–компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь,
02-06 мая 2017 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2017. – Поступило в печать.

Библиотека БГУИР

РЭЗІЮМЭ

Рак Ксенія Уладзіміраўна

Камп'ютэрныя тэхналогіі даследаванні гледжання (зроку) дзяцей дашкольнага ўзросту з выкарыстаннем электронных прылад візуалізацыі глядзельных стымуляў

Ключавыя словы: глядзельныя стымулы, мадэль, алгарытм.

Мэта працы: распрацоўка кампутарнай тэхналогіі даследаванні гледжання дзяцей дашкольнага ўзросту з выкарыстаннем электронных прылад візуалізацыі глядзельных стымуляў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананы аналіз існуючых метадаў даследавання гледжання. Выяўлена, што ў цяперашні час у айчынных і замежных крыніцах недастаткова разгледжана пытанне кампутарнай тэхналогіі даследаванні гледжання дзяцей дашкольнага ўзросту; распрацавана мадэль глядзельнага ўспрымання, якая дазваляе ацаніць парог гледжання па параметрах глядзельных стымуляў і верагоднасці выяўлення; у выніку распрацоўкі алгарытму ацэнкі гледжання, эксперыментальна ўстаноўлена сродкі нармалізацыі стану падыходнага, якія дазваляюць павысіць дакладнасць ацэнкі парогаў гледжання.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры электроннай тэхнікі і тэхналогіі ўстановы образования "Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыоэлектронікі" ў навучальны курс "Біятэхнічныя сістэмы праграмнага кіравання", "Лічбавая апрацоўка біямедыцынскіх сігналаў і малюнкаў".

Вобласць прымянення: медыцынская электроніка, камп'ютэрныя тэхналогіі ў медыцыне.

РЕЗЮМЕ

Рак Ксения Владимировна

Компьютерные технологии исследования зрения детей дошкольного возраста с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов

Ключевые слова: зрительные стимулы, модель, алгоритм.

Цель работы: разработка компьютерной технологии исследования зрения детей дошкольного возраста с использованием электронных устройств визуализации зрительных стимулов.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ существующих методов исследования зрения. Выявлено, что в настоящее время в отечественных и зарубежных источниках недостаточно рассмотрен вопрос компьютерной технологии исследования зрения детей дошкольного возраста; разработана модель зрительного восприятия, позволяющая оценить порог зрения по параметрам зрительных стимулов и вероятностям обнаружения; в результате разработки алгоритма оценки зрения, экспериментально установлено средства нормализации состояния испытуемого, позволяющие повысить достоверность оценки порогов зрения.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре электронной техники и технологии учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” в учебный курс “Биотехнические системы программного управления”, “Цифровая обработка биомедицинских сигналов и изображений”.

Область применения: медицинская электроника, компьютерные технологии в медицине.

SUMMARY

Rak Kseniya Vladimirovna

Computer technologies of vision research for preschool children using electronic devices visualizing visual stimuli

Keywords: visual stimuli, model, algorithm.

The object of study: development of computer technology to study the vision of preschool children using electronic devices visualizing visual stimuli.

The results and novelty: the analysis of existing methods of research of vision is executed. It has been revealed that at present in the domestic and foreign sources the issue of computer technology of vision research for preschool children is not sufficiently considered; A model of visual perception has been developed that makes it possible to estimate the threshold of vision according to the parameters of visual stimuli and the detection probabilities; As a result of the development of the algorithm for assessing vision, the means of normalizing the condition of the subject have been experimentally established, which makes it possible to increase the reliability of the evaluation of the thresholds of vision.

Degree of use: the results are implemented in the educational process on the faculty of electronic technology and the establishment of education "Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics" in the training course "Biotechnical systems for program management", "Digital processing of biomedical signals and imagery".

Sphere of application: medical electronics, computer technology in medicine.