

АФОНИН В. В., КЕВБРИН В. А.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ
МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СВЕТОДИОДНОЙ СИСТЕМЫ**

Аннотация. В работе освещаются вопросы оценки количества светодиодов различных цветов при условии минимизации отклонения цветовой температуры от заданной величины. Предложен детерминистский подход оптимизации, который применяется в динамическом режиме создания многокомпонентной светодиодной системы, отвечающей требованиям, налагаемым на координаты цветности.

Ключевые слова: светодиоды, координаты цветности, минимизация, спектральные характеристики, спектр видимого диапазона.

AFONIN V. V., KEVBRIN S. A.

PARAMETRIC OPTIMIZATION OF MULTI-COMPONENT LED SYSTEM

Abstract. The paper deals with the estimation of the number of LEDs of different colors under the condition of minimizing the deviation of color temperature from the target value. The authors present a deterministic optimization approach that is applied dynamically creating a multi-led system that meets the requirements imposed on the chromaticity coordinates.

Keywords: LEDs, chromaticity coordinates, minimization, spectral characteristics, range of visible range.

Светодиоды и светодиодные комплексы или системы находят широкое применение во многих сферах человеческой жизнедеятельности. Их долговечность привлекает все большее внимание. Наряду с этим многие вопросы улучшения качества цветопередачи остаются еще открытыми. В обыденной жизни кажется, что вопрос остается только в снижении стоимости товарных образцов светодиодной продукции. Но ряд сфер применения светодиодов требует определенного их подбора в целях создания приемлемого спектра излучения. Данная задача требует комплексного решения. Помимо того, что необходимо решать задачу подбора светодиодов определенного цвета, в дальнейшем также требуется создание определенных компонент для реализации, например, определенной кривой силы света, создание определенных рассеивающих устройств и т. д.

В данной работе авторы остановились на решении задачи выбора светодиодов, которые со своими спектральными характеристиками позволят сформировать спектральную характеристику в пределах видимого света, позволят минимизировать ошибку отклонения координат цветности при заданной цветовой температуре. В такой постановке задача рассматривалась в [1], где в качестве метода оптимизации применялся прямой случайный

поиск. Его недостатки очевидны. Так, помимо большого количества испытаний, также требуются повторные испытания для усреднения результатов. И, тем не менее, результат остается случайным. В связи с этим авторы данной статьи обратились к детерминированным методам оптимизации, в первую очередь к методам нулевого порядка, поскольку в результате поиска в наличии имеются только табличные данные. Аппроксимация табличных данных, например, по методу наименьших квадратов, сопряжена с нарастающими погрешностями. Это, во-первых, а во-вторых, использование методов оптимизации первого или второго порядков, требует достаточно сильной локализации экстремума.

В качестве опорного метода нулевого порядка авторами выбран метод циклического покоординатного спуска с накоплением оптимальных решений, которые впоследствии подвергаются дополнительному анализу.

В качестве исходных данных были взяты спектральные характеристики (Вт/нм – нанометры), полученные на спектро радиометре типа OL 770 MULTI-CHANNEL SPECTRORADIOMETER в виде числовых данных. Тем самым исходные данные получены в абсолютных единицах спектральных характеристик светодиодов, которые используются для определения спектрального распределения излучения многокомпонентной светодиодной системы. При решении задачи оптимизации выбор цветовой температуры и координат цветности осуществлялся в соответствии с ГОСТ 54350-2011. Поэтому в качестве целевой функции принималась относительная погрешность отклонения текущих координат цветности от заданной гостированной величины.

Алгоритм решения поставленной задачи может быть выражен в виде следующих этапов.

1. Считывание из текстового файла номинальных паспортных данных светодиодов.
2. Проведение эксперимента по определению спектральных характеристик светодиодов – получение зависимости интенсивности излучения (Вт/нм) и светового потока (лм – люмены) от длины волны (нм – нанометры)
3. Считывание из текстовых файлов спектральных характеристик светодиодов – от синего до красного.
4. Интерполяция спектральных характеристик, возможно, приведение к одному размеру.
5. Задание границ мультипликативных коэффициентов освещенности светодиодов из диапазона $[0,9; 1,1]$ – экспериментального диапазона.
6. Определение суммарного светового потока как функции числа светодиодов каждого типа и коэффициентов освещенности.
7. Расчет координат цветности светодиодной системы.

8. Организация оптимального поиска минимума отклонения расчетных координат цветности от стандартных величин при заданной цветовой температуре и допустимой погрешности расчета. Имеем многомерную задачу оптимизации, целевая функция которой зависит от восьми типов светодиодов (белый, синий и т. д.).

8.1. Применение циклического покоординатного спуска.

8.2. Загрузка в контейнер лучших решений.

8.3. Определение наилучшего – оптимального решения поиска числа светодиодов, при которых минимизируется относительная погрешность расчетных значений координат цветности.

9. Графическое построение спектра излучения синтезированной многокомпонентной светодиодной системы.

10. Сохранение в текстовые и графические файлы результатов синтеза светодиодной системы.

Следует отметить, что циклический покоординатный спуск поиска оптимального решения применяется в самом процессе поиска минимальных отклонений координат цветности, когда, собственно рассчитывается так называемая сеточная или табличная функция – суммарный световой поток. В связи с этим и был выбран метод минимизации нулевого порядка, который не ограничивается оптимальным поиском на первом этапе, когда осуществляется циклический перебор координат – типов светодиодов и их количества. В силу интегрального характера суммирующего светового потока окончательное решение о распределении светодиодов по типам (типам цветности) осуществляется на этапе выбора наилучшего решения из накопленных возможных решений.

Для пояснения общей картины проектной задачи программирования в предлагаемом алгоритме выделим три прецедента и покажем для них UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования) диаграммы последовательности:

1. Ввод данных (рис. 1).
2. Выполнение расчетов (рис. 2).
3. Сохранение информации (рис. 3).

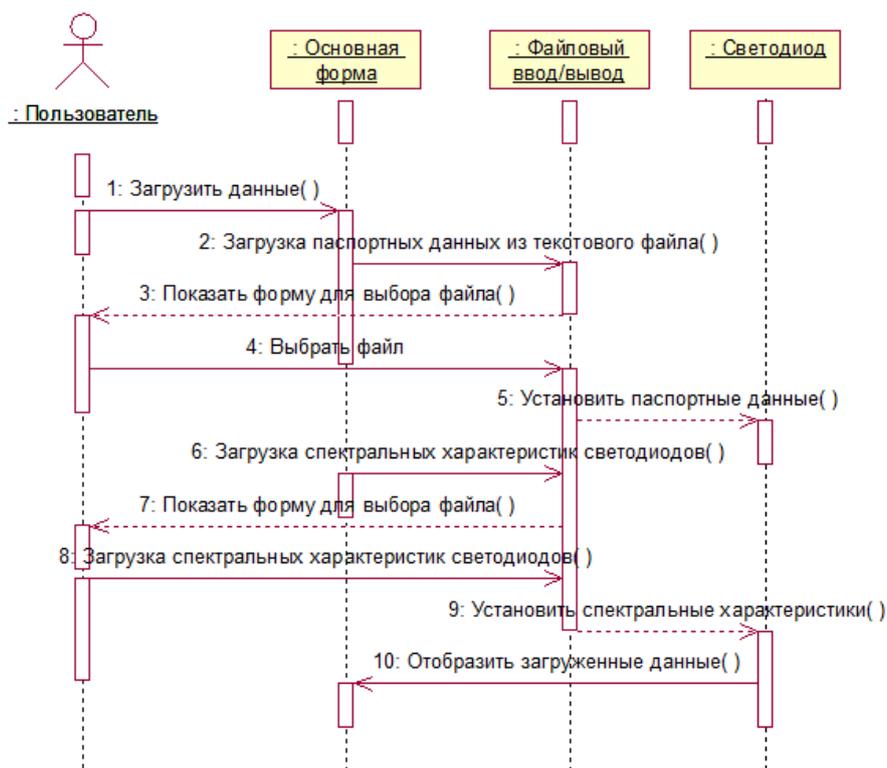


Рис. 1. Диаграмма последовательности для прецедента «Ввод данных».

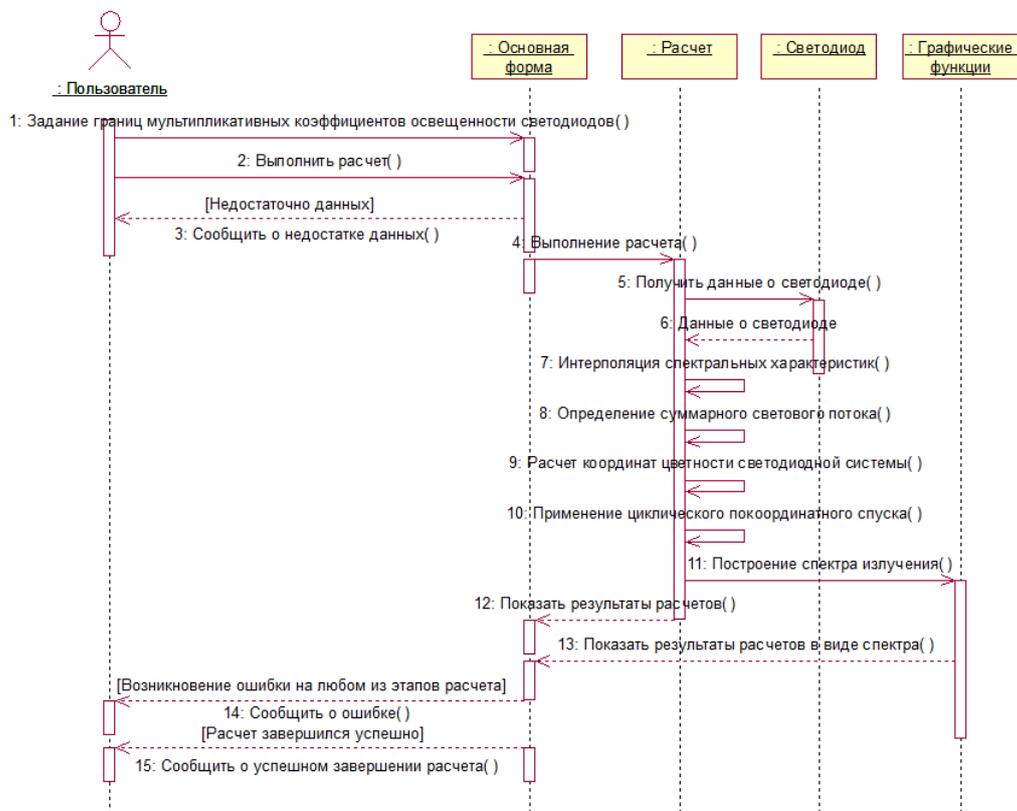


Рис. 2. Диаграмма последовательности для прецедента «Выполнение расчетов».

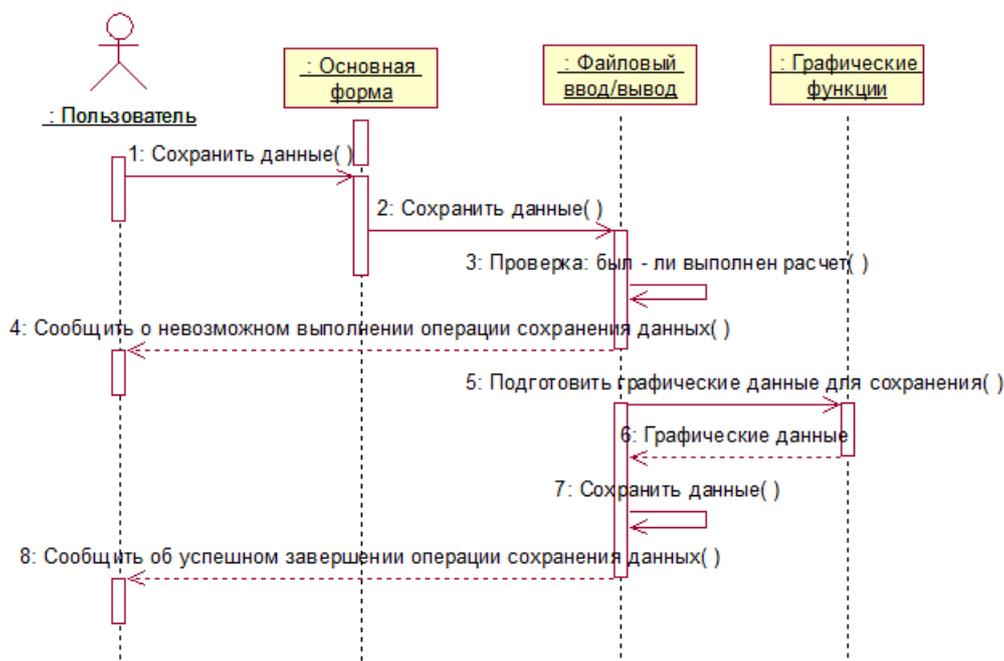


Рис. 3. Диаграмма последовательности для прецедента «Сохранение информации».

Продемонстрированные диаграммы показывают связи объектов, их проявления, упорядоченные по времени. Они представляют собой взаимодействия как упорядоченную последовательность событий. Рисунок 2 – это основная диаграмма последовательности. На ней используются четыре класса: 1. Основная форма – интерфейс для ввода/вывода информации доступных пользователю; 2. Расчет – класс, содержащий в себе основные функции по преобразованию данных и выполнению расчетов; 3. Светодиод – представляет собой набор свойств и методов, описывающих светодиод; 4. Графические функции – класс, содержащий набор функций для обработки графической информации.

Основная часть алгоритма будет выполняться внутри класса «Расчет». Файловый ввод/вывод реализован отдельным классом, он активно взаимодействует с графическими функциями, реализованными в собственном файле программы. Главным классом является «Светодиод». Он хранит в себе основную часть всех вводимых данных для каждого типа светодиода. Результаты расчетов представлены в интерфейсной части программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин В. В., Борискина А. А., Коваленко О. Ю. Математическая модель для определения колориметрических характеристик многокомпонентной светодиодной системы // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 46.