

РАЗДЕЛ VII. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Абросимова Н.Г., Горячкин Б.С.

Формирование рекомендаций по настройке визуального контента для людей с нарушениями зрения

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-03-2022-54

Аннотация

В данной статье проведён анализ настройки визуального контента для людей с нарушениями зрения. Выделены параметры, которые в зависимости от своих значений могут влиять на зрительное восприятие. Для каждого параметра была выявлена зависимость от потери остроты зрения. По каждому из них было проведено исследование, в результате которого вычислены значения, при которых данные параметры способны воспринимать люди с нарушениями зрения без использования дополнительных технологий, в зависимости от категории нарушений. По итогам проведенных исследований и анализа были сформулированы рекомендации по настройке визуального контента для 1 и 2 категорий нарушений зрения.

Ключевые слова: нарушения зрения, индекс Снеллена, коэффициент контрастности, ширина штриха, размер шрифта, межстрочный интервал, анализ характеристик, острота зрения.

Abstract

This article analyzes the settings of visual content for people with visual impairments. Parameters are identified that, depending on their values, can affect visual perception. For each parameter, a dependence on the loss of visual acuity was revealed. For each of them, a study was conducted, as a result of which the values were calculated at which these parameters are able to be perceived by people with visual impairments without the use of additional technologies, depending on the category of impairments. Based on the results of the research and analysis, recommendations were formulated for setting up visual content for categories 1 and 2 of visual impairment.

Keywords: visual impairment, Snellen index, contrast ratio, stroke width, font size, line spacing, performance analysis, visual acuity.

Введение

В современной жизни значительную роль занимает возможность воспользоваться онлайн-сервисами. Поэтому необходимо учитывать их доступность и для людей с нарушениями зрения. В процентном соотношении, количество людей с инвалидностью по зрению по отношению к населению Земли (по данным ООН) составляет около 3,4 % [1]. Но для достижения доступности требуются дополнительные решения, учитывающие данные нарушения. Хотя многие люди с нарушениями зрением используют вспомогательные технологии, чтобы пользоваться интернетом, но, если не предусмотреть это заранее, у них могут возникнуть затруднения. Кроме того, при некоторых категориях нарушений и при создании нужных условий, эти люди вполне могут самостоятельно воспринимать текст или изображения, что может облегчить ситуацию.

В России закон, требующий доступность сайтов государственных структур, был принят лишь в 2014 году [2]. Но и сейчас версии сайтов для слабовидящих часто не являются универсальным решением, так как существуют разные виды нарушений зрения, требующие разных подходов для отображения информации [18]. В частности, эти нарушения могут классифицироваться в зависимости от потери остроты зрения.

По классификации, определённой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), лица с нарушениями зрения делятся на шесть категорий, основанных на остроте зрения [3]. Под остротой зрения понимается способность глаза отдельно воспринимать две точки, расположенные друг от друга на минимальном условном расстоянии, для измерения которой обычно используются специальные офтальмологические таблицы.

Используемая в классификации ВОЗ острота зрения определяется по таблице, введённой нидерландским офтальмологом Херманном Снелленом. Формула Снеллена гласит [5].

$$V = \frac{d}{D} \quad (1)$$

где:

V (Visus) - острота зрения,

d - расстояние, с которого видит больной,

D - расстояние, с которого должен видеть глаз с нормальной остротой зрения символы данного ряда на таблице.

Таким образом, если человек имеет зрение 20/100, то он видит только с 20 футов то, что человек с хорошим зрением может видеть со 100.

Перечислим используемые ВОЗ категории:

- от 20/30 до 20/60: считается мягкой потерей зрения, или почти нормальным зрением (Категория 0);
- от 20/70 до 20/160: считается умеренным нарушением зрения, или умеренно ослабленным зрением (Категория 1);
- от 20/200 до 20/400: считается серьёзным нарушением зрения или тяжёлой формой снижением зрения (Категория 2);
- от 20/500 до 20/1000: считается глубоким нарушением зрения, или глубокой потерей зрения (Категория 3);
- более 20/1000: считается почти полным нарушениями зрения или почти полной слепотой (Категория 4);
- нет восприятия света: считается общим нарушением зрения или полной слепотой (Категория 5).

При этом, при выборе категории нарушения зрения в соответствии с классификацией, острота зрения определяется по наиболее хорошо видящему глазу с учётом наилучшей коррекции [6].

Формализованная постановка задачи

В России и странах СНГ остроту зрения обычно измеряют долями единицы с помощью таблицы Сивцева или таблицы Головина. Соответствие записей остроты зрения в различных системах, применяемых в разных странах, приведено в табл. 1 [7]. Разница в обозначениях связана в том числе с тем, какая система для измерения расстояния наиболее распространена в стране (метры или футы).

Таблица 1

Соотношение разных систем измерения остроты зрения.

Европейские страны	Америка и англоязычные страны	Россия и страны СНГ
6/60	20/200	0.1
6/30	20/100	0.2
6/24	20/70	0.3
6/15	20/50	0.4
6/12	20/40	0.5
6/9	20/30	0.7
6/6	20/20	1.0

В формате записи остроты 20/S величина S является индексом Снеллена [8]. Будем использовать этот индекс для дальнейшего анализа.

Нарушения категории 0 обычно не вызывает сильных трудностей в восприятии визуальной информации и не требуют особой адаптации параметров визуальной среды, а категории 3-5 являются юридической слепотой и требуют дополнительных средств (например, программы для чтения текста или брайлевские дисплеи), потому в дальнейшем рассматриваться не будут.

Люди с умеренными и серьёзными нарушениями зрения могут воспринимать визуальные данные, но при этом могут возникнуть неудобства, связанные с их восприятием. Можно попытаться их избежать, если тщательно подобрать параметры отображения, учитывая потери, связанные с остротой зрения.

Целью статьи является анализ, способный определить визуальные данные с какими параметрами могут воспринимать люди с нарушениями зрения 1 и 2 категории, без использования дополнительных технологий [19].

Для анализа выберем параметры, которые в зависимости от своих значений могут улучшить или ухудшить зрительное восприятие, и найти наиболее приемлемые значения с учётом степени нарушения зрения. Это позволит использовать эти значения для наиболее точной настройки контента для лиц с нарушениями зрения. Будут рассматриваться следующие параметры: коэффициент контрастности, размер шрифта, межстрочный интервал и минимальный размер стороны иконки.

Анализ критических характеристик зрения

Проведём анализ выбранных параметров, учитывая потерю остроты зрения при нарушениях 1 и 2 категории.

❖ Коэффициент контрастности

Коэффициент контрастности – численный показатель разницы между яркостью наиболее светлой и наиболее темной частей изображения, а также между яркостью наблюдаемого объекта и яркостью фона. Рассчитывается при сопоставлении объектов путем деления наибольшего значения величины яркости на наименьшее согласно формуле $(L1+0,05)/(L2+0,05)$, где $L1$ - значение относительной яркости светлых цветов, $L2$ - значение относительной яркости темных цветов, а значение 0,05 – основано на типичной засветке экрана. Значение коэффициента контрастности находится в диапазоне от 1 до 21 (обычно обозначается как "1:1" и "21:1").

По ГОСТ Р 52872-2019 коэффициент контрастности должен быть не менее 7:1, для увеличенного текста – не менее 4,5:1 [9].

Контрастная чувствительность - это качество зрения, позволяющее видеть разницу между поверхностями различной яркости [10]. В случае слишком низкого контраста лицам с нарушениями зрения может быть сложно воспринимать информацию.

Согласно медицинским исследованиям, острота зрения 20/40 связана с потерей контрастной чувствительности примерно в 1,5 раза [11]. Для нормального зрения считается достаточным коэффициент 3:1 [12]. Учитывая данные о потере чувствительности с помощью соотношения $q=v1/v2$, где за $v2$ используется величина 40, можно определить требуемый минимальный коэффициент контрастности для 1 и 2 категории. Обозначим их в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента контрастности от остроты зрения.

Параметр	Категория 1		Категория 2	
	20/70	20/160	20/200	20/400
Коэффициент контрастности	9:1	21:1		
Коэффициент контрастности для увеличенного текста	6:1	15:1	21:1	

Рекомендуется придерживаться черно-белого цветового решения, так как это позволит добиться наивысшей контрастности 21:1, а также обеспечит комфортный доступ для людей с нарушениями цветового восприятия [18].

❖ Размер шрифта

Для вычисления размера шрифта нужно вычислить и использовать вспомогательный подпараметр ширина штриха, поэтому сперва требуется определить ширину штриха, необходимую человеку с $20/S$ зрением для распознавания букв. Для вычисления ширины штриха будем использовать следующую формулу [13]:

$$W_s = 1,45 \cdot 10^{-2} \cdot S \cdot d \quad (2)$$

где:

$1,45 \cdot 10^{-2}$ – const;

S - индекс Снеллена;

d – расстояние, с которого человек будет воспринимать текст.

Значение константы определено тем фактом, что глаз с остротой зрения 1,0 способен увидеть раздельно две далёкие точки, если угловое расстояние между ними равно одной угловой минуте ($1/60$ градуса), что при расстоянии 20 футов (или 6 метров) соответствует 1,45 миллиметра [14].

В качестве расстояния d используем минимально возможную величину $d=0,4$ м, так как расстояние от глаз до экрана монитора должно составлять 40-75 см [15].

Тогда, подставляя нужный индекс, можно получить для границ категорий требуемые значения ширины штриха. На рис. 1 отражена её зависимость от индекса Снеллена.

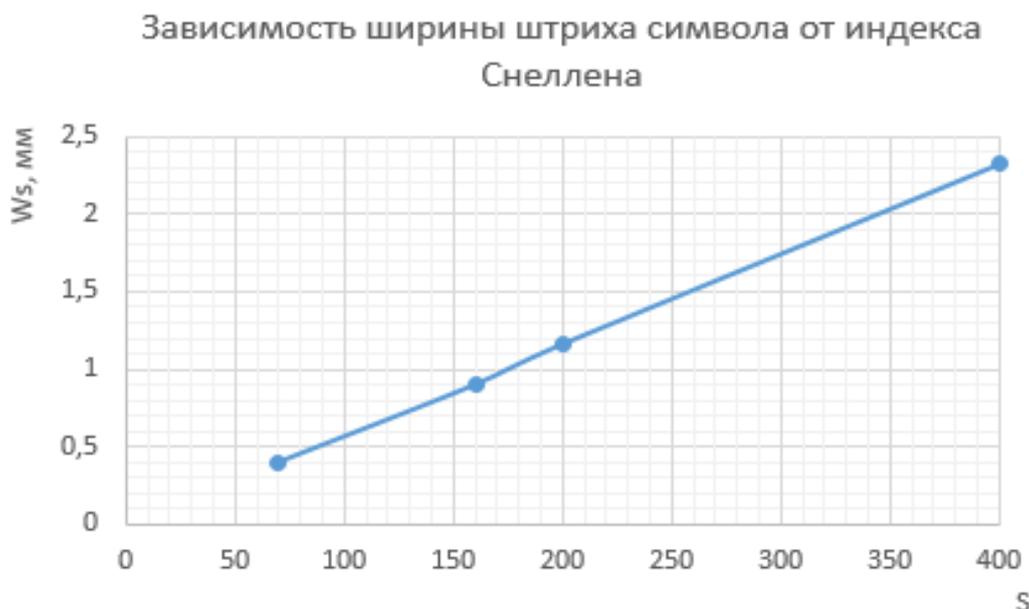


Рисунок 1. Зависимость ширины штриха символа от индекса Снеллена.

По ГОСТ Р 52872-2019 требуется графическое представление текста с обычным шрифтом размером 18 пунктов или полужирным шрифтом размером 14 пунктов с возможностью масштабирования до 200% [9].

Учитывая вычисленную ширину штриха, необходимую для распознавания букв, в зависимости от остроты зрения, можно определить требуемый размер шрифта. Для получения высоты буквы нужно умножить её на коэффициент соотношения ширины и высоты символа. Возьмём коэффициент, равный 6:1, как минимально допустимый [12].

Чтобы перевести полученное значение в пункты, нужно учитывать соотношение пунктов и миллиметров. 1 пункт = 0,353 мм по версии, введённой компанией Adobe, широко используемой в программах компьютерной вёрстки. Тогда обратное соотношение 1мм = 2,835 пунктов. Возьмём значения, полученные на предыдущем шаге, и, учитывая коэффициент соотношения и перевод в пункты, получим значения размера шрифта для границ категорий. Выведенная зависимость размера шрифта от индекса Снеллена отображена на рис. 2.

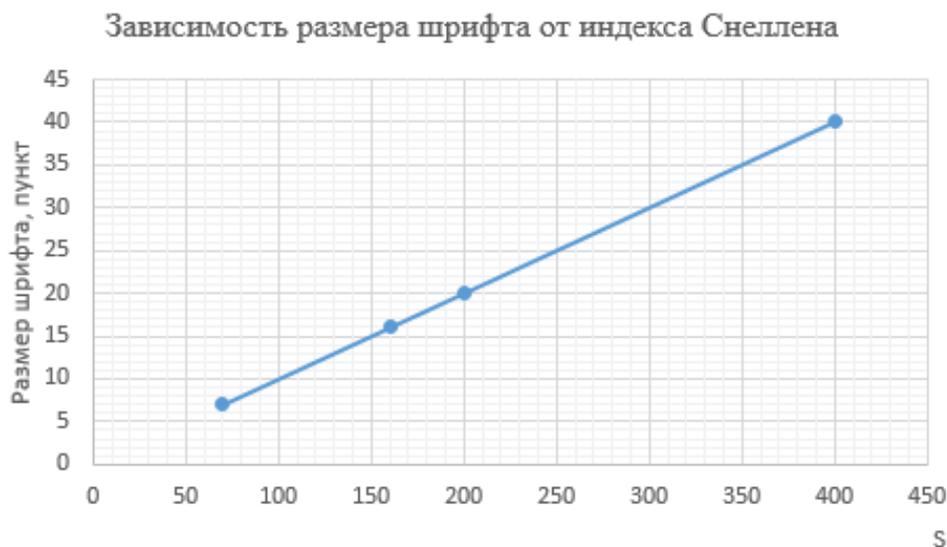


Рисунок 2. Зависимость размера шрифта от индекса Снеллена.

❖ **Межстрочный интервал**

При близком расположении строк людям с нарушением зрения сложно отслеживать текст. Предоставление дополнительного пространства между строками и абзацами позволяет лучше отслеживать следующую строку и распознавать конец абзаца. По ГОСТ Р 52872-2019 межстрочный интервал внутри абзаца должен быть не менее 1,5 строки, а интервал между абзацами как минимум в 1,5 раза больше, чем межстрочный интервал [9].

Этот параметр связан с величиной шрифта, которая была высчитана ранее. Тогда, учитывая полученные ранее значения размеров шрифтов и соотношение между размерами в пунктах и миллиметрах, можно вывести требуемый интервал. Полученная зависимость интервала от индекса Снеллена отображена на рис. 3.

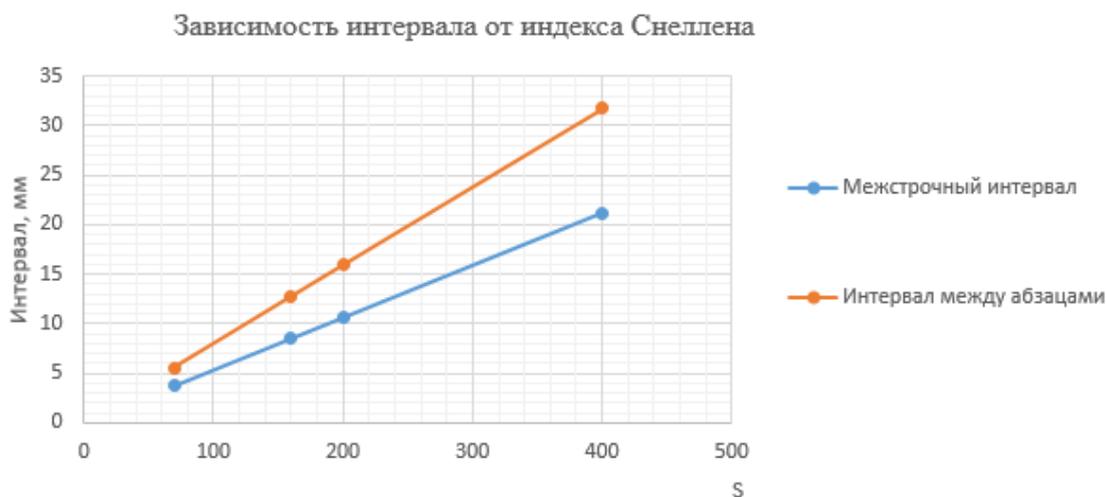


Рисунок 3. Зависимость интервала от индекса Снеллена.

❖ **Минимальная сторона иконки**

Для полного обеспечения доступности рекомендуется не использовать графические изображения или использовать их в минимальном количестве, но, в случае использования, они должны быть достаточно заметны. Например, даже сам значок для перехода на версию интернет-ресурса для лиц с нарушениями зрения иногда бывает слишком маленьким и неприметным.

Учитывая, что минимальным из стандартных наиболее употребимых размеров для людей с обычным зрением являются иконки размером 16x16 пикселей, можно высчитать

рекомендуемый размер пропорционально потере зрения. Поскольку у компьютеров с Windows по умолчанию 96 DPI, это означает, что на дюйм приходится 96 пикселей. Известно, что 1 дюйм равен 25,4 мм. Таким образом, на 25,4 мм приходится 96 пикселей, а в пикселе содержится 0,265 миллиметра.

Далее, используя индекс Снеллена, вычисляем пропорционально потере зрения. Зависимость минимальной стороны иконки от индекса Снеллена отображена на рис. 4.



Рисунок 4. Зависимость минимальной стороны иконки от индекса Снеллена.

Сведём вычисленные значения для каждого параметра в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость значений параметров от остроты зрения.

№	Параметр	ГОСТ	Категория 1		Категория 2	
			20/70	20/160	20/200	20/400
1.1	Коэффициент контрастности для увеличенного текста	$\geq 4,5:1$	6:1	15:1	21:1	
1.2	Коэффициент контрастности	$\geq 7:1$	9:1	21:1		
2.0	Ширина штриха	-	0,4 мм	0,9 мм		
2.1	Размер шрифта	14-18	7	16	20	40
3.1	Межстрочный интервал	1,5 строки	3,7 мм	8,472 мм	10,59 мм	21,18 мм
3.2.	Интервал между абзацами	1,5 межстрочного интервала	5,55 мм	12,7 мм	15,89 мм	31,77 мм
4	Минимальная сторона иконки	-	8.4 мм	16.8 мм	21 мм	42 мм

Варианты адаптации и использования

На основе полученных данных можно выделить следующие рекомендации для адаптации проанализированных параметров.

1. Для людей с нарушениями зрения категории 1 минимальный коэффициент контрастности должен достигать значения 15:1. Для людей с нарушениями зрения категории 2 требуется возможность установить максимальную контрастность 21:1.
2. Размер шрифта для лиц с нарушениями зрения категории 1 должен иметь возможность масштабирования не менее чем до 16 пунктов. Для лиц с нарушениями зрения категории 2 это величина достигает 40 пунктов.

3. Межстрочный интервал зависит от предыдущего параметра – размер шрифта. Таким образом, для лиц с нарушениями категории 1 он должен достигать 8,5 мм, для категории 2 - 21,18 мм. Интервал между абзацами будет равен 12,7 мм и 31,77 мм соответственно.
4. В случае необходимости наличия графических иконок, их размер стороны должен достигать минимум до 16,8 мм для категории 1, 42 мм для категории 2.

В качестве рекомендуемого значения для конкретной категории значение выбирается по верхней границе остроты зрения, определяющей эту группу, чтобы все относящиеся к ней люди могли воспринимать визуальную информацию. Используя эти значения, можно наиболее оптимально настроить параметры отображения визуальной информации для разных категорий нарушения зрения, что может пригодиться в самых разных сферах жизни.

Данные могут понадобиться, например, для настройки обучающих компьютерных систем в специализированных школах для слабовидящих, поскольку при создании нужных условий для обучающихся они могут использоваться для поддержки познавательной активности и работоспособности. Кроме того, данные могут использоваться для организации дополнительной реабилитации людей с нарушениями зрения. Существуют образовательные программы в сфере дополнительного образования инвалидов по зрению с целью их обучения в области информационных технологий в качестве средства комплексной реабилитации [17]. В таких случаях тоже стоит учитывать зависимость рассмотренных параметров от степени нарушения зрения, чтобы создать наиболее комфортные условия для реабилитации.

Ещё одним фактором является то, что для значительного числа вакансий требуется возможность работы с компьютером, что для людей с нарушениями зрения может стать ограничением, но при правильной адаптации параметров они также смогут успешно работать в используемых системах.

Заключение

В зависимости от остроты зрения были проанализированы следующие параметры: коэффициент контрастности, размер шрифта, межстрочный интервал и минимальный размер стороны графической иконки. Были предложены их рекомендуемые значения в зависимости от категории нарушения зрения.

Полученные данные могут помочь определить значения параметров для получения наиболее комфортного глазу сочетания с учётом имеющейся потери зрения. Кроме того, они могут пригодиться в случае ориентирования содержания конкретно на людей с данными нарушениями зрения, например, в образовательных или реабилитационных целях.

1. Статистика инвалидности в России и мире на 2020 год. Тифлоцентр Вертикаль [Электронный ресурс]. — URL: <https://tiflocentre.ru/stati/statistika-po-invalidnosti.php> (дата обращения: 10.12.2021)
2. Федеральный закон от 01.12.2014 N 419-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов» (последняя редакция от 29.12.2015 N 394-ФЗ)
3. Change the Definition of Blindness. World Health Organization [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.who.int/blindness/Change%20the%20Definition%20of%20Blindness.pdf> (дата обращения: 10.12.2021)
4. Федоров, С. Н. Глазные болезни / С. Н. Федоров, Н. С. Ярцева, А. О. Исманкулов. — Москва : Издательский центр «Федоров», , 2000. — 388 с.
5. Офтальмология: учебник / В. Н. Алексеев, Е. А. Егоров, Ю. С. Астахов, Т. В. Ставицкая. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 240 с.
6. Лещенко, И. А. О системах и правилах определения остроты зрения / И. А. Лещенко// Вестник оптометрии. — 2009. — № 3. — С. 54.
7. Коррекция нарушений зрительного восприятия у слабовидящих детей: учебно-методическое пособие / Т. В. Волокитина, А. А. Зотова, Е. В. Попова, Е. Ю. Синицкая; М-во образования и науки Рос. Федерации,

- Федер. гос. автоном. образоват. учреждение высш. проф. образования "Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова", Ин-т педагогики и психологии. - Архангельск: КИРА, 2013. — 174 с.
8. Caretti D. M. Methods and apparatus for assessing visibility through an optical material. September 27, 2005
 9. ГОСТ Р 52872-2019. Интернет-ресурсы и другая информация, представленная в электронно-цифровой форме. приложения для стационарных и мобильных устройств, иные пользовательские интерфейсы. Требования доступности для людей с инвалидностью и других лиц с ограничениями жизнедеятельности
 10. Ермолович, З. Г. Тифлопсихология: чувственное отражение мира в условиях визуальной депривации: учебно-методическое пособие / З. Г. Ермолович. — Минск : БГПУ, 2004. — 107 с.
 11. Arditi A. and Faye E. Monocular and binocular letter contrast sensitivity and letter acuity in a diverse ophthalmologic practice. Supplement to Optometry and Vision Science, 2004 — 81 (12S), 287.
 12. ГОСТ Р ИСО 9241-3-2003. Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к визуальному отображению информации.
 13. Howett G.L. Size of Letters Required for Visibility as a Function of Viewing Distance and Observer Acuity, July 1983
 14. Сивцев Д.А. Шрифты и таблицы для исследования остроты зрения / Д.А. Сивцев — 12-е изд. — Москва; Ленинград: Медгиз, 1940. — 6 с.
 15. Рекомендации по сохранению зрения при работе на компьютере [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.konovalov-eye-center.ru/info-for-patient/gigiena-zreniya-pri-rabote-za-komputerom/> (дата обращения: 10.12.2021)
 16. Сборник «Доступная среда: опыт и перспективы». (материалы научно-практической конференции 5 декабря 2015 года) НУ ИПРПП ВОС «Реакомп» ВОС /Под общей редакцией канд. пед. наук С.Н.Ваньшина. — М., 2016. — 74 стр.
 17. «Компьютерное специальное рабочее место (КСРМ) для инвалидов по зрению. Технические требования к оборудованию и программному обеспечению» – М.: ИПРПП ВОС «Реакомп», 2020. — 14с.
 18. Горячкин Б.С., Красильников С.Н. Эргономические особенности эффективного восприятия зрительной информации слабовидящими// Международный научно журнал «Евразийский союз ученых» - Москва, 2019. - № 2 59): Часть 1 Технические науки, С. 16-22.
 19. Горячкин Б.С., Годосиев Н. Д. Гибридный шрифт Брайля// Международный научный журнал «Динамика сложных систем – XXI век»: Издательство «Радиотехника» - Москва, 2020 - № 2, С. 71-77.

Антонов В.В., Офицеров В.П.

Анализ некоторых нейросетевых систем идентификации изображений

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-03-2022-55

Аннотация

В статье анализируются варианты использования нейронных сетей и связанных с ними систем для обнаружения объектов. Рассматриваются и сравниваются параметры рассматриваемых конфигураций нейронных сетей.

Ключевые слова: нейронные сети, анализ эффективности, идентификация объектов, системы реального времени.

Abstract

In article options of use of neural networks and the related systems for detection of objects are analyzed. Parameters of the considered configurations of neural networks are considered and compared.

Keywords: neural networks, efficiency analysis, object identification, real time systems.

Существуют различные методы и нейросетевые технологии, применяемые для обнаружения объектов на изображении. Каждый из способов идентификации объектов имеет свои достоинства и недостатки. В связи с этим для разных задач распознавания образов используются свои, наиболее адекватные этим задачам методы и реализующие их системы. В некоторых случаях важна быстрота работы системы и количество обрабатываемых кадров