

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

УДК 535.65.088.4

На правах рукописи

БУРДОВИЦЫН
Павел Александрович

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ
ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра техники и технологии

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

Минск 2017

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

Научный руководитель

Шаталова Виктория Викторовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем, заместитель декана факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент

Бондарик Василий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по учебно-методической работе факультета непрерывного и дистанционного образования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «26» января 2017 г. года в 11⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной 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».

СОГЛАСОВАНО

канд. техн. наук, доцент

В.В. Шаталова

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует необходимость объективного и точного определения цветовых параметров физических объектов. Данная проблема касается полиграфической, текстильной, оптической промышленности, а также технологий производства, связанных с применением цветовых меток (например, при сортировке продукции перед упаковкой).

Существует достаточно большое количество работ отечественных и зарубежных исследователей, рассматривающих вопросы оценки эффективности измерения цветовых параметров физических объектов, а также содержащих результаты исследований методов и технологий обеспечения достоверности колориметрических измерений (Кустарев А.К., Стороженко А.И., Лагутин В.И., Ложкин Л.Д., Кривошеев М.И., Домасев М.В., Гнатюк С.П., Джадд Д., Вышецки Г., Фрэзер Б., Мак-Ками С., Малакара Д. и др.)

На данный момент существует множество электронных приборов, способных определить параметры цвета: от элементарных датчиков цвета до сложных измерительных систем, результатом измерений которых является спектральная характеристика цвета. С развитием цифровой техники, микро- и нанотехнологий появляются новые устройства, увеличивается их точность измерений, вытесняя морально устаревшие приборы. Так, например, в полиграфической промышленности перестали применяться визуальные колориметры, при работе с которыми ключевым фактором, вносящим грубые погрешности в ходе определения цвета, является зрение оператора.

Наряду с развитием автоматизации производства и информационных технологий возникла необходимость сопряжения электронного устройства с компьютером для оперативной обработки результатов измерения. Такая тенденция ведет к тому, что одни методы получают всё большее распространение, а другие попросту исчезают.

Также, немаловажным является качественная характеристика физического объекта, определяющая методику измерений. Так, например, при определении цвета глянцевой поверхности световой поток, попадая на плоскость, практически полностью отражается, не меняя свои спектральные составляющие, которые определяют цвет, а сама поверхность остается невидимой. Подобные случаи определяют конструкцию измерительной системы, а также методы измерений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Восприятие цвета меняется с возрастом, зависит от остроты зрения, настроения, усталости человека, т.е. цвета воспринимаются разными людьми по-разному. Также, во многом восприятие цвета обуславливается и физическими свойствами объекта: прозрачность, шероховатость (для блестящих поверх-

ностей), наличие флуоресцентных красителей и т.д. Кроме того, на восприятие цвета влияют также и внешние факторы, такие как интенсивность освещения и окружающий фон. В совокупности всех этих факторов появляется необходимость в объективной оценке цветовых параметров физических объектов, что будет являться весомым аргументом при решении спорных вопросов. Таким образом, в связи с вышеизложенным, актуальным будет оценка эффективности измерения цветовых параметров физических объектов.

Степень разработанности проблемы

В настоящее время существует множество методов и технологий измерения цветовых параметров физических объектов. Существует достаточно большое количество работ отечественных и зарубежных исследователей, рассматривающих вопросы оценки эффективности измерения цветовых параметров физических объектов, а также содержащих результаты исследований методов и технологий обеспечения достоверности колориметрических измерений (Кустарев А.К., Стороженко А.И., Лагутин В.И., Ложкин Л.Д., Кривошеев М.И., Домасев М.В., Гнатюк С.П., Джадд Д., Вышецки Г., Фрэзер Б., Мак-Ками С., Малакара Д. и др.). И в своем большинстве, удается учесть многообразие факторов, вносящих погрешность на результат измерений. Однако, до сих пор не существует строгого алгоритма измерений, который смог бы учесть все аспекты проблемы измерения цветовых параметров физических объектов

Целью исследования поставлен анализ существующих параметров светоцветовой среды и методов их оценки, необходимых для разработки системы комплексной оценки цветовых параметров физических объектов с учетом внешних воздействий на измерительную систему.

Для достижения поставленной цели были выработаны следующие задачи:

- проанализировать параметры светоцветовой среды, механизмы восприятия цвета зрительной системой человека, а также существующие методы и технологии измерения цветовых параметров физических объектов;
- выработать алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с учетом отличительных характеристик современной элементной базы и внешних факторов, влияющих на конечный результат;
- произвести моделирование измерения цветовых параметров физических объектов с применением современной элементной базы;

Область исследования. Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 81 01-2012 специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая основа диссертации строится на результатах исследований отечественных и зарубежных ученых, специализирующихся на вопросах исследования природы цвета, методов и технологий измерения цветовых пара-

метров физических объектов. Для получения теоретических и практических результатов использовались пакеты прикладного программного обеспечения, современная элементная база.

Информационная база для проведения анализов по данной теме сформирована на основе более ранних работ и исследований в этой области, а также ресурсов Интернет.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке алгоритма измерения цветовых параметров физических объектов с учетом характерных особенностей программируемых интегральных датчиков распознавания цвета.

Теоретическая значимость диссертации заключается в проведенных анализах особенностей светоцветовой среды, природы цвета, механизмах восприятия цвета зрительной системой человека, существующих устройств измерения цветовых параметров физических объектов, анализе существующих методов измерения цветовых параметров физических объектов

Практическая значимость диссертации заключается в оценке эффективности измерения цветовых параметров физических объектов в зависимости от используемой методологии и геометрии измерений, разработке алгоритма измерения цветовых параметров физических объектов, учитывающем характеристики измерительной системы, для получения объективных, стандартизированных данных, однозначно описывающих цвет.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Зависимость результатов измерений цветовых параметров физических объектов от используемой методологии и геометрии измерений (взаимном расположении источника оптического излучения, исследуемого образца, приемника отраженного светового потока)
2. Алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов на базе программируемого интегрального датчика распознавания цвета при дальнейшем пересчете результатов измерений с учетом спектральных характеристик источника и приемника оптического излучения для получения объективных данных, характеризующих цвет, в стандартизированной системе координат
3. Зависимость результата измерений цветовых параметров физических объектов с применением программируемого интегрального датчика распознавания цвета от паразитной засветки корпуса датчика применяемым источником оптического излучения, зависимость результата измерений от ИК-засветки.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 52-ая научно-техническая конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г.Минск, Беларусь, 2016 г.), XLIII Международная (заочная) итоговая научно – практическая конференция по всем наукам «Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса» (г. Ка-

заны, Российская федерация, 2016 г.), X-ая Международной научно-технической конференции «Медэлектроника-2016» средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» (г. Минск, Республика Беларусь, 2016 г.).

Публикации

Основные положения работы и результаты исследований, проведенных в ходе написания магистерской диссертации изложены в шести опубликованных работах общим объемом 17 страниц.

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** дается характеристика цветоцветовой среды, а также рассмотрены основные устройства для измерения цветовых параметров физических объектов.

Во **второй главе** дается характеристика методов измерения цветовых параметров физических объектов, а также изучена зависимость результата измерений в зависимости от методологии и геометрии измерений.

В **третьей главе** представлен алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с учетом особенностей элементов измерительной среды, а также проведено моделирование данного алгоритма с учетом внешних воздействий на измерительную систему.

В **приложении** представлены публикации автора, графическая часть в виде презентации к защите магистерской диссертации и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 78 страниц. Работа содержит 7 таблиц, 27 рисунков. Библиографический список включает 56 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель диссертации, изложены основные положения.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** на основе исследований охарактеризованы основные параметры цветоцветовой среды. За долгие годы существования науки о цвете было множество объяснений феномена цвета и цветового видения. Однако самое точное и емкое определение дали Джадд и Вышецки: «... сам по себе цвет

не сводится к чисто физическим или чисто психологическим явлениям. Он представляет собой характеристику световой энергии (физика) через посредство зрительного восприятия (психология)».

С точки зрения физики свет представляет собой один из видов электромагнитного излучения, испускаемого светящимися телами, а также возникающего в результате ряда химических реакций. Это электромагнитное излучение имеет волновую природу, т. е. распространяется в пространстве в виде периодических колебаний (волн), совершаемых им с определенной амплитудой и частотой (рисунок 1).

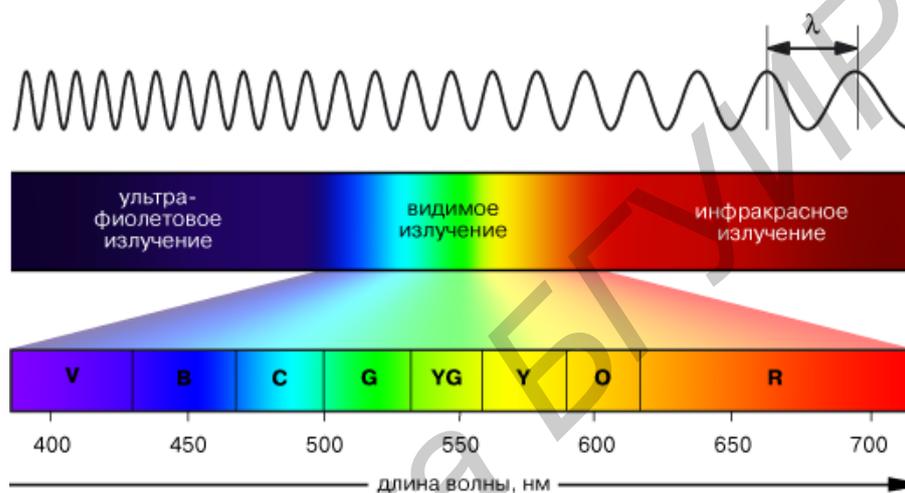


Рисунок 1 – Оптический диапазон электромагнитных излучений и спектр видимого света

В природе излучение от различных источников света редко является монохроматичным, т. е. представленным излучением только одной определенной длины волны, а имеет довольно сложный спектральный состав: в нем присутствуют излучения самых различных длин волн. Кроме того, световое излучение, отраженное от поверхности предмета либо прошедшее через нее и формирующее в зрительном аппарате ощущение цвета этого предмета, зависит как от свойств самого предмета отражать либо поглощать свет в зависимости от длины волны, так и от свойств источника света.

При рассмотрении вопроса о механизме восприятия цвета было установлено, что в основе восприятия лежат сложные физико-химические процессы, совершающиеся в зрительных рецепторах – «колбочках», проявляющие наибольшую чувствительность к трем основным цветам видимого спектра: красному, синему и зеленому. Их наибольшая концентрация приходится на особую область сетчатки глаза – центральная ямка желтого пятна. Именно на этой области должно проецироваться оптической системой глаза изображения окружающего мира для способности различать мелкие детали физических объектов. Было установлено в основе восприятия цвета лежат сложные физико-химические процессы, совершающиеся в зрительных рецепторах. Различают три типа «колбочек», проявляющих наибольшую чувствительность к трем основным цветам видимого спектра:

- красно-оранжевому (600...700 нм), (L-колбочки);
- зеленому (500...600 нм), (M-колбочки);
- синему (400...500 нм), (S-колбочки).

Особенности цветовой чувствительности клеток определяются различиями в зрительном пигменте. Комбинации возбуждений этих приемников разных цветов дают ощущения всей гаммы цветовых оттенков. Это является основным положением теории трехкомпонентного цветового зрения, на основе которой и разрабатываются оптические электронные приборы, работающие совместно с глазом.

Также в данной главе были проанализированы конструкции и принципы работы существующих устройств для измерения цветовых параметров физических объектов – денситометра, колориметра и спектрофотометра.

Денситометр – это фотоэлектрическое устройство, которое вычисляет триадные значения цвета путем измерения количества света, поглощенного (или отраженного) поверхностью или материалом. Этот несложный инструмент применяется, прежде всего, в полиграфии, допечатной подготовке и фотографии для определения интенсивности замеряемого цвета. Денситометры не предназначены для измерения всей цветовой палитры – они настраиваются на измерение нескольких стандартизированных цветов (тех, которые используются в полиграфии и фотографии), но с большой точностью

Колориметр – прибор для измерения характеристик цвета света. Существуют колориметры двух типов. Трёхцветные колориметры служат для количественного выражения цвета в виде набора трёх чисел – основных компонентов цвета. Они представляют собой интенсивности световых потоков трёх основных цветов (красный, зелёный, синий), дающих при их смешении цвет, неотличимый от измеряемого.

Спектрофотометр – это прибор, используемый для измерения спектральных характеристик цвета с последующим переводом данных в цветовое пространство CIE XYZ или CIE Lab.

Основное отличие спектрофотометра от фотоколориметра состоит в возможности измерить пропущенный через исследуемый образец (или отражённый от образца) световой поток любой требуемой длины волны, провести фотометрические измерения, сканируя весь оптический диапазон длин волн не только в видимой области – от 380 до 750 нм, но и в области ближнего ультрафиолета (УФ) – от 200 до 380 нм, а также и в инфракрасной области (ИК) вплоть до 2500 нм и более.

Спектрофотометр является наиболее важным базовым прибором как для оценки цвета промышленных изделий, так и для фундаментальных исследований в области колориметрии.

Во второй главе классифицированы и охарактеризованы существующие методы измерения цветовых параметров физических объектов. Все существующие методы определения цветовых параметров физических объектов (координат цвета и цветности) принято, в зависимости от принципа измерения, разделять на визуальное измерение, расчетное и объективное. Существенные пре-

имущества, которые присущи расчетному и объективному методам, заключаются в использовании фотоэлектрических приемников, обеспечивающих высокую чувствительность, скорость измерений и возможность автоматизации процесса измерения и вычислений. Благодаря указанным свойствам эти два метода получили широкое распространение. Расчетный метод применяется главным образом для аттестации стандартных образцов цвета, так как принято считать, что он свободен от индивидуальных особенностей зрения наблюдателей. Объективный метод, кроме названных преимуществ, имеет еще одно: он удобен при массовом контроле, а в форме компаратора цвета обеспечивает точное измерение малых цветовых различий. Однако из всех трех способов измерения цвета исходным является визуальный, так как только с его помощью определяются функции сложения цветов среднего стандартного наблюдателя, положенные в основу применения остальных двух методов.

Была дана оценка погрешностей измерений цветовых параметров физических объектов. Было установлено, что при измерении цветовых параметров физических объектов можно выделить два ключевых фактора, которые будут вносить значительную погрешность в результат измерения – это используемая методология, а также от геометрии измерений (взаимном расположении источника оптического излучения, исследуемого образца, приемника отраженного светового потока). Наименьшую погрешность вносит в результат измерений спектрофотометр, т.к. при проведении измерений исследуется весь спектр отраженного светового излучения. Также было выявлено, что на результат измерений влияет и геометрия измерений, особенно при измерении цветовых параметров световозвращающих предметов (таблица 1).

Таблица 1 – Индикатрисы коэффициентов отражений образцов

| Угол наблюдения, град | МС–20 | Эталон красного цвета | ЗМ | Микросфера |
|--------------------------|-------|-----------------------|------|------------|
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 15 | 98,4 | 84,8 | 73,0 | 69,8 |
| 20 | 97,9 | 82,1 | 63,8 | 50,7 |
| 25 | 94,9 | 79,1 | 58,0 | 37,8 |
| 30 | 93,8 | 76,7 | 54,9 | 30,6 |
| 35 | 93,1 | 75,0 | 54,3 | 24,4 |
| 40 | 91,7 | 73,9 | 54,1 | 21,2 |
| 45 | 89,8 | 73,8 | 53,6 | 18,5 |

Из таблицы 1 видно, что даже у стекла МС–20 есть слабая зависимость коэффициента отражения от угла. У эталонного образца красного цвета, при угле наблюдения в 45° , коэффициент отражения уменьшается в 1,4 раза относительно наблюдению под углом 10° . Для световозвращающей пленки ЗМ коэффициент отражения уменьшается почти в 2 раза. Для пленки ООО «Микросфера» индикатриса коэффициента отражения значительно более быстро спадает – коэффициент отражения уменьшается более чем в 5 раз. В данном спектральном интервале, при изменении угла наблюдения изменяется доля излу-

ния, попадающая на приемник. Также в общую долю добавляется неопределенная часть зеркальной составляющей. Доля зеркальной составляющей уменьшается при увеличении угла наблюдения. Это в значительной мере влияет на снижение фона в данной области спектра. Как результат получаем резкое изменение координат цветности по насыщенности.

В третьей главе был разработан алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов на базе программируемого интегрального датчика распознавания цвета TCS3200 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структурная схема датчика распознавания цвета TCS3200

В дополнении к этому была выработана методика калибровки, учитывающая неравномерность чувствительности фотоприемников датчика в зависимости от длины волны. Дополнительно была учтена погрешность, связанная со спектральными характеристиками чувствительности системы «светофильтр-фотодиод», а также спектром светового излучения источника освещения (белые светодиоды). Для этого был применен метод пересчета цветовых координат из системы RGB в стандартизованную Международной комиссией по освещенности систему CIExy по формулам (1) – (4).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M = \begin{bmatrix} 0,3895 & 0,4993 & -0,0491 \\ 0,1212 & 0,8890 & -0,1231 \\ 0,0343 & -0,2657 & 0,9438 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (3)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (4)$$

На основании полученных данных было проведено моделирование разработанного алгоритма с применением современной элементной базы – микро-

контроллера STM32F4xx на базе ядра ARM Cortex-M4. Вместе с этим было изучено влияние внешних факторов на результат измерений, таких как паразитная засветка корпуса интегрального датчика распознавания цвета применяемыми источниками оптического излучения, а также наличие инфракрасной составляющей в спектре отраженного светового потока.

На основании данных, полученных в процессе моделирования, можно сделать вывод, что по разработанному алгоритму можно достаточно точно определить стандартизированные координаты, однозначно описывающие цвет при соблюдении требований к конструкции измерительной системы: защита датчика цвета от ИК-засветки и засветки от используемых светодиодов, недопущение изменения источника освещения, защита всей измерительной системы от засветки и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ особенностей цветоцветовой среды, механизмы восприятия цвета зрительной системой человека, существующие устройства для измерения цветовых параметров физических объектов. Было выявлено, что цвет напрямую зависит от спектральной характеристики источника оптического излучения в совокупности со свойством физических объектов отражать или поглощать световое излучения в определенных участках спектра излучения. При исследовании механизмов восприятия цвета зрительной системой человека было выявлено, что в основе восприятия лежат сложные физико-химические процессы, совершающиеся в зрительных рецепторах – «колбочках», проявляющие наибольшую чувствительность к трем основным цветам видимого спектра: красному, синему и зеленому. Это является основным положением теории трехкомпонентного цветового зрения, на основе которой и разрабатываются оптические электронные приборы, работающие совместно с глазом. В ходе анализа существующих приборов для измерения цветовых параметров физических объектов были рассмотрены конструкции и принципы работы денситометра, колориметра и спектрофотометра.

2. Выполнен анализ существующих методов измерения цветовых параметров физических объектов: визуальные, расчетные, объективные. Каждому из методов измерения цветовых параметров физических объектов соответствует свой определенный класс измерительных приборов.

3. Дана оценка погрешности измерения цветовых параметров физических объектов. Было выявлено, что ключевыми факторами, влияющими на результаты измерений является используемая методология и геометрия измерений (взаимное расположение источника оптического излучения, исследуемого образца, приемника отраженного светового потока). Наименьшую погрешность проявил спектрофотометр, т.к. данный прибор выдает результат измерения по заверше-

нию анализа всего спектра отраженного излучения, а при выборе геометрии измерения, в первую очередь, необходимо знать особенности физических объектов.

3. Разработан алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с учетом характерных особенностей программируемого интегрального датчика распознавания цвета TCS3200. При этом были учтены прочие факторы, влияющие на результат измерений. С применением метода пересчета также были предусмотрены особенности измерительной системы (спектральная характеристика источника оптического излучения, спектральная чувствительность фотоэлементов и т.д.).

4. Произведено моделирование алгоритма измерения цветовых параметров физических объектов с применением отладочного модуля на базе микроконтроллера STM32F4xx (для чего, также, была написана управляющая программа в среде разработки KEIL μ Vision) и модулей различной конструкции датчика распознавания цвета TCS3200. В ходе моделирования было установлено, что паразитная засветка источника оптического излучения и ИК-засветка датчика распознавания цвета вносят погрешность в результат измерений – погрешность, связанная с конструктивными особенностями измерительной системы. На основании данных, полученных в процессе моделирования, можно сделать вывод, что по разработанному алгоритму можно достаточно точно определить стандартизированные координаты, однозначно описывающие цвет при соблюдении требований к конструкции измерительной системы: защита датчика цвета от ИК-засветки и засветки от используемых светодиодов, недопущение изменения источника освещения, защита всей измерительной системы от засветки и др.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Применение разработанного алгоритма измерения цветовых параметров физических объектов с учетом конструктивных особенностей измерительной системы (наличие инфракрасного светофильтра, защита датчика от паразитной засветки используемого источника оптического излучения, выдержки необходимой геометрии измерений и др.) возможно при разработке современных устройств колориметрического контроля.

2. Полученные результаты исследований в виде экспериментального устройства для измерений цветовых параметров физических объектов внедрены в технологические процессы при производстве фронтальных панелей радиоэлектронных систем ООО «НПП «Контактмодуль».

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Бурдовицын, П.А. Оптимизация задачи измерения цветовых параметров физических объектов / П.А. Бурдовицын, В.В. Шаталова // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – С.233–234.

[2] Бурдовицын, П.А. Оценка погрешностей измерений цветовых параметров физических объектов / П.А. Бурдовицын, В.В. Шаталова // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – С.235–236.

[3] Бурдовицын, П.А. Моделирование алгоритма определения оттенка цвета зубных коронок на базе микроконтроллеров серии STM32F4xx / П.А. Бурдовицын, В.В. Шаталова // Журнал «Доклады БГУИР» №7 (101) 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – С.308–313.

[4] Бурдовицын, П.А. Алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с применением датчика распознавания цвета TCS3200 / П.А. Бурдовицын // Вестник Науки и Творчества: Материалы Международных мероприятий Общества Науки и Творчества (г. Казань) за декабрь 2016 года / – Казань, РФ, 2016. – С.30–34.

[5] Бурдовицын, П. А. Методология измерения цветовых параметров физических объектов / П. А. Бурдовицын, В. В. Шаталова // Репозиторий БГУИР, 2017. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/11418>

[6] Бурдовицын, П. А. Исследование зависимости геометрии измерений на результат измерений цветовых параметров физических объектов / П. А. Бурдовицын, В. В. Шаталова // Репозиторий БГУИР, 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/11422>

РЭЗІЮМЭ

Бурдавіцын Павел Аляксандравіч

Ацэнка эфектыўнасці вымярэння каляровых параметраў фізічных аб'ектаў

Ключавыя словы: колер, каляровыя вымярэнні, каларыметрыя, хібнасць вымярэння, электронныя сістэмы, радыёэлектронныя сродкі.

Мэта работы: аналіз існуючых параметраў светакаляровага асяроддзя і метадаў іх ацэнкі, неабходных для распрацоўкі сістэмы комплекснай ацэнкі каляровых параметраў фізічных аб'ектаў з улікам знешніх уздзеянняў на вымяральную сістэму.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у дысертацыйнай працы распрацаваны алгарытм вымярэння каляровых параметраў фізічных аб'ектаў з улікам характэрных асаблівасцяў праграмуемых інтэгральных датчыкаў распазнання колеру ў сукупнасці з улікам знешніх уздзеянняў на вымяральную сістэму. Выкананы аналіз светакаляровага асяроддзя. Выкананы аналіз хібнасцяў пры вымярэнні каляровых параметраў фізічных аб'ектаў.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў тэхналагічны працэс трафарэтнага друку пры вытворчасці фронтальных панэляў радыёэлектронных сістэм ЗАТ «НВП» Кантактмодуль »

Вобласць ужывання: каларыметрыя, паліграфія.

РЕЗЮМЕ

Бурдовицын Павел Александрович

Оценка эффективности измерения цветовых параметров физических объектов

Ключевые слова: цвет, цветовые измерения, колориметрия, погрешность измерения, электронные системы, радиоэлектронные средства.

Цель работы: анализ существующих параметров цветоцветовой среды и методов их оценки, необходимых для разработки системы комплексной оценки цветовых параметров физических объектов с учетом внешних воздействий на измерительную систему.

Полученные результаты и их новизна: в диссертационной работе разработан алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с учетом характерных особенностей программируемых интегральных датчиков распознавания цвета в совокупности с учетом внешних воздействий на измерительную систему. Произведен анализ цветоцветовой среды. Произведен анализ погрешностей при измерении цветовых параметров физических объектов

Степень использования: результаты внедрены в технологический процесс трафаретной печати при производстве фронтальных панелей радиоэлектронных систем ООО «НПП «Контактмодуль»

Область применения: колориметрия, полиграфия.

SUMMARY

Pavel A. Burdavitsyn

Efficiency evaluation of measurement of color parameters of physical objects

Keywords: color, color measurements, colorimetry, measurement error, electronic systems, radioelectronic means.

The object of study: the analysis of the existing parameters of the color and light environment and methods of their assessment that is necessary for development of the system of complex assessment of color parameters of physical objects taking into account external impact on measuring system.

The results and novelty: in dissertation work an algorithm of measurement of color parameters of physical objects is developed taking into account characteristics of programmable integrated sensors of recognition of color in total given the factors of external impact on measuring system. The analysis of the color and light environment is made. The analysis of errors at measurement of color parameters of physical objects is made.

Degree of use: results are introduced into technological process of a stencil process in production of front panels of radioelectronic systems of NPP Contactmodule LTD.

Sphere of application: colorimetry, polygraphy.