

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК: 004:621.391(004:9)

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-3-600-609

Модель и алгоритм анализа данных спектральных составляющих зубного ряда при протезировании

К.А. Гафуров

Дагестанский государственный медицинский университет,
кафедра физики, информатики и медаппаратуры
Российская Федерация, Республика Дагестан, г. Махачкала, пл. Ленина, 1
E-mail: gafurovkerim@mail.ru

Аннотация

В современной ортопедической и хирургической стоматологии при протезировании каждая единица зубного протеза должна выглядеть как естественный зуб, так как это восстанавливает эстетический вид всей полости рта и улучшает внешний облик пациента, а также будет способствовать нормализации общего состояния здоровья за счет обретения им утраченного чувства уверенности в себе и восстановления душевного равновесия. Первоначальным этапом при протезировании зубов является определение их цветовых составляющих. От этого этапа зависит соответствие конечного результата исходному протезируемому зубу. Процесс снятия показателей в большинстве случаев проводится ручным способом, что является причиной ошибок неправильно подобранного цвета и приводит к дополнительным затратам на изготовление повторного образца. Вследствие этих и других объективных причин была поставлена задача разработки модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих зубного ряда при протезировании. Была использована методика анализа данных спектральных составляющих зубного ряда на основе аддитивного синтеза цветов. Используя данную методику была разработана модель, в которой изменение цветовых составляющих происходит в корреляционной зависимости относительно регрессионной модели, поэтому возможно составление интерполяционных уравнений, а на их основе анализ и рассмотрение единой системы для всех подуровней цветовых градаций. Для проверки разработанной информационной модели были созданы алгоритм и специализированное программное обеспечение. Проведенные клинические исследования показали полную адекватность разработанной модели.

Ключевые слова: моделирование, анализ данных, алгоритм, регрессионная модель, эмаль, зубной протез.

Для цитирования: Гафуров К.А. 2020. Модель и алгоритм анализа данных спектральных составляющих зубного ряда при протезировании. Экономика. Информатика. 47 (3): 600–609. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-3-600-609.

Model and algorithm for data analysis of spectral components of the dentition during prosthetics

K.A. Gafurov

Daghestan State Medical University, Department of Physics,
Computer Science and Medical Equipment
1 Lenin pl., Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation
E-mail: gafurovkerim@mail.ru

Abstract

In modern orthopedic and surgical dentistry, each dental prosthesis unit should look like a natural tooth, as it restores the aesthetic appearance of the entire oral cavity and improves the patient's appearance, as well as

helps to normalize the general state of health by gaining the lost feelings of self-confidence and restoring the emotional balance. The initial step in dental prosthetics is to determine their color components. This step determines whether the final result corresponds to the original prosthetic tooth. In case of complete or partial discrepancy between the obtained sample and the original one, there is a need for more thorough determining of the enamel color of the created sample, as well as re-manufacturing, which entails an unreasonable consumption of ceramic materials, resulting in an increase in the cost of prosthetics. The color determination procedure is performed for each tooth, and the doctor having obtained the parameters of the color components of the teeth, transmits the measurement results and data on the content in the sample of ceramic mixtures necessary to obtain the basic color of the enamel, to the dentist-technician who makes a denture with a specified color. The process of obtaining the parameters in most cases is carried out manually, which is the cause of errors and incorrectly selected colors and leads to additional costs for the re-manufacturing of a sample. Due to these and other objective reasons, the task was to develop a model and algorithm for analyzing the data of spectral components of the dentition during prosthetics. We used a method for analyzing the data of spectral components of the dentition based on an additive color synthesis. Using this method, a model was developed in which the change in color components occurs in correlation with the regression model, so it is possible to compile interpolation equations, and based on them, analyze and consider a single system for all sublevels of color gradations. To check the operation of the developed information model, an algorithm and specialized software were created. The conducted clinical studies have shown full adequacy of the developed model.

Keywords: modeling, data analysis, algorithm, regression model, enamel, denture.

For citation: Gafurov K.A. 2020. Model and algorithm for data analysis of spectral components of the dentition during prosthetics. *Economics. Information technologies*. 47 (3): 600–609 (in Russian). DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-3-600-609.

Введение

В практике современной стоматологии одним из факторов, определяющих успех протезирования металлопластмассовыми и металлокерамическими конструкциями, являются правильное, точное определение цвета зубного ряда и его воссоздание. Это обстоятельство позволяет достичь высокого эстетического качества ортопедических конструкций, сократить случаи дорогостоящего повторного протезирования, что в свою очередь уменьшит затратную часть по выполнению гарантийных обязательств, а также максимально сокращает число конфликтных ситуаций и увеличивает степень удовлетворенности результатом [Li, O., Wang, 2007].

Проблема определения цвета зубов при протезировании возникла около 100 лет назад. Об этом свидетельствует одна из первых публикаций, устанавливающая общие основы измерения цвета (B. Clark, 1921). Позже другие авторы, такие как S. Sproull (1973), V. Billmeyer и S. Saltzman (1967), L. Munsel (1961), R. Preston и I. Bergen (1980), L. Nakagawa et al. (1975) и Y. Yamamoto (1972), улучшили понимание сложности механизмов, лежащих в основе восприятия цвета. Согласно статистическим данным, при опросе 162 врачей-стоматологов и 178 зубных техников 37 % из них называют проблематичным определение цвета зубов, 58 % специалистов считают, что верно определяют цвет зубов в большинстве случаев, а лишь только 5 % – удовлетворены результатом своей работы всегда (M. Yamamoto, 1998; G. Henning, R.M. Lohmiller, 2003).

В современной стоматологии для установления цветовых составляющих эмали зуба пациента, чаще всего применяют метод определения цвета на основе так называемой линейки-шаблона (рис. 1). Данный инструмент представляет собой набор из заданного количества эталонных зубных протезов, причём каждый зубной протез отличается от соседнего на некоторую градацию цветовой составляющей [Киселева, 2001]. Таким образом, стоматолог во время проведения процедуры протезирования, для выбора соответствующего эталонного зубного протеза, подносит его к зубам пациента и на глаз определяет схожесть цветовых параметров эталонного зуба с исходными [Paravina и др., 2007]. После того, как врачом был выбран соответствующий исходным зубам эталонный зубной протез из линейки-шаблона,

устанавливается его порядковый номер в соответствии с классификацией, которая для разных производителей линеек-шаблонов разная. Номер данного зубного протеза по соответствующим таблицам сопоставляется общей классификации, согласно которой подобранный цвет можно получить путём смешивания в соответствующей пропорции ряда стандартных керамических или пластмассовых масс. Причём стандартные керамические массы (порошки), также в свою очередь представляют собой эталонные зубные протезы.



Рис. 1. Внешний вид линейки-шаблона
Fig. 1. Appearance of the ruler-template

На сегодняшний день существуют визуальные и аппаратные методики определения цвета зубов [2005. Studies of electronic measuring instruments (definition) color], которые имеют как преимущества, так и недостатки (см. таблицу).

Сравнение определения цвета зубов Tooth color comparison

Методики определения цвета	Преимущества	Недостатки
ВИЗУАЛЬНЫЕ	1) возможность выявления индивидуальных особенностей;	1) психофизиологическое состояние врача-стоматолога;
	2) опыт по определению цвета;	2) влияние окружающей среды (освещение, интерьер);
	3) экономическая доступность	3) сложный алгоритм выбора цвета;
		4) различие расцветок разных производителей
АППАРАТУРНЫЕ	1) качество и объективность определения цвета;	1) высокая стоимость;
	2) контроль точности цветового исполнения;	2) новые приборы пока не прошли сертификацию в нашей стране
	3) четкая коммуникация между врачом и техником;	3) субъективность восприятия и зависимость от окружающей среды;
	4) создание доказательной базы при возникающих конфликтах между врачом и пациентом	4) отсутствие возможности выдачи параметров количества шаблонных порошков для получения искомого цвета при протезировании

Таким образом, визуальные методики, в которых при изготовлении зубных протезов под цвет своих зубов идёт визуальная подборка цвета, являются на сегодняшний день неактуальными и некачественными. Поэтому перед научно-техническими работниками и исследователями была поставлена задача разработки адекватных аппаратурных методик.

В частности, разработано устройство SpectroShade, которое имеет цифровую камеру, подключенную к ПК. Устройство обрабатывает информацию и выдает наиболее близкие значения искомому образцу. Отдельная модификация рассмотренного устройства – это SpectroShade™Micro. Данная модификация имеет возможность оценивать параметры цвета: яркость, насыщенность и прозрачность [Луцкая, 2006].

Устройство ShadeEye NCC позволяет определить цветовой состав и адаптирует полученные результаты к палитрам стандартных цветовых систем. Внутри прибора имеется память, которая сохраняет до 100 протоколов измерения. С помощью инфракрасного порта полученные результаты могут быть переданы на компьютер. Программное обеспечение позволяет создать объемную цветовую картину естественного зуба, состоящую из 256 оттенков. В данном устройстве имеется встроенный принтер и цифровой датчик [Наумович, 2014].

Перечисленные и другие разработанные на сегодняшний день аппаратные методики имеют один общий недостаток – это высокая стоимость, которая является неприемлемой для подавляющего большинства частных клиник, кабинетов и госучреждений нашей страны. Также необходимо отметить, что практически во всех системах присутствует спектральное разложение искомого зуба, но отсутствует разложение на спектральные составляющие эталонных образцов, что уже является грубым недостатком в отношении определения цветовых градаций в разных световых условиях.

Целью исследования является разработка модели и алгоритмов анализа данных спектральных составляющих зубных протезов для улучшения точности получаемых результатов, так как современное программное обеспечение позволяет создать мощную систему обработки данных.

Объекты и методы исследования

Для реализации поставленной цели и решения задач исследования были применены методы информационного моделирования, методика аддитивного синтеза цветов, теории оптимизации, математической статистики, методы объектно-ориентированного проектирования и программирования [Забуга, 2013, Kleinbaum и др., 2014].

Для создания модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих зубных протезов было использовано представление о цвете зубной эмали не как об индивидуальном ощущении, а как о его спектральном составе. Так как только при наличии объективной измерительной системы, позволяющей установить однозначное определение цветности, можно обеспечить одинаковое воспроизведение цвета зубов [Абакаров, 2001]. Это обстоятельство оказывается очень важным, если при съемке изображения для освещения используется искусственный свет. Если в солнечном свете все цвета присутствуют в равных долях, то в искусственном свете отдельные цветовые составляющие могут быть либо слишком сильными, либо вовсе отсутствовать.

Таким образом, математически удобнее всего представить цветовую систему искомой зубной эмали в виде RGB-куба, т. е. аддитивного суммирования красного [R], синего [B], зелёного [G] цветов (рис. 2). Для куба характерно, что каждая его пространственная точка однозначно определяется координатами X, Y и Z. Если по оси X откладывать красную, по оси Y зеленую, а по оси Z синюю составляющие цвета, то каждому цвету можно поставить в соответствие определенную точку внутри RGB-куба [Гонсалес и др., 2005]. Таким образом, в RGB-системе цвета представляются тремя численными значениями, которые задают красную, зеленую и синюю составляющие. В системе RGB любой цвет определяется как результат смешения красного, зеленого и синего цветов [Гафуров и др., 2019].

При составлении модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих зубных протезов представим процесс подбора соответствующих компонентов исходных порошков, как регрессионную модель, с возможными вариациями значений, в пределах нормы, устанавливаемой для определённых показателей.

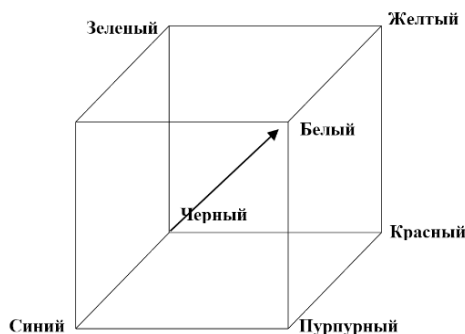


Рис. 2. RGB-куб
Fig. 2. RGB cube

Изменение цветовых составляющих происходит в линейной зависимости относительно регрессионной модели, поэтому возможно составление интерполяционных уравнений, а на их основе – анализ и рассмотрение единой системы для всех подуровней цветовых градаций [Kleinbaum и др., 2014].

Математическая модель должна основываться на уравнениях, представляющих полиномы одной поверхности (модель RGB-куба):

$$Y = A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3, \quad (1)$$

где $X_1; X_2; X_3$ – корреляционное изменение значения трёх получаемых цветов соответственно, $A_1; A_2; A_3$ – концентрации стандартных порошков.

Задача по определению цвета зубной эмали протезируемого зуба подразумевает использование регрессионной модели в виде линейной гиперплоскости первого порядка с отсутствием свободного члена.

Результаты исследования

Разработка модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих зубных протезов первоначально была разделена на два этапа:

1. Разработка модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих металлопластмассовых зубных протезов;
2. Разработка модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих металлокерамических зубных протезов.

Проведение информационного моделирования в случае определения цвета эмали металлопластмассовых зубных протезов было разделено на несколько этапов [Захаров, 2007]:

1. Постановка задачи моделирования;
2. Разделение цвета образцов зубных протезов и искомого зубного ряда на три составляющие;
3. Составление системы уравнений относительно каждой составляющей цвета искомого зуба;
4. Разработка алгоритма анализа данных спектральных составляющих металлопластмассовых зубных протезов
5. Разработка программного обеспечения для автоматизации всего процесса.

После адаптации и оптимизации рассмотренной методики (1) была разработана математическая модель (2) для анализа данных спектральных составляющих металлопластмассовых зубных протезов, в которой изменение цветовых составляющих происходит в корреляционной зависимости относительно регрессионной модели, поэтому

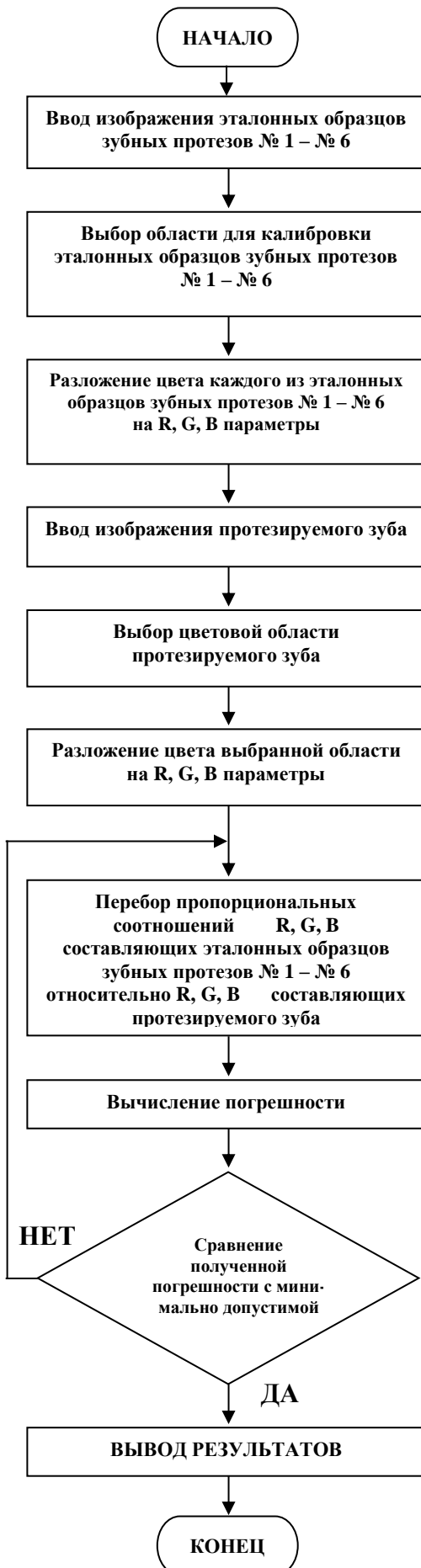


Рис. 3. Алгоритм работы модели
Fig. 3. Model Operation Algorithm

возможно составление интерполяционных уравнений [Мирзоев, 2016], а на их основе анализ и рассмотрение единой системы для всех подуровней цветовых градаций:

$$\begin{cases} r_1k_1 + r_2k_2 + r_3k_3 + r_4k_4 + r_5k_5 + r_6k_6 = RK \\ g_1k_1 + g_2k_2 + g_3k_3 + g_4k_4 + g_5k_5 + g_6k_6 = GK, \\ b_1k_1 + b_2k_2 + b_3k_3 + b_4k_4 + b_5k_5 + b_6k_6 = BK \end{cases} \quad (2)$$

где используется граф определения порошков с количеством, равным 6.

Для анализа данных и синтеза подбираемых с помощью модели компонентов был разработан алгоритм (рис. 3). Проверка работы разработанной модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих металлопластмассовых зубных протезов была проведена на разработанном специализированном программном обеспечении на базе систем объектно-ориентированного программирования [Волкова и др., 2011].

Внешний вид программы (рис. 4) содержит: кнопки управления программой; окно ввода изображения; окно оценки подбора цветовых составляющих; окна состава стандартных порошков; окно глубины просчета; строка состояния.

Основными функциями программы являются уменьшение и увеличение изображения в окне; отмена приближения изображения; получение наилучшего приближения; перемещение изображения при его увеличении; выбор конкретной области изображения, подбор цветовых составляющих [Абакаров и др., 2017]. Перед проведением процедуры необходимо очистить зубной налёт и подготовить пациента к исследованию. Фотокамерой получить снимки стандартных зубных протезов соответственно номерам стандартных порошков. Провести калибровку, поочередно выбирая нужный файл, после чего сделать съемку искомого зубного ряда. В соответствии с разработанной моделью и алгоритмом проводится поиск наиболее соответствующего искомому зубу состава стандартных порошков и выводятся значения их концентрации [Расулов и др., 2007].

На основе приведенной модели и алгоритма также была разработана программа для подбора цветовых составляющих металлокерамических протезов, которая содержит базу данных по пациентам, в которой хранятся все данные о пациенте и пройденных им процедурах [Абакаров, Гафуров и др., 2017].

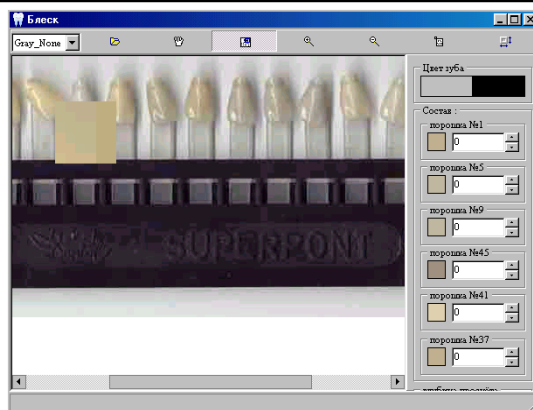


Рис. 4. Режим калибровки
Fig. 4. Calibration mode

В базе данных имеется несколько таблиц, в каждой из которых хранятся определенные данные о пациентах и тестах. Главное окно программы имеет вид, представленный на рис. 5.

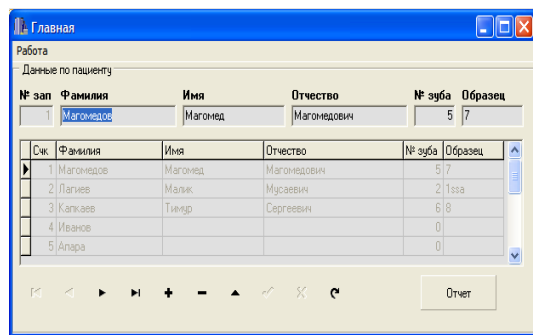


Рис. 5. Главное окно программы
Fig. 5. The main window of the program

Меню разработанной программы позволяет производить ввод новой, либо редактирование старой информации о пациенте [Гафуров и др., 2017]. Перед тем как начать исследование, вводятся данные о новом пациенте, проходящем исследование, либо выбирается уже ранее введенный. Далее переходят к контекстному меню «Работа» в строке заголовка программы и выбирается пункт «Установки цветов». Проводится калибровка шаблонных зубных протезов, которые являются эталонными образцами для последующего выбора цветовых составляющих металлокерамических протезов (рис. 6).

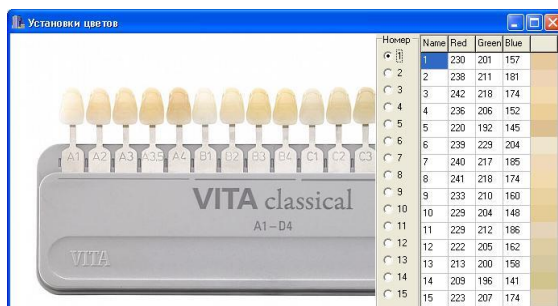


Рис. 6. Режим калибровки
Fig. 6. Calibration mode

После чего в контекстном меню «Работа» в строке заголовка программы выбирается пункт «Поиск подходящего» и в появившемся окне «Выбор наиболее близкого цвета» указывается фотография заранее снятых протезируемых зубов пациента (рис. 7) [Гафуров и др., 2015, Мирзоев, 2016].

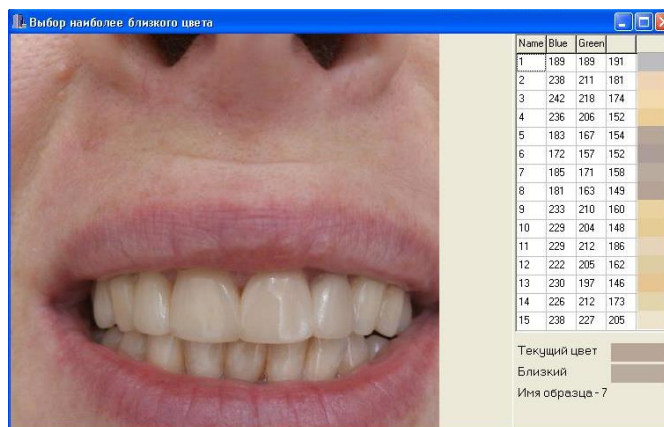


Рис. 7. Выбор наиболее близкого цвета

Fig. 7. Choose the closest color

После чего в пункте меню «Печать отчета» и кнопки «Отчет» в нижнем углу программы можно просмотреть полученные данные и распечатать их при помощи стандартных средств. После проведения ряда экспериментальных исследований количество эталонных образцов возможно увеличить. Одним из основных преимуществ разработанной модели и алгоритма анализа данных спектральных составляющих металлокерамических протезов зубного ряда является универсальность, вне зависимости от применяемой методики синтеза эталонных образцов различных производителей керамических масс [Гафуров и др., 2015].

Заключение

В ходе проведения экспериментальных исследований в стоматологической клинике г. Махачкалы были получены серии опытных образцов стандартных металлопластмассовых и металлокерамических зубных протезов, изготовленных при помощи разработанного программного обеспечения. Визуальное сравнение полученных металлокерамических и металлопластмассовых зубных протезов позволяет сделать вывод, что с помощью разработанных моделей и алгоритмов анализа данных спектральных составляющих зубных протезов можно с достаточной степенью адекватности получать цветовую гамму искомого зубного ряда.

На XV международном салоне изобретений и новых технологий «Новое время» в городе Севастополь (сентябрь 2019 года), представленная в статье разработка программной среды для синтеза цветовых составляющих металлопластмассовых зубных протезов, получила золотую медаль [Абакаров, Гаджиев, Расулов, Гафуров, Горелова, 2017].

Список литературы

1. Абакаров С.И. 2001. Оптимальные условия и особенности определения и создания цвета в керамических и металлокерамических протезах. Новое в стоматологии. 4: 23–29.
2. Абакаров Т.А., Гаджиев Х.М., Расулов И.М., Гафуров К.А., Горелова А.И. 2017. Программная среда для синтеза цветовых составляющих пластмассовых зубных протезов: Влск. Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ № 201766.
3. Абакаров Т.А., Гафуров К.А., Горелова А.И., Расулов И.М. 2017. Разработка способа подбора цвета зубных протезов при металлокерамическом протезировании. «Мир науки и молодежи: тенденции и новые горизонты». Материалы международной конференции молодых ученых. Караганда, ИПЦ КГМУ, 31–32.
4. Абакаров Т.А., Гафуров К.А., Расулов И.М. 2017. Разработка медицинской информационной системы для автоматизации подбора цвета зубных протезов. Материалы всероссийской юбилейной научно-практической конференции, с международным участием, посвященной 85-летию Дагестанского государственного медицинского университета. Махачкала, ИПЦ ДГМУ, 108–110.
5. Гафуров К.А., Горелова А.И. 2017. Разработка биотехнического комплекса подбора цвета зубных протезов в ортопедической стоматологии. Студенческая наука – 2017: материалы

Всероссийского научного форума студентов и молодых ученых с международным участием. СПб.: СПбГПУ, 410–411.

6. Гафуров К.А., Исламов М.Н., Абакаров Т.А., Расулов И.М. 2019. Компьютерная система подбора цвета металлокерамических протезов в ортопедической стоматологии. Материалы V Всероссийской с международным участием студенческой научно-образовательной конференции «Актуальные вопросы студенческой медицинской науки и образования». Рязань, ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, 93–94.

7. Гафуров К.А., Расулов И.М. 2015. Биотехнический комплекс подбора цвета зубных протезов в ортопедической стоматологии. Материалы Всероссийской юбилейной научно-практической конференции с международным участием. Махачкала, ИПЦ ДГМА, 202–205.

8. Гонсалес Р., Вудс Р. 2005. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 1072.

9. Волкова И.А., Иванов А.В., Карпов Л.Е. 2011. Основы объектно-ориентированного программирования. Язык программирования С++. М., издательский отдел факультета ВМК МГУ, 112.

10. Забуга А.А. 2013. Теоретические основы информатики. Новосибирск, изд-во НГТУ, 168.

11. Захаров В.Н., Калиниченко Л.А., Соколов И.А., Ступников С.А. 2007. Конструирование канонических информационных моделей для интегрированных информационных систем. Информатика и ее применения. 1(2): 32.

12. Киселева Г.Л. 2001. Моделирование распространения света в биологических тканях. Радиоэлектроника. 1: 11–17.

13. Луцкая И.К. 2006. Цветоведение в эстетической стоматологии. М., Медицинская книга, 116.

14. Мирзоев М.С. 2016. Основы математической обработки информации. М., Прометей, 316.

15. Наумович С.А. 2014. Определение цвета зубов в клинике ортопедической стоматологии. Минск, БГМУ, 59.

16. Расулов К.М., Магомедов Д.А., Гаджиев Х.М., Гафуров К.А., Расулов И.К. 2007. Аппаратно-программный комплекс для подбора цвета зубных протезов. Научно-практический журнал «Современная ортопедическая стоматология». М., изд. ООО «Медицинская пресса». 8: 36–40.

17. Kleinbaum D.G., Kupper L.L., Nizam A., Rosenberg E.S. 2014. Applied regression analysis and other multivariable methods. Cengage Learning, 432.

18. Li, O., Wang, Y.N. 2007. Comparison of shade matching by visual observation and intraoral dental colorimeter. J.Oral. Rehabil. onLine Early Articles.

19. Paravina, R., Majkis, G., Imai, F., Powers, J. 2007. Optimization of tooth color and shade design. J. Prostodont. 16: 269–276.

20. 2005. Studies of electronic measuring instruments (definition) color. Amsterdam University and the Free University, the Netherlands. Dental technician. 2 (49): 82.

References

1. Abakarov S. I. 2001. Optimal'nye usloviya i osobennosti opredeleniya i sozdaniya tsveta v keramicheskikh i metallokeramicheskikh protezakh. Novoe v stomatologii [Optimal conditions and features for determining and creating color in ceramic and metal-ceramic prostheses. New in dentistry. 4]. 4: 23–29.

2. Abakarov T.A., Gadzhiev Kh.M., Rasulov I.M., Gafurov K.A., Gorelova A.I. 2017. A software environment for the synthesis of color components of plastic dentures: Blesk. Certificate of state registration of a computer program № 201766.

3. Abakarov T.A., Gafurov K.A., Gorelova A.I., Rasulov I.M. 2017. Razrabotka sposoba podbora tsveta zubnykh protezov pri metallokeramicheskom protezirovanii. «Mir nauki i molodezhi: tendentsii i novye gorizonty». Materialy mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh. [Development of a method for matching the color of dentures in metal-ceramic prosthetics. "The world of science and youth: trends and new horizons." Materials of the international conference of young scientists]. Karaganda, IPTs KGMU, 31–32.

4. Abakarov T.A., Gafurov K.A., Rasulov I.M. 2017. Razrabotka meditsinskoj informatsionnoj sistemy dlya avtomatizatsii podbora tsveta zubnykh protezov. Materialy vsrossiyskoj yubileynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennuyu 85-letiyu Dagestanskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. [Development of a medical information system to automate the color matching of dentures. Materials of the All-Russian jubilee scientific and practical conference, with international participation, dedicated to the 85th anniversary of the Dagestan State Medical University]. Makhachkala, IPTs DGMU, 108–110.

5. Gafurov K.A., Gorelova A.I. 2017. Razrabotka biotekhnicheskogo kompleksa podbora tsveta zubnykh protezov v ortopedicheskoy stomatologii. Studencheskaya nauka – 2017: materialy Vserossiyskogo

nauchnogo foruma studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem. [Development of a biotechnical complex for the color matching of dentures in orthopedic dentistry. Student Science – 2017: Materials of the All-Russian Scientific Forum of Students and Young Scientists with International Participation]. SPb.: SPbGPMU, 410–411.

6. Gafurov K.A., Islamov M.N., Abakarov T.A., Rasulov I.M. 2019. Komp'yuternaya sistema podbora tsveta metallokeramicheskikh protezov v ortopedicheskoy stomatologii. Materialy V Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem studencheskoy nauchno-obrazovatel'noy konferentsii «Aktual'nye voprosy studencheskoy meditsinskoy nauki i obrazovaniya». [Computer system for color matching of metal-ceramic prostheses in orthopedic dentistry. Materials of the V All-Russian with international participation student scientific and educational conference "Topical issues of student medical science and education"]. Ryazan', FGBOU VO RyazGMU Minzdrava Rossii, 93–94.

7. Gafurov K.A., Rasulov I.M. 2015. Biotekhnicheskii kompleks podbora tsveta zubnykh protezov v ortopedicheskoy stomatologii. Materialy Vserossiyskoy yubileynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. [Biotechnical complex for color matching of dentures in orthopedic dentistry. Materials of the All-Russian Anniversary Scientific and Practical Conference with International Participation]. Makhachkala, IPTs DGMA, 202–205.

8. Gonsales R., Vuds R. 2005. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy. [Digital image processing]. M., Tekhnosfera, 1072.

9. Volkova I.A., Ivanov A.V., Karpov L. E. 2011. Osnovy ob'ektno-orientirovannogo programmirovaniya. Yazyk programmirovaniya S++. [The basics of object-oriented programming. C ++ programming language]. M., izdatel'skiy otdel fakul'teta VMK MGU, 112.

10. Zabuga A.A. 2013. Teoreticheskie osnovy informatiki. [Theoretical foundations of computer science]. Novosibirsk, izd-vo NGTU, 168.

11. Zakharov V.N., Kalinichenko L.A., Sokolov I.A., Stupnikov S.A. 2007. Konstruirovaniye kanonicheskikh informatsionnykh modeley dlya integrirovannykh informatsionnykh sistem. [Construction of canonical information models for integrated information systems]. Informatika i ee primeneniya. 1(2): 32.

12. Kiseleva G.L. 2001. Modelirovaniye rasprostraneniya sveta v biologicheskikh tkanyakh. [Simulation of light propagation in biological tissues]. Radioelektronika. 1: 11–17.

13. Lutskeya I. K. 2006. Tsvetovedeniye v esteticheskoy stomatologii. [Color science in aesthetic dentistry]. M., Meditsinskaya kniga, 116.

14. Mirzoev M.S. 2016. Osnovy matematicheskoy obrabotki informatsii. [Fundamentals of Mathematical Information Processing]. M., Prometey, 316.

15. Naumovich S. A. 2014. Opredeleniye tsveta zubov v klinike ortopedicheskoy stomatologii. [Determination of the color of teeth in the clinic of orthopedic dentistry]. Minsk, BGMU, 59.

16. Rasulov K.M., Magomedov D.A., Gadzhiev Kh.M., Gafurov K.A., Rasulov I.K. 2007. Apparatno-programmnyy kompleks dlya podbora tsveta zubnykh protezov. Nauchno-prakticheskii zhurnal «Sovremennaya ortopedicheskaya stomatologiya. [Hardware and software complex for color matching of dentures. Scientific and practical journal "Modern Prosthetic Dentistry]. M., izd. OOO «Meditsinskaya pressa». 8: 36–40.

17. Kleinbaum D.G., Kupper L.L., Nizam A., Rosenberg E.S. 2014. Applied regression analysis and other multivariable methods. Cengage Learning, 432.

18. Li, O., Wang, Y.N. 2007. Comparison of shade matching by visual observation and intraoral dental colorimetr. J.Oral. Rehabil. onLine Early Articles.

19. Paravina, R., Majkis, G., Imai, F., Powers, J. 2007. Optimization of tooth color and shade design. J. Prostodont. 16: 269–276.

20. 2005. Studies of electronic measuring instruments (definition) color. Amsterdam University and the Free University, the Netherlands. Dental technician. 2 (49): 82.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гафуров Керим Абсаламович, кандидат технических наук, доцент кафедры физики, информатики и медаппаратуры Дагестанского государственного медицинского университета, г. Махачкала, Республика Дагестан

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kerim A. Gafurov, Candidate of Technical Sciences, Docent Department of Physics, Computer Science and Medical Equipment Daghestan State Medical University, Makhachkala, Republic of Daghestan