

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА КОНФИГУРАТОРА ПАРАМЕТРОВ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

О.И. Зинченко¹⁾, М.П. Манин²⁾, Л.А. Горovenko³⁾

1) студентка Армавирского механико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, zinchenko.olya@mail.ru

2) магистрант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия, wildray@yandex.com

3) к.т.н., доцент Армавирского механико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, lgorovenko@mail.ru

Аннотация: Описана предметная область методов оптимизации в задачах энергосбережения, приведены результаты разработки программного решения, позволяющего выполнять автоматизацию процессов линейного программирования в задачах моделирования энергосбережения.

Ключевые слова: методы оптимизации, математический аппарат, программа, автоматизация, линейное программирование, энергосбережение.

DEVELOPMENT OF THE PROTOTYPE OF THE PARAMETER CONFIGURATOR FOR THE TARGET FUNCTION FOR THE PROBLEMS OF MODELING ENERGY CONSERVATION

Olga I. Zinchenko¹⁾, Maksim P. Manin²⁾, Lyubov A. Gorovenko³⁾

1) the student Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, city of Armavir, Russia, zinchenko.olya@mail.ru

2) undergraduate of the FSBEI «Kuban state technological University», Krasnodar, Russia, wildray@yandex.com

3) Ph. D., associate Professor, Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, city of Armavir, Russia, lgorovenko@mail.ru

Abstract: In this article we consider the subject of area of optimization methods in energy saving problems is described, the results of the development

of a software solution allowing to perform automation of linear programming processes in energy saving simulation problems.

Keywords: optimization methods, mathematical apparatus, program, automation, linear programming, energy saving.

Для сокращения негативных тенденций энергосбережения в нашей стране и существенного повышения энергоэффективности российской экономики в системах управления региональными, промышленными и корпоративными электротехническими комплексами требуется внедрение методики оптимального управления электропотреблением.

Сегодня мы потребляем в 5 – 8 раз больше энергии на единицу ВВП, чем в среднем по Европе. Энергию мы теряем при ее производстве и транспортировке, но наиболее расточительным ее потребителем является сфера промышленного производства. К сожалению, реструктуризация и приватизация в промышленности отнюдь не способствовали пока переходу на энергосберегающие технологии.

В основе энергосбережения в электроэнергетике лежит планомерная реализация комплекса технических и технологических мер, которым предшествует оптимизация электропотребления инфраструктуры на системном уровне. Ее целью является упорядочение электропотребления различными инфраструктурными объектами, экономия направленных на электроэнергию средств, полученная за счет организационных мероприятий, а также создание научно обоснованных предпосылок для проведения целенаправленных энергетических исследований с последующей реализацией технических и технологических мер по энергосбережению.

Тему методов оптимизации, предметом которой является проводимое исследование, можно считать разделом математики и информатики, основной целью которой является решение задачи нахождения экстремума (минимума или максимума) целевой функции ограниченной набором линейных или нелинейных равенств или неравенств [1].

При этом задача оптимизации сводится к тому, чтобы сформировать такой алгоритм перебора возможных вариантов, чтобы он был наиболее оптимальным, т.е. включал наименьшее количество шагов и, следовательно, выполнялся на компьютере за наименьшее время [1].

Рассмотрим конкретный пример применения теории вычислительных методов оптимизации при решении задачи минимизации суммарного расхода электростанций.

Комплекс солнечно-топливных электростанций (СТЭС), преобразующих по единой технологической схеме энергию солнечного излучения и химическую энергию топлива в электрическую энергию и тепло, имеют следующие расходные характеристики топлива для каждой станции соответственно:

$$B_1(P) = 0,0008 \cdot p^2 + 0,2 \cdot p + 12,$$

$$B_2(P) = 0,0012 \cdot p^2 + 0,18 \cdot p + 8,$$

$$B_3(P) = 0,0011 \cdot p^2 + 0,12 \cdot p + 13,$$

Необходимо минимизировать целевую функцию, равную:

$$F = B_1(P) + B_2(P) + B_3(P) \rightarrow \min,$$

при условии соблюдения баланса мощности в системе:

$$P_1 + P_2 + P_3 = P_H^{pp} + \Delta P_\Sigma,$$

где $P_H^{pp} = 688$ МВт – суммарное прогнозируемое потребление на некоторый промежуток времени,

$\Delta P_\Sigma = 13,49$ МВт – суммарные потери в сети, тогда

$$P_1 + P_2 + P_3 = 688 + 13,49 = 701,49 \text{ МВт}$$

Целевая функция и ограничение в форме равенства образуют систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = (0,0008 \cdot P_1^2 + 0,2 \cdot P_1 + 12) + (0,0008 \cdot P_2^2 + 0,2 \cdot P_2 + 12) + \\ (0,0008 \cdot P_3^2 + 0,2 \cdot P_3 + 12); \\ P_1 + P_2 + P_3 = 701,49 \end{array} \right.$$

$$P_3 = 701,49 - P_1 - P_2, \text{ тогда}$$

$$F = 0,0008 \cdot P_1^2 + 0,08 \cdot P_1 + 0,0012 \cdot P_2^2 + 0,06 \cdot P_2 + 117,179 + \\ 0,0011 \cdot (688 + \Delta P_\Sigma - P_1 - P_2)^2$$

Таким образом, описанная задача сводится к поиску минимума функции двух переменных P_1 и P_2 , т. е. ее решение, если оно есть, имеет геометрическую интерпретацию в виде точки в трехмерном пространстве, в котором координаты x и y выступают в качестве переменных P_1 и P_2 , а координата Z в качестве значения самой целевой функции суммарного производства электроэнергии [2].

Описанный пример является типичным примером задачи безусловной оптимизации. Если для задачи поиска оптимального значения, математическую модель описания в конечном итоге можно свести к единственной целевой функции без дополнительных условий, то поиск ее решения можно выполнить одним из методов оптимизации: метод перебора, метод равномерного поиска, сканирование с переменным шагом, метод дихотомии, метод деления отрезка пополам и метод золотого сечения, а также метод Фибоначчи и метод квадратичной интерполяции [3,4].

Предлагаемое программное решение, разработанное с использованием современных информационных технологий, таких как платформа .Net Framework и язык программирования Visual C Sharp [5], позволяет обеспечить выполнение поиска решения данной задачи любым из перечисленных методов, выполнить демонстрацию геометрической интерпретации полученных результатов в виде графика зависимости, а также провести сравнительный анализ наибольшей эффективности того или иного метода поиска.

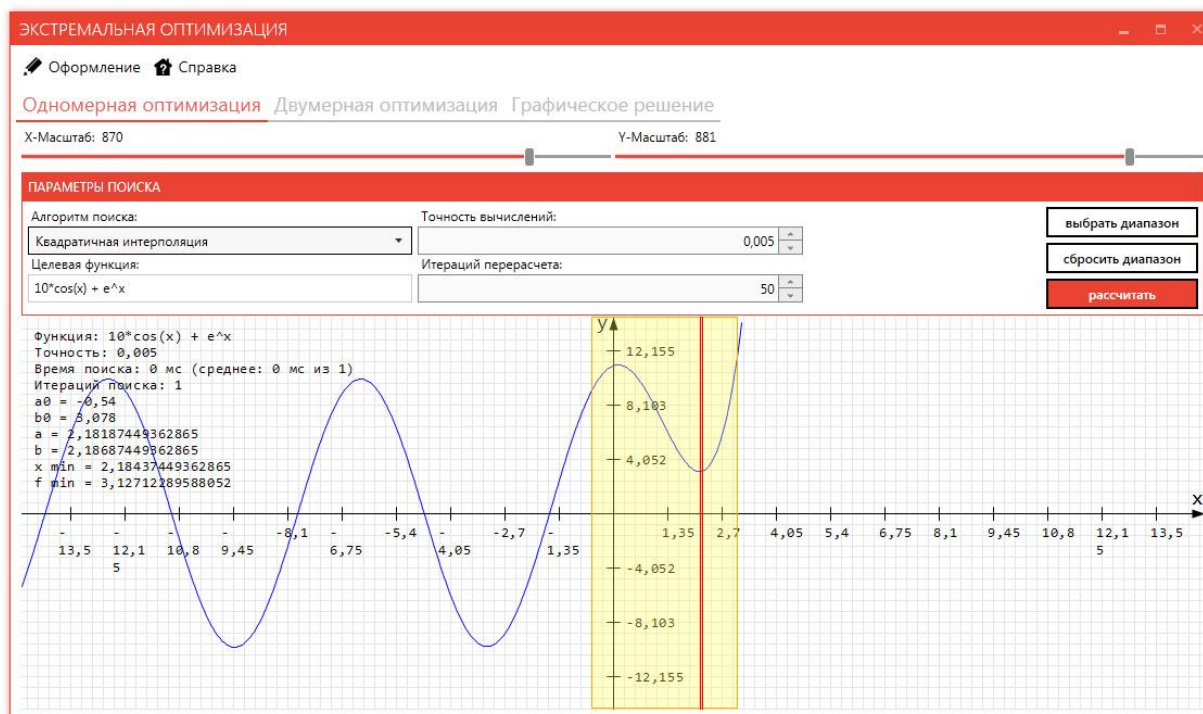


Рисунок 1 – Программная реализация методов двухмерной оптимизации

Методы трехмерной оптимизации позволяют наиболее эффективно установить максимальное или минимальное значение целевой функции уже от двух аргументов, при этом данные методы в принципе можно применять для n-мерных задач, для функций от n переменных.

Среди них можно выделить несколько базовых, это метод Хука-Дживса, методы случайного поиска и метод градиентного спуска.

Реализация описанных методов, демонстрирующая также геометрическую интерпретацию полученных результатов в виде трехмерного графика целевой функции с отражением шагов промежуточных итераций и статистической информации поиска, а также позволяющая проводить сравнительный анализ наибольшей эффективности методов трехмерной оптимизации, представлена на следующем рисунке.

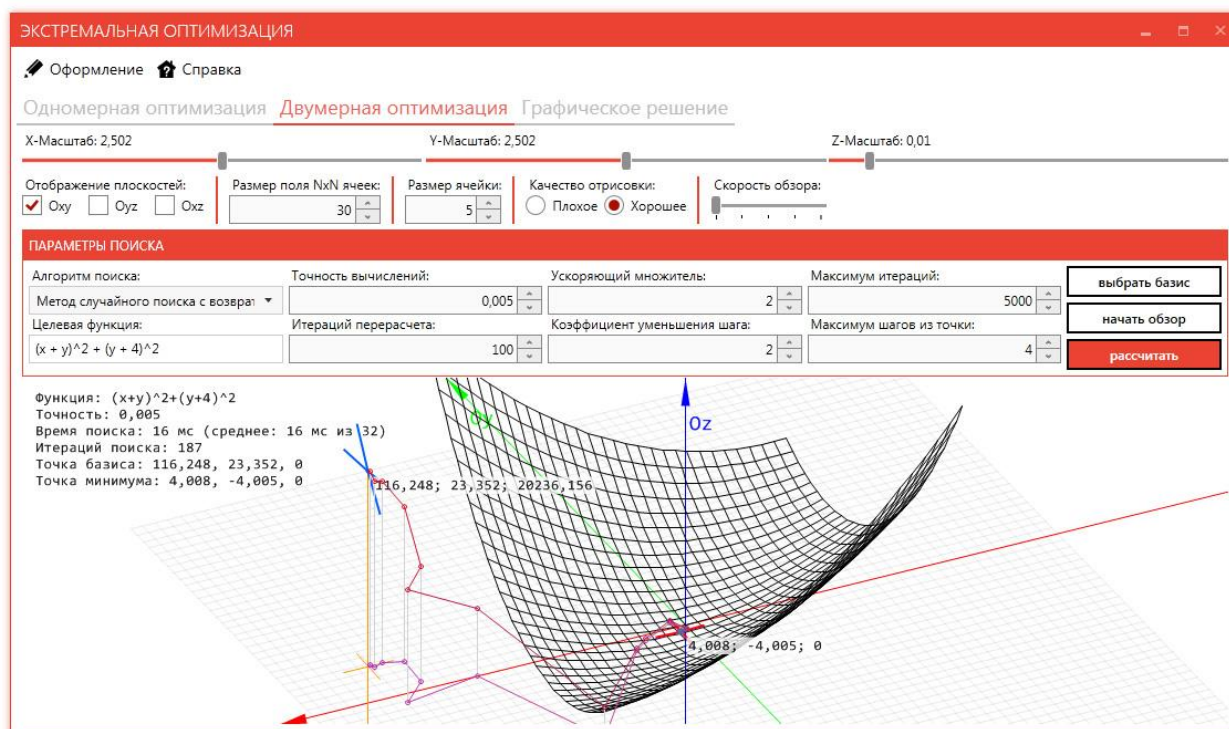


Рисунок 2 – Программная реализация методов трехмерной оптимизации

Однако безусловные задачи оптимизации являются лишь частным случаем поиска оптимального значения целевой функции. Гораздо чаще приходится накладывать на область допустимых значений ее аргументов целый ряд ограничений.

Здесь теория вычислительной математики также предлагает целый ряд подходов для обеспечения условного поиска. Это может быть простой перебор, Направленный перебор или симплекс-метод, позволяющий вычислять значение аргументов целевой функции при оптимальном значении последней с учетом наложенных ограничений с помощью матричных операций.

Хотя наиболее наглядным способом решения задачи линейного программирования с условиями является графический метод, который позволяет графически представить на плоскости геометрическую интерпретацию целевой функции и всех, накладываемых на значения ее аргументов ограничений, после чего не составляет труда визуально определить характер их взаимного расположения и обнаружить наиболее оптимальное положение функции и, следовательно, ее максимальное или минимальное значение [6,7].

В предлагаемом программном решении демонстрируется прототип элемента управления, позволяющего в реальном времени устанавливать и конфигурировать параметры ограничений и целевой функции, а также

поэтапно отслеживать результат их пересечений и формирование результирующей области допустимых значений.

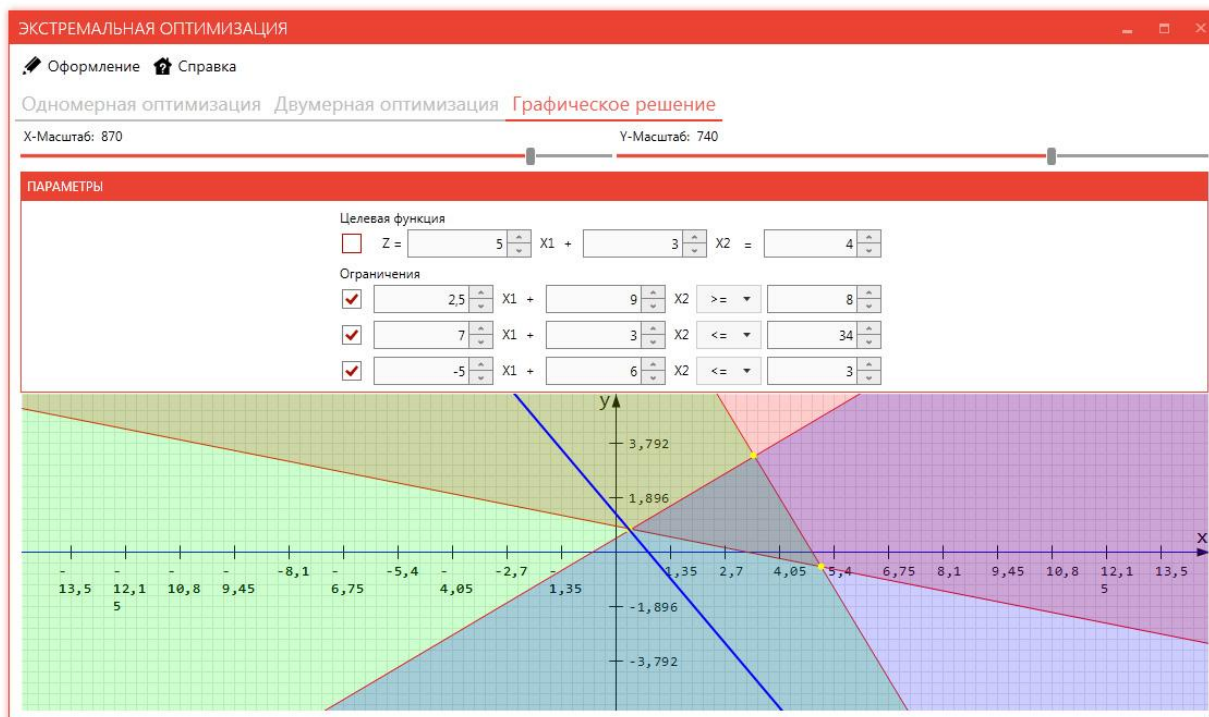


Рисунок 3 – Программная реализация графического метода оптимизации

В целом, подводя общий вывод относительно представляемого программного продукта, можно сказать, что его применение может быть полезным не только в области оптимизационных расчетов методологических исследований в области энергосбережения, но также и в более широком круге задач, поскольку предоставляет простой и удобный инструмент визуализации при решении задач безусловной и условной оптимизации для функций одной, двух переменных, позволяет определить метод поиска на предмет наилучших статистических показателей быстродействия и эффективности, также формируемых в качестве дополнительного результата расчетов, в отличие от популярных средств, вроде MathCAD, которые требуют большего уровня квалификации пользователя.

Список использованных источников:

1. Гончаров В.А. Методы оптимизации. – М.: Высшее образование, 2009. – 191 с.
2. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 120 с.

3. Горovenko Л.А. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов: учебное пособие / Л. А. Горovenko. – Армавир: РИО АГПУ, 2016. – 104 с.

4. Горovenko Л.А., Коврига Е.В. Теория и практика компьютерного моделирования физических процессов: учебное пособие / Л. А. Горovenko. – Армавир: РИО АГПУ, 2017. – 132 с.

5. Кристиан Нейгел, Ивѳен Билл, Джей Глинн. C# 4.0 и платформа .NET Framework 4.0 для профессионалов. – Москва, Санкт-Петербург, Киев: Издательский дом «Вильямс», 2011. – 1440 с.

6. Горovenko Л.А., Манин М.П. Применение математического аппарата методов оптимизации в задачах моделирования электросбережения // Сборник докладов, отмеченных наградами XXI научной конференции студентов и аспирантов АМТИ, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. Армавир: ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», подразделение Армавирская типография», 2015. – С. 88 – 92.

7. Горovenko Л.А., Иванов А.А. Транспортная задача и её приложения в электроэнергетике // Сборник докладов победителей и лауреатов XXII студенческой научной конференции АМТИ. Армавир: ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», подразделение Армавирская типография», 2016. – С.84–87.