



# OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.023

## ГЕНЕРАЦИЯ ЗВУКОВ ПО ЦВЕТОВОЙ ГАММЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Никитин Н.А., Розалиев В.Л. \*, Орлова Ю.А. \*, Заболеева-Зотова А.В. \*\*

\* *Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия*

**nikitin.nikita@outlook.com**

**vladimir.rozaliev@gmail.com**

**yulia.orlova@gmail.com**

\*\* *Российский фонд фундаментальных исследований, г. Москва, Россия*

**zabzot@gmail.com**

В работе рассматривается теоретическое описание алгоритма соотнесения цветовых и музыкальных характеристик, базирующегося на светомузыкальной теории Афанасьева, а также схеме соотнесения цветов и тоналностей Скрябина. Также описывается программная система генерации звуков по цветовой гамме изображений, которая состоит из модуля анализа изображений и синтеза звуков, а также приводится описание выбранного метода синтеза звуков.

**Ключевые слова:** светомузыкальная теория; синтез звуков; сэмплинг.

### Введение

Не смотря, на все достижения в понимании творческих процессов, создание музыки не может проходить автоматически. Однако не прекращаются попытки установить зависимость между зрительными и музыкальными образами [Заболеева-Зотова и др., 2007]. Передаваемая музыкой и картинами эмоциональность сложно распознаваема [Розалиев и др., 2013]. Сам процесс создания музыки, на данный момент, не поддаётся чёткой формализации, хотя и основывается на строго определённых музыкальных правилах. В данной работе рассматривается теоретическое описание генерации звуков по цветовой гамме изображений, как одно из приближений к автоматизации процесса создания музыки.

В основе работы лежит светомузыкальная теория В.В. Афанасьева [Афанасьев, 2002], а также разработанная русским композитором Скрябиным, схема соотнесения цветов и нот.

### 1. От цветовых характеристик к музыкальным

Согласно светомузыкальной теории Афанасьева В.В. невозможно навсегда привязать какую-либо ноту к определенному цвету в силу их различной природы, поэтому необходимо связать отношения звуков и цветов в зависимости от того, в какой

плоскости они представлены: мелодия, гармония или тоналность. Иначе говоря, одна и та же нота в произведении может быть окрашена разными цветами.

Для начала определим таблицу соотнесения музыкальных и художественных характеристик.

Таблица 1 – Таблица соответствия музыкальных и художественных характеристик

Цветовые характеристики	Музыкальные характеристики
Оттенок (красный, синий, жёлтый...)	Нота (до, до-диез, ре, ре-диез, ми, ми, фа, фа-диез, соль, соль-диез, ля, ля-диез, си)
Цветовая группа (тёплый/холодный)	Музыкальный лад (мажор/минор)
Яркость	Длительность ноты
Насыщенность	Октава ноты

Пусть на вход подаётся некоторое изображение. Формальный алгоритм соотнесения цветовых и музыкальных характеристик можно описать следующими пунктами:

Шаг 1. В начале анализируется все изображение и определяется преимущественный цвет.

Шаг 2. Далее согласно схеме, построенной А.Н. Скрябиным (рисунок 1) и таблице соответствия

музыкальных и художественных характеристик (таблица 1), определяется тональность будущего произведения.

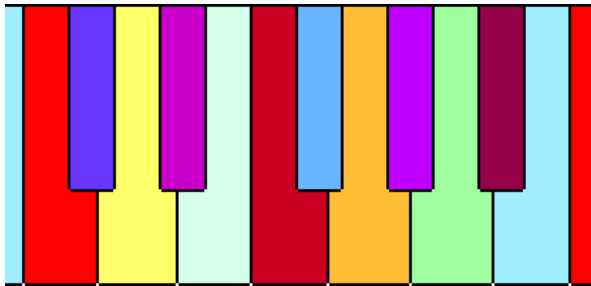


Рисунок 1 - Соответствие цветов и тональностей по Скрябину

Максимальное родство цветов определяется между двумя соседними хроматическими цветами, а степень тонального родства – между звуками, находящимися на расстоянии семи полутонов друг от друга и отражена в квинтовом круге тональностей.

Таким образом, совмещая хроматический цветовой круг и квинтовый круг тональностей, получим необходимую последовательность для модуляций.

Например, пусть в качестве преимущественного цвета был выбран красный. Согласно схеме Скрябина, это соответствует ноте До (рисунок 2).

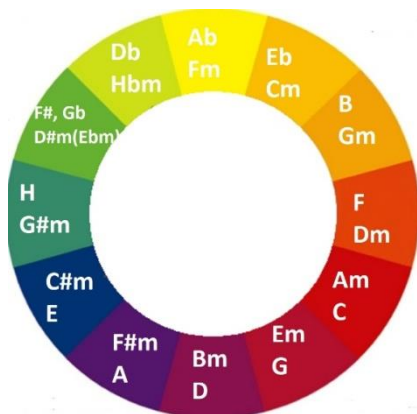


Рисунок 2 - Наложение цветового круга и квинтового круга тональностей

Шаг 3. Затем, сопоставляя хроматическую гамму нашей тоники, с цветовым кругом, получим соответствие нот и цветов для мелодической части будущего произведения (рисунок 3).

Шаг 4. После этого, необходимо определить соответствие цветов и ступеней для построения гармонии произведения. В музыке существуют функциональные отношения (тоника – субдоминанта – доминанта), а в цветоведении этому соответствует принцип дополнительности цветов (красный – синий – желтый). То есть, главными цветами при принятом основном, например, красном, являются дополнительные – желтый и синий, главными трезвучиями в музыке – тоническое, субдоминантовое и доминантовое.

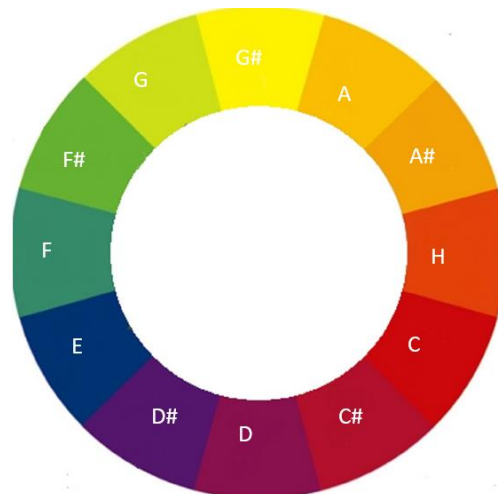


Рисунок 3 - Наложение хроматической гаммы и цветового круга

Таким образом, получим соответствие цветов и ступеней для построения гармонии произведения (рисунок 4).

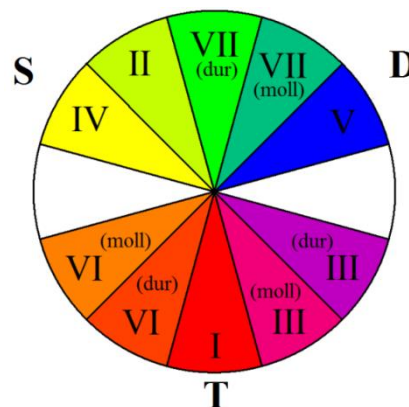


Рисунок 4 - Гармоническое соответствие цветов и ступеней для построения гармонии

Шаг 5. На предыдущих пунктах получили тональность будущего произведения, определили необходимую последовательность для модуляций, выявили соответствие цветов и нот применительно для мелодического сопровождения, а также получили гармонию.

Затем необходимо проанализировать всё изображение, оценивая каждый пиксель (или группу пикселей), находя для него характеристики и сопоставляя их музыкальным.

Таким образом получим набор нот, с соответствующими им характеристиками (см. таблица 1), идущих последовательно друг за другом.

Шаг 6. Затем данный набор необходимо перемешать таким образом, чтобы не было большого количества подряд идущих одинаковых нот, для повышения мелодичности композиции. Также в данном наборе нот необходимо, согласно правилам разрешения, преобразовать те ноты, которые не входят в тональность.

Шаг 7. И заключительным этапом алгоритма является разбиение полученной последовательности

нот на такты, согласно их длительностям, и расставление гармонии.

## 2. Описание метода синтеза звуков

В процессе исследования методов синтеза звука, были рассмотрены четыре наиболее популярных метода синтеза звуков: аддитивный синтез, FM – синтез, фазовая модуляция и сэмплинг.

Аддитивный синтез очень сложен для реализации, из-за необходимости отдельного контроля громкости и высоты каждой гармоник, которых даже несложный тембр насчитывает десятки.

FM – синтез хорошо применим для синтеза звука ударных инструментов, синтез же остальных музыкальных инструментов звучит слишком искусственно. Главный недостаток FM-синтеза — неспособность при его помощи полноценно имитировать акустические инструменты.

Фазовая модуляция даёт достаточно хороший звук, но сильно ограничена, поэтому редко используется на практике.

Сэмплинг применяется в большинстве современных синтезаторов, так как даёт наиболее реалистичный звук и достаточно прост в реализации.

Каждый из методов обладает своими достоинствами и недостатками, однако наиболее подходящим методом для генерации звуков по цветовой гамме изображений был выбран Сэмплинг. Данный метод даёт наиболее реалистичное звучание инструментов, что является важной характеристикой для программы, также данный метод относительно прост в реализации. Недостатком Сэмплинга является ограниченность метода, однако в рамках реализации проекта - это не существенно, так как для нужд программы не требуется больших возможностей изменения готовых пресетов.

## 3. Описание программы

Алгоритм описанный в пункте 1 является лишь частью, хоть и основной, программы для генерации звуков по цветовой гамме изображений. Создаваемая программа многокомпонентная и будет расширена в дальнейшем [Заболеева-Зотова и др., 2013].

На самом деле, второй важной частью программы является модуль синтеза звуков, опирающийся на метод, выбранный и описанный в пункте 2.

Таким образом, для генерации звуков по цветовой гамме изображений была спроектирована программа, состоящая, в упрощённом виде, из двух модулей: модуль анализа изображения, реализующий в том числе и алгоритм описанный в пункте 2, и модуль синтеза звуков, опирающийся на выбранный метод синтеза (рисунок 5).



Рисунок 5 - Упрощённая архитектура программы

На вход программы подаётся изображение, затем модуль проводит анализ изображения, используя библиотеку OpenCV, и согласно алгоритму, находит соответствие музыкальных и цветовых характеристик. На выходе первого модуля xml файл, или, точнее сказать, текст в xml формате, содержащий формализованное описание музыкальной композиции.

XML файл был введён для того, чтобы упростить взаимодействие двух модулей. Второму модулю, модулю синтеза звуков, необходимо, путём анализа xml файла, сгенерировать последовательность звуков, записать их в аудио файл, и воспроизвести результат пользователю.

## 4. Описание структуры xml файла

Для взаимодействия двух модулей была разработана собственная структура xml файла, содержащая теги:

- *tonality* - тэг, обозначающий тональность композиции.

Пример: `<tonality>d_minor</tonality>`. Вместо *d\_minor* может быть любая другая тональность (*c\_minor*, *g\_sharp\_major* и др.).

- *harmony* - тэг содержащий описание гармонии. Внутри этого тэга находится тэг *chord*

- *chord* - тэг, внутри которого находятся тэги *type*, *chord\_name* и *mode*. Свойством тэга является *duration*, обозначающее длительность аккорда.

- *type* – тэг, важной частью которого является свойство *value*, обозначающее тип аккорда – стандартный (*standard*) или собственный (*own*)

- *chord\_name* – тэг, обозначающий для стандартных аккордов, название ноты тональности (с, d, e, f, g, a, h и др.)

- *mode* – тэг, обозначающий музыкальный лад аккорда (*major* или *minor*).

- В случае, если тип аккорда *own*, то вместо

тэгов *type*, *chord\_name* и *mode*, внутри тэга *chord* пишется тэг *notes*, в свойстве *value* которого, пишутся ноты и длительности создаваемого аккорда, идущие через запятую, пары разделены точкой с запятой.

Пример: `<notes value="f,2;c,3;f,3;g,3;c,4"/>`

- После закрытия тэга *chord* следует тэг *melody*, обозначающий мелодическую часть композиции. Этот тэг, также как и тэг *chord* требует явного закрытия тэгом `</chord>` и `</melody>` соответственно.

- Внутри тэга *melody* расположен тэг *note*, *note\_name* и *octave*. Первый содержит свойство *duration*, обозначающее длительность ноты, второй содержит свойство *value*, которое обозначает имя аккорда (с, d, e, f, g, a, h и др.).

- Наконец третий тэг *octave* имеет свойство *value*, обозначающее октаву ноты.

Таким образом, рассмотренная выше структура, позволяет описать мелодию и гармонию произведения, однозначно определить каждый аккорд и ноту в произведении, а также произвести удобный обмен информацией между двумя модулями системы.

## Заключение

В данной работе рассмотрен теоретический алгоритм перехода, от цветовых характеристик к музыкальным. В основу алгоритма положена светомузыкальная теория В.В. Афанасьева [Афанасьев, 2002], а также разработанная великим русским композитором Скрябиным, схема соотнесения цветов и нот (рисунок 1).

Также рассмотрена структура программной системы, осуществляющая генерацию звуков по цветовой гамме изображений, а также подробно рассмотрен xml файл, для обмена информацией между модулями системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №15-47-02149, 15-07-06322, 15-37-70014, 16-07-00453.

## Библиографический список

[Афанасьев, 2002] Афанасьев В.В. Световой музыкальный строй. Элементарная теория аудиовизуальных стимулов/В.В. Афанасьев// М. : Издательство «Музыка», 2002.

[Заболеева-Зотова и др., 2007] Транслятор графического изображения в музыкальное произведение/ Заболеева-Зотова А.В., Лягин И.Д.// Известия Волгоградского государственного университета: межвуз. сб. науч. ст. №2(28)/ ВолгГТУ. - Волгоград, 2007.-120 с. [Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып.2], С.36-39.

[Заболеева-Зотова и др., 2013] Formalization of initial stage of designing multi-component software / Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А., Розалиев В.Л., Фоменков С.А., Петровский А.Б. // Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2013 (Prague, Czech Republic, July 23-26, 2013) : Proceedings of the IADIS International Conference Intelligent Systems and Agents 2013 / IADIS (International Association for Development of the Information Society). – [Prague], 2013. – P. 107-111.

[Розалиев и др., 2013] Розалиев, В.Л. Methods and Models for Identifying Human Emotions by Recognition Gestures and Motion / Розалиев В.Л., Заболеева-Зотова А.В. // The 2013 2nd International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation

3CA 2013, December 1-2, 2013, Singapore : Papers. – [Amsterdam – Beijing – Paris] : Atlantis Press, 2013. – P. 67-71.

## SOUND GENERATION BASED ON IMAGE COLOR SPECTRUM

Nikitin N.A. \*, Rozaliev V.L. \*, Orlova Yu.A. \*,  
Zaboleeva-Zotova A.V. \*\*

\*Volgograd State Technical University,  
Volgograd, Russia

nikitin.nikita@outlook.com

vladimir.rozaliev@gmail.com

yulia.orlova@gmail.com

\*\* Russian Foundation for Basic Research,  
Moscow, Russian Federation

zabzot@gmail.com

The document contains a theoretical description of the algorithm the ratio of color and music performance, based on the lightmusic theory by Afanasiev and scheme of reference colors and tonalities by Scriabin. It also describes the software system of sound generation based on image color spectrum, which consists of a module of image analysis and synthesis of sounds, and contains a description of the chosen method of sound synthesis.

## Introduction

The problem of this work is the fact that the process of creating music has not been automated now, and the automated sound generation based on image color spectrum is the first approach to automate it. That's why the algorithm of image based sound generation has been developed and described.

## Main Part

The algorithm the ratio of color and music performance, based on the lightmusic theory by Afanasiev, is the kernel of image based sound generation and contains of several items.

The first is the determination of priority color of image. The second item is determination tonality according to scheme by Scriabin. The third part is the definition of matching colors and music, based on the combination of the chromatic scale and the color wheel.

The fourth part of the algorithm is the definition of matching colors and music to build harmony, based on the correlation of functional relations in painting and music. The fifth part of the algorithm is to get a set of notes with corresponding characteristics, then the mixing and conversion of the set of notes.

## Conclusion

This document contain a theoretical description of the algorithm the ratio of color and music performance, based on the lightmusic theory by Afanasiev.