

УДК 621.396

Модель эффективного кодирования цветного изображения с учетом особенностей систем колориметрии¹

Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю.

Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ)
ул. Авиамоторная, 8а, Москва, 111024, Российская Федерация
asykka@bk.ru, asa@mtuci.ru

Получено: 20 июля 2019 г.

Отрецензировано: 13 сентября 2019 г.

Принято к публикации: 16 сентября 2019 г.

Аннотация: В современном мире существует множество колориметрических систем, такие как RGB, XYZ и другие. Каждая из систем обладает своими достоинствами и недостатками. Однако при выборе определенной системы для передачи цветного изображения необходимо учитывать то, как повлияет на восприятие цвета человеческим глазом механизм коррекции, применяемый при передаче по каналу. Предложен алгоритм эффективного кодирования изображения при передаче с учетом особенностей систем колориметрии.

Ключевые слова: системы колориметрии, эллипсы мак-Адама, эффективное кодирование, средние риски, матрица рисков, матрица вероятностей.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю. Модель эффективного кодирования цветного изображения с учетом особенностей систем колориметрии // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2019. Т. 2, № 3. С. 349—360.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.11—2011): Аджемов, А. С. Модель эффективного кодирования цветного изображения с учетом особенностей систем колориметрии / А. С. Аджемов, А. Ю. Кудряшова // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2019. — Т. 2, № 3. — С. 349—360.

¹ Статья является расширенной версией доклада, представленного на 29-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2019 (Севастополь, РФ, 8—14 сентября 2019 г.).

Effective coding model of color image based on features colorimetric systems

A. S. Adzhemov and A. Y. Kudryashova

*Moscow Technical University of Communications and Informatics
8a Aviamotornaya Str., Moscow, 111024, Russian Federation
asykka@bk.ru, asa@mtuci.ru*

Received: July 20, 2019

Peer-reviewed: September 13, 2019

Accepted: September 16, 2019

Abstract: *In the modern world there are many colorimetric systems, such as RGB, XYZ and others. Each of the systems has its own advantages and disadvantages. However, when choosing a specific system for transmitting a color image, it is necessary to take into account how the correction mechanism used in channel transmission will affect the perception of color by the human eye. An algorithm is proposed for efficient image coding during transmission taking into account the peculiarities of colorimetry systems.*

Keywords: *colorimetry systems, Mac Adam ellipses efficient coding, medium risks, risk matrix, probability matrix.*

For citation (IEEE): A. S. Adzhemov and A. Y. Kudryashova, "Effective coding model of color image based on features colorimetric systems," *Infocommunications and Radio Technologies*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 349–360. (In Russ.).

1. Введение

Учитывая то, что при передаче цветного изображения зрительная система человека может воспринимать окончательный, принятый вариант по-разному в зависимости от влияния различных параметров передачи, возникает задача оптимизации способа передачи изображения. Необходимо создать алгоритм, способный подстроиться под входные параметры передачи и закодировать изображение наиболее выгодным способом, несущим минимальные потери при передаче и окончательным восприятием экспертом (или человеком).

2. Основная часть

В современном мире передача изображения, в том числе передача телевизионного и видеосигнала осуществляется с использованием предварительной и восстанавливающей коррекцией по закону, который был обу-

словлен применением отображающих устройств на электронно-лучевых трубках. Если учитывать наличие нескольких каналов передачи видеoinформации, например, трех для цветного телевидения, то даже для первого случая при передаче сигналов применяется несколько цветовых моделей, например, RGB или YCrCb. При этом, с одной стороны, в каналах R, G, и B применяется не являющаяся оптимальной с позиции минимизации числа уровней квантования при визуальном контроле изображения гамма-коррекция, а с другой стороны, известно, что указанные модели не являются равноконтрастными, то есть, изменение, например, цветового тона или насыщенности на определенную величину будет в разной степени заметно в зависимости от выбора начальных значений координат выбранного цвета.

Если вести разговор о восприятии цвета и передачи цветных изображений, то нельзя не упомянуть такую науку как колориметрия. Колориметрия занимается цветовыми измерениями, это основа системы научного описания феномена цветового восприятия [1].

Рассмотрим природу цвета. Цвет — это атрибут зрительного ощущения и результат цветового восприятия, который зависит от трех компонентов. Цвет появляется за счет взаимодействия источника света, объекта и зрительной системы человека.

Если для возникновения цвета необходимы все три составляющие, то для создания системы колориметрии, необходимо определить их количественно. Источник света количественно описывается через спектральное распределение энергии, материальные объекты — через спектральное распределение энергии излучения, пропущенной ими или отраженной от них. Зрительная система человека же описывается количественно через ее способность к выявлению цветовых соответствий.

Концепция одной из современных колориметрических систем - RGB, состоит в том, что цветовые соответствия могут быть описаны как количества трех аддитивных первичных световых потоков, необходимых для достижения визуального соответствия тому или иному стимулу. Это иллюстрирует формула цвета 1.

$$C = R(r) + G(g) + B(b) \quad (1)$$

где R, G, B — количество единиц кардинального стимула r, g, b соответственно.

Таким образом, любой цвет может быть визуально уравнен точными количествами трех кардинальных стимулов. Следовательно, эти количества в совокупности с характеристиками самого набора кардинальных стимулов, позволяют специфицировать цвет [2].

Данная система координат является исходной точкой построения других колориметрических систем цветовых пространств и использует реально существующие цвета, а именно R (Red) — красный, G (Green) — зеленый, B (Blue) — синий. Данная система построена на кривых смешения цветов RGB, экспериментальные данные удалось усреднить и интерпретировать как кривые сложения цветов для стандартного наблюдателя. Кривые обозначаются как $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$. На рисунке 1 показана зависимость координат цвета от длины волны. Следует отметить, что из-за отрицательных значений красного цвета в определенном диапазоне, данная система не охватывает спектральные и пурпурные цвета.

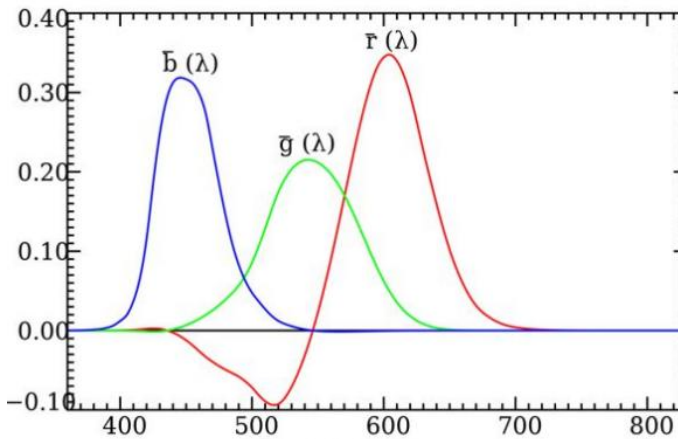


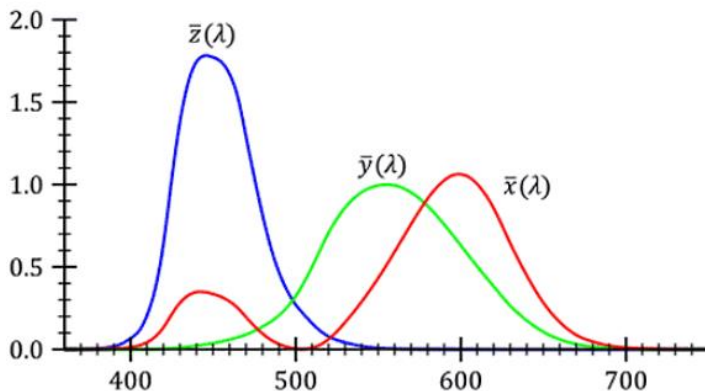
Рис. 1. Кривые сложения цветов RGB систем координат при $R=700\text{nm}$, $G=546.1\text{nm}$, $B=435.8\text{nm}$.

Fig. 1. Color addition curves of RGB coordinate systems at $R = 700\text{ nm}$, $G = 546.1\text{ nm}$, $B = 435.8\text{ nm}$

Для более эффективного применения кривые сложения RGB были подвергнуты линейному математическому преобразованию, в результате чего были получены новые кривые сложения $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$. Данные кривые получили название кривые сложения цветов стандартного колориметрического наблюдателя [3].

Цвета X, Y, Z в отличие от R, G, B реально не существуют и играют лишь вспомогательную математическую роль. Переход от основных цветов RGB к XYZ происходит в соответствии с рекомендацией МКО по следующим формулам:

$$\begin{aligned} X &= 0.49000 R + 0.31000 G + 0.20000 B, \\ Y &= 0.17697 R + 0.81240 G + 0.01063 B, \\ Z &= 0.00000 R + 0.01000 G + 0.99000 B. \end{aligned} \quad (2)$$

Рис. 2. Кривые сложения $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$.Fig. 2. Addition curves $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$

Недостатком системы XYZ является то, что в диапазоне длин волн от 380 нм до 460 нм значения функции сложения цветов слишком малы, а одинаковым изменениям координат цвета не соответствует равнозначные изменения цветовых ощущений, т. е. ощущения при изменении координат между двумя соседними точками в одной области цветового пространства будут более заметны, чем при изменении координат в другой области цветового пространства. Данный недостаток выявился в ходе экспериментов Мак Адама, в ходе которых он четко показал, что изменения координат цвета по ощущению наблюдателя различны для различных областей и имеют форму эллипса, а не круга. Кроме того, на пурпурных оттенках человеческий глаз заметит ошибку с большей вероятностью, чем на других оттенках из заданного диапазона [4].

При передаче видеосигнала из соображений экономии и монохромной совместимости чаще используют не сигналы RGB, а другой набор компонентных сигналов — сигнал яркости и два цветоразностных сигнала — параллельный аналоговый компонентный стык YPrPb.

В стандартном стыке YPrPb размахи цветоразностных сигналов Pr и Pb совпадают с размахом сигнала яркости Y и размахом сигналов первичных цветов R, G, B. Отсюда легко вычислить масштабные коэффициенты:

$$Pr = 0.71327 (R - Y) \text{ и } Pb = 0.56433 (B - Y) \quad (3)$$

Сигнал яркости чаще всего формируется из следующего соотношения:

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \quad (4)$$

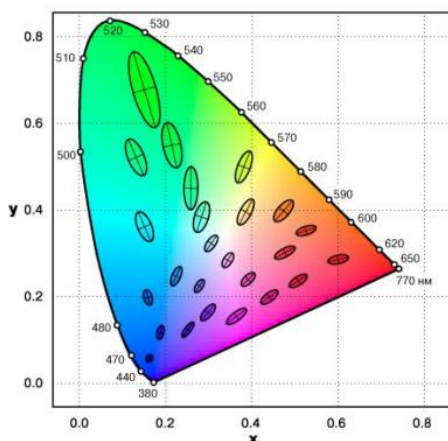


Рис. 3. Эллипсы Мак-Адама.

Fig. 3. McAdam's Ellipses

Несмотря на обратимость линейного матричного преобразования сигналов RGB в YPrPb, сигналы RGB, восстановленные из записанных сигналов YPrPb, не являются точной копией исходных, прежде всего из-за ограничения полосы частот в каналах Pr и Pb.

Если рассмотреть два стандарта кодирования цветного изображения для цифровой передачи — ITU 525/59.94 и ITU 625/50, то число отсчетов в обоих стандартах для сигнала яркости — 720, а число отсчетов для цветоразностных сигналов — 360 на каждый. Количество бит на отсчет равно 8, уровни квантования с 1 по 254 отведены для видеосигнала, уровни 0 и 255 — зарезервированы для синхронизации [5].

Однако было выявлено, что при использовании любой системы колориметрии будут найдены те или иные недостатки при окончательном восприятии изображения человеческим глазом. А это значит, что необходимо оптимизировать сам способ передачи изображения, в данном случае остановимся на способе кодирования и попытаемся найти вариант, оптимальный для любой системы, алгоритм, который в зависимости от входных параметров системы будет предлагать различные варианты кодирования.

С учетом вышеуказанных недостатков системы колориметрии и специфики восприятия человеческого зрения можно предложить иную модель кодирования цветного изображения для передачи цифровым сигналом. Для начала рассмотрим статистические меры, которые могут рассматриваться как входные и выходные параметры, рассчитываемые алгоритмом. На их основе будет производиться поиск оптимального варианта кодирования для конкретного заданного случая.

Для оценки качества приема рассматривают меру расхождения принятого сигнала относительно переданного. Часто такой мерой является средняя вероятность ошибки P_e . Оптимальный приемник обеспечивает минимум этой вероятности при заданных условиях передачи и выбранной модели помех.

Для реального приемника — это потенциальная граница и оценка эффективности его реализации.

Средний риск. В задачах проверки гипотез H_i , $i = \overline{0, M-1}$ задается матрица потерь $\Pi = [\Pi_{ij}]$, $i, j = \overline{0, M-1}$. Кроме того, наряду с заданием канала $(X, Y, P_{y|x})$, полагается известной вероятностная мера p_x . Для дискретного источника она определяется распределением вероятностей гипотез: $p_i = p(H_i)$, $i = \overline{0, M-1}$. Средний риск вводится как математическое ожидание матрицы потерь [6]:

$$\bar{R} = M\{\Pi_{ij}\} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} \Pi_{ij} \cdot p(H_i \cap H_j) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} \Pi_{ij} \cdot p(H_j) \cdot p(y \in Y_i | H_j) \quad (5)$$

Учитывая, что условные вероятности $p(y \in Y_i | H_j)$ выражаются через функцию правдоподобия $p(y \in Y_i | H_j) = \int_{Y_i} l_i(y) dy = \int_{Y_i} W(y | H_j) dy$, окончательно получаем:

$$\bar{R} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} \Pi_{ij} \cdot p(H_j) \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (6)$$

Средняя вероятность ошибки. Ошибка возникает, когда гипотеза γ_i не совпадает с истинной гипотезой H_i . При $i = j$ выносится правильное решение. Если матрица потерь простая, т.е., $\Pi_{ij} = 1 - \delta_{ij}$ где δ_{ij} — символ Кронекера, то получаем [7]:

$$\bar{R} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0, j \neq i}^{M-1} p_j \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (7)$$

В данном случае средний риск — это средняя вероятность ошибки P_e . Эквивалентный критерий — средняя вероятность правильного приема: $p_{pr} = 1 - P_e$.

Апостериорная вероятность гипотезы. Если Π_{ij} не известна, то выбирают критерий, где ее нет, например, апостериорная вероятность гипотезы, вытекающая из формулы Байеса:

$$p(H_i | y) = \frac{p(H_i) \cdot W(y | H_i)}{\sum_{i=0}^{M-1} p(H_i) \cdot W(y | H_i)} \quad (8)$$

Байесовский показатель оптимальности основан на минимизации критерия среднего риска:

$$\bar{R}_B = \min \bar{R} = \min \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0, j \neq i}^{M-1} \Pi_{ij} \cdot p(H_j) \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (9)$$

Решение выносится в пользу той гипотезы H_i , для которой обеспечивается минимум среднего риска.

Показатель минимума средней вероятности ошибки (показатель Зигерта — Котельникова). В этом случае используется критерий минимизации средней вероятности ошибки [8]:

$$\bar{R}_{ЗК} = \min \bar{p}_e = \min \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0, j \neq i}^{M-1} p_j \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (10)$$

Этот показатель называют еще показателем «идеального наблюдателя», полагая, что некоторый «наблюдатель» на приеме задает матрицу Π_{ij} так, что ее элементы равны 0 при правильных решениях $i = j$, а при ошибочных решениях $i \neq j$ равны 1 [9].

На практике часто применяют эквивалентный показатель максимума правильного решения:

$$\max p_{pr} = \max \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0, j \neq i}^{M-1} p_j \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (11)$$

Показатель максимума апостериорной вероятности задается так: среди множества гипотез H_j , $j = \overline{0, M-1}$ выбирается такой номер i , при котором достигается максимум:

$$i = \underbrace{\arg \max}_{0 \leq j \leq M-1} p(H_j | y) = \underbrace{\arg \max}_{0 \leq j \leq M-1} \left\{ p_j \frac{W(y | H_j)}{W(y)} \right\} \quad (12)$$

Минимаксный показатель оптимальности. Если не известна вероятностная мера p_x источника ДС, то предлагается минимизировать средний риск в условиях худшей меры:

$$\max_{0 \leq j \leq M-1} \min \bar{R} = \max_{0 \leq j \leq M-1} \min \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} \Pi_{ij} p_j \int_{Y_i} W(y | H_j) dy \quad (13)$$

В теории статистических решений показывается, что решение по данному показателю будет таким же, как если использовать условные рис-

ки $\bar{R}_j = \sum_{i=0}^{M-1} \Pi_{ij} \cdot \int_{Y_i} W(y | H_j) dy$, а решение основывались бы на показате-

ле оптимальности вида: $\min \max_{0 \leq j \leq M-1} \bar{R}_j$

Показатель оптимальности Неймана — Пирсона. При приеме двоичных ДС есть две гипотезы H_0 — основная и H_1 — альтернативная [10, 11]. Будем проверять гипотезу H_0 против H_1 . При этом возможны два ошибочных решения α и β , оцениваемых условными вероятностями [12]:

$$\alpha = p(H_1 | H_0) = \int_{Y_1} W(y | H_0) dy \text{ и } \beta = p(H_0 | H_1) = \int_{Y_0} W(y | H_1) dy \quad (14)$$

Здесь Y_0 — область принятия гипотезы, а Y_1 — область ее отвержения. Если наблюдение (сигнал) y попадает в Y_1 , так что отвергается гипотеза H_0 , а на самом деле она являлась истинной, то говорят об ошибке первого рода с вероятностью α .

Если же y попадает в Y_0 , а правильной являлась H_0 , то говорят об ошибке второго рода с вероятностью β . Помимо вероятностей α и β рассматриваются вероятности правильных решений, вычисляемых по формулам:

$$p(H_0 | H_0) = 1 - \alpha \text{ и } p(H_1 | H_1) = 1 - \beta \quad (15)$$

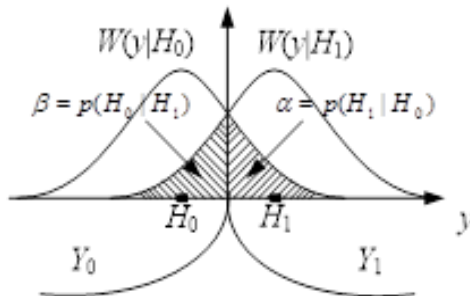


Рис. 4. Области принятых и отвергнутых гипотез.

Fig. 4. Areas of accepted and rejected hypotheses

Из всех вышеперечисленных методов наиболее выгодным вариантом будет являться использование метода нахождения среднего риска при кодировании сигнала. Это обусловлено тем, что при использовании данного метода можно задать матрицу потерь, исходя из конкретных характеристик передаваемого сигнала, а затем легко вычислить среднее значение риска или дисперсию величины риска.

Таким образом, возможно эффективно закодировать изображение, следуя предлагаемому алгоритму:

- 1) Составление матрицы рисков вида:

$$R = \begin{Bmatrix} r_{0,0} & \dots & r_{0,255} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{255,0} & \dots & r_{255,255} \end{Bmatrix} \quad (16)$$

С помощью матрицы рисков появляется возможность выявления наиболее и наименее «ценных» элементов передаваемой информации.

- 2) Составление матрицы вероятностей появления риска искажения вида:

$$P = \begin{Bmatrix} P_{0,0} & \dots & P_{0,255} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{255,0} & \dots & P_{255,255} \end{Bmatrix} \quad (17)$$

С помощью матрицы вероятностей появляется возможность определения риска появления искажения каждого передаваемого элемента [13].

- 3) Составление вектора появления элемента в канале передачи вида:

$$P_c = \begin{Bmatrix} P_0 \\ \dots \\ P_{255} \end{Bmatrix} \quad (18)$$

С помощью вектора удобно определять вероятности появления значения сигнала в канале.

- 4) После введения всех характеристик кодирования, перейти к вычислению коэффициента рисков искажений:

$$K = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} (r_{i,j} \cdot p_{i,j}) \cdot P_i \quad (19)$$

- 5) Вычисление дисперсии величины риска варианта кодирования:

$$D(R) = M(R^2) - (M(R))^2 \quad (20)$$

где $M(R) = K$ — математическое ожидание величины риска [14].

Упростим формулу, используя указанное равенство:

$$D(R) = M(R^2) - K^2 \quad (21)$$

Формула математического ожидания квадрата величины риска:

$$M(R^2) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n ((r_{i,j})^2 \cdot p_{i,j}) \cdot P_i \quad (22)$$

Очевидно, что число вариантов кодирования равно 256^3 ! Это число очень большое для ручных расчетов, однако при автоматизации расчетов «наилучший» вариант кодирования найти становится более реальным.

3. Заключение

Таким образом, удалось предложить алгоритм выбора наиболее «эффективного» варианта кодирования цветного изображения с учетом особенностей выбранной системы колориметрии и восприятия изменения цветности человеческим глазом. Алгоритм базируется на методе средних рисков, учитывает значения рисков при переходе элемента передачи в другой и самого в себя, а также вероятности появления данных рисков. В дальнейшем исследование предполагает разработку программного алгоритма для автоматизации предложенного выбора.

Список литературы

1. Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю. Особенности оценки качества передачи сигналов в различных метрических пространствах // *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. 2017. Т. 17, № 4. С. 886—888.
2. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. About features of evaluation of the quality of generation and signal processing at stage transformations in wiring and optical communication systems // *IEEE International Scientific Conference Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*. Moscow, 2018. Pp.1–4.
3. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. Features rate estimation options binary codewords with the digitalization of the signal // *IEEE International Scientific Conference Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*. Minsk, 2018. Pp. 1–5.
4. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. Building an Algorithm for Estimating the Effective Coding of a Source when Converting Signals in Various Metric Spaces // *IEEE Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)*. S.-Petersburg, 2018. Pp. 1–4.
5. Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю. Об особенностях оценки качества преобразования сигналов при последовательных преобразованиях в различных метрических пространствах // *Материалы XII Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества»*. 2018. С. 211—213.

6. Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю. Особенности оценки мощности множества вариантов выбора двоичных кодовых комбинаций при цифровизации сигнала // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2018. Т. 9, № 1. С. 5—8.
7. Кудряшова А. Ю. Особенности оценки кодирования при различных конфигурациях пространства источника // DSPA : Вопросы применения цифровой обработки сигналов, 2018. Том 8, № 3. С. 228—232.
8. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y., Application of Weber-Fechner Law in Image Transmission in the Field of Onboard Communications // IEEE International Scientific Conference Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications (ON BOARD 2019). Moscow, 2019. Pp.1–6.
9. Баталов А. Э., Синева И. С. Алгоритмы генетического кодирования при различных конфигурациях пространства источника // Т-COMM : телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9, № 7. С. 53—59.
10. Фенчук М. М., Синева И. С. Оптимизация алгоритма генетического кодирования для пространств произвольных размерностей // Т-COMM: телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9, № 7. С. 74—79.
11. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. Model of Effective Color Image Coding Taking into Account the Peculiarities of Colorimetry System // IEEE International Scientific Conference Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). Yaroslavl, 2019. Pp. 1–4.
12. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. Evaluation program of an efficient source coding algorithm under the condition of converting metric spaces // IEEE Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). S.-Petersburg, 2019. Pp. 1–5.
13. Аджемов А. С., Кудряшова А. Ю., Долгопятова А. В. Построение эффективного алгоритма оценки кодирования источника при преобразовании метрических пространств // Материалы XII Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества». 2019. С. 195—198.
14. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Y. Model of Effective Color Image Coding Taking into Account the Peculiarities of Colorimetry System // IEEE International Scientific Conference Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). Yaroslavl, 2019. Pp. 1–4.

Информация об авторах

Аджемов Артем Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой кафедры общей теории связи Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ), г. Москва, Российская Федерация. ORCID 0000-0002-1616-323X.

Кудряшова Анастасия Юрьевна, аспирант, ассистент кафедры общей теории связи Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ), г. Москва, Российская Федерация. ORCID 0000-0002-3673-7667.

Information about the authors

Artem S. Adzhemov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of the General Theory of Communications of the Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), Moscow, Russian Federation. ORCID 0000-0002-1616-323X.

Anastasiya Y. Kudryashova, graduate student, assistant at the Department of General Theory of Communications, Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), Moscow, Russian Federation. ORCID 0000-0002-3673-7667.