

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.02

Кравчук
Ольга Дмитриевна

Методы принятия решений с использованием алгоритма случайного поиска

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Научный руководитель
Наранович Оксана Ивановна
канд. физ.-мат. наук, доцент

Минск, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Исторически задача поисковой оптимизации сложных многопараметрических систем сложилась в результате возрастания сложности проблем оптимизации, которые перестали решаться путем приравнивания нулю частных производных показателя качества по оптимизируемым параметрам.

Необходимость решения разнообразных задач оптимизации связана с обеспечением успешного решения целого ряда экстремальных задач в областях макроэкономического анализа, прогнозирования и планирования.

Проблема выбора рационального решения возникает во многих областях человеческой деятельности, где из множества имеющихся альтернатив необходимо выбрать в каком-то смысле наилучшую.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Актуальной является задача выявления наилучших значений параметров алгоритма для дальнейшего их использования при решении практических задач. В случае если решаемая задача оптимизации не может быть представлена с использованием количественных характеристик, применяются методы, оперирующие качественными характеристиками рассматриваемых альтернатив. Помимо исследования глобального случайного поиска и метода анализа иерархий (МАИ) актуальной является задача оптимизации рассматриваемых методов через совместное их использование.

Целью работы является создание программного комплекса многокритериальной оптимизации методами случайного поиска.

Объектом исследования являются методы случайного поиска, метод анализа иерархий и функции с неупорядоченным рельефом.

Поставленная цель реализуется в ходе решения следующих конкретных **задач исследования:**

- провести анализ методов случайного поиска (СП), в том числе и с использованием логистического и показательного законов распределения случайных величин;
- оптимизировать параметры методов с использованием метода анализа иерархий;
- продемонстрировать эффективность оптимизированных методов на модельных примерах;
- разработать программный модуль поиска глобального экстремума функций.

Теоретическая и практическая ценность. Полученные теоретические и практические результаты оптимизации алгоритма случайного поиска для достижения малой чувствительности к нерегулярностям поведения целевой функции, имеют важное значение для решения задач технологического проектирования процессов, при наличии большого числа случайных факторов,

которые не представляется возможным описать в традиционной математической форме.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сравнение методов случайного поиска.
2. Использование логистической кривой для модификации случайного поиска.
3. Разработка и обоснование методики выбора параметров алгоритма случайного поиска с использованием МАИ.
4. Программный комплекс для анализа и решения задач глобальной и многокритериальной оптимизации.

Личный вклад соискателя.

Основные положения, выносимые на защиту, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно и используются в учебном процессе на кафедре информационных систем и технологий инженерного факультета Барановичского государственного университета.

Апробация результатов диссертации:

Основные результаты исследований доложены на научных собраниях:

- Специалист XXI века - III Международная научно-практическая конференция, 4-5 июня 2014 г, г. Барановичи;
- Содружество наук - X Международная научно-практическая конференция молодых исследователей, 22-23 мая 2014 г, г. Барановичи;
- Международная научно-практическая конференция, Академия управления при президенте РБ, 21 ноября 2012г.

Структура и объем диссертации:

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения и списка использованных источников из 31 наименования. Основной текст изложен на 71 странице, содержит 9 таблиц, 29 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, представлены выносимые на защиту положения.

В первой главе в разделе 1.1 осуществляется постановка задачи поиска глобального экстремума, которая в общем виде выглядит следующим образом: требуется определить такой вектор $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)^T$, $0 \leq x_i \leq 1, i \in \overline{1, n}$, при котором целевая функция $\Phi(x^*)$ принимает минимальное значение.

В разделах 1.2, 1.3 приводится общее описание алгоритма случайного поиска и его реализация.

В разделе 1.4 осуществляется подробный обзор выбранных методов случайного поиска, а именно:

- адаптивный случайный поиск;
- метод случайного поиска с возвратом при неудачном шаге;
- метод наилучшей пробы;
- метод наилучшей пробы с направляющим гиперквадратом.

В разделе 1.5 рассмотрены показательный и логистический (с различными параметрами кривизны шкалы) законы распределения случайной величины для случайного поиска, результаты отображены на рисунке 1.

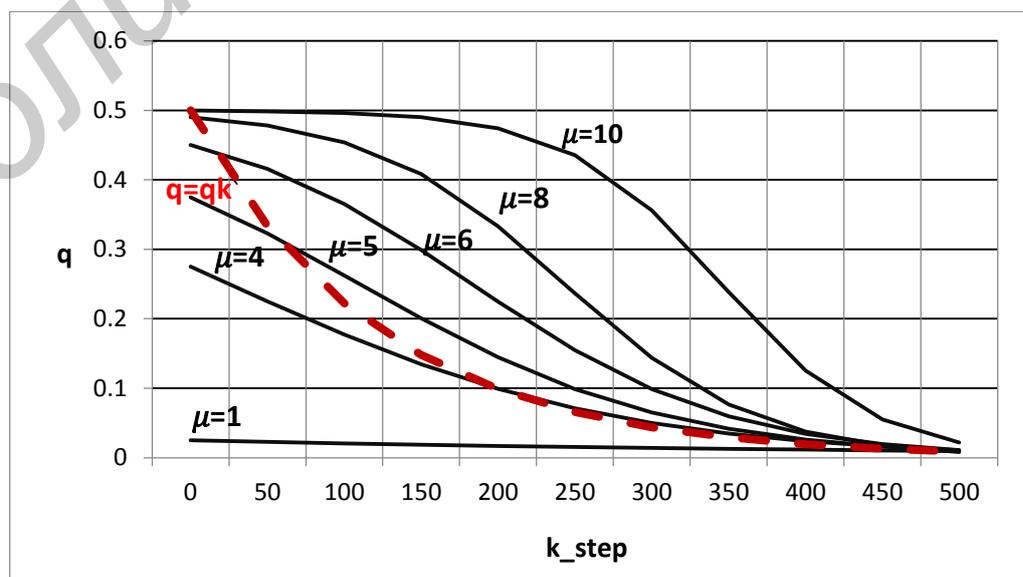


Рисунок 1 – Логистический и показательный законы

Исходя из рассмотренных методов случайного поиска, сделан вывод, что они:

- обладают малой чувствительностью к нерегулярностям поведения целевой функции;
- быстро сходятся при многомерности исследуемой функции;
- быстро сходятся при условии, что функция имеет овражный тип;
- пригодны, как для унимодальных, так и для мультимодальных функций;
- вероятность успеха при попытках не зависит от размерности рассматриваемого пространства.

Во второй главе описывается метод анализа иерархий.

В разделе 2.1 отражены основные понятия МАИ, рассмотрены этапы применения МАИ:

1. Структуризация задачи виде иерархической структуры.
2. Парное сравнение альтернатив.
3. Вычисление коэффициентов важности для элементов каждого уровня. В рамках этого этапа рассмотрена суть метода собственного вектора.
4. Подсчет количественной оценки качества альтернатив (иерархический синтез).

В разделе 2.2 произведено статистическое сравнение шкал МАИ:

1. Шкала Брука: $\varphi_B(\lambda) = c_B + \lambda x_B$, $\varphi_B > 0$, $\lambda \in \Lambda$,

где c_B – это центр шкалы;

x_B – масштаб шкалы.

2. Шкала Саати: $\varphi_S(\lambda) = (1 + x_S |\lambda|)^{\text{sign} \lambda}$, $\varphi_S > 0$, $\lambda \in \Lambda$,

где x_S – это масштаб шкалы.

3. Логистическая шкала: $\varphi_{\log}(\lambda) = \frac{2}{1 + e^{-\mu \lambda}}$,

где μ – крутизна шкалы.

По итогам построения вероятностей сохранения порядка при различных параметрах, было выявлено, что логистическая шкала обладает наилучшей сходимостью по отношению к шкалам Саати и Брука.

Третья глава отражает практическую часть исследования. В разделах 3.1-3.3 описываются этапы разработки и функционал разработанного программного приложения оптимизации.

Программный комплекс анализа и решения задач глобальной и многокритериальной оптимизации включает в себя:

- решение задачи несколькими методами случайного поиска с возможностью сравнения результатов;
- выбор для решения одной из предложенных тестовых функций с возможностью варьирования количества параметров или ввод функции пользователем;
- поиск экстремумов с использованием показательного закона сужения перспективной области;
- поиск экстремумов с использованием логистического закона сужения перспективной области;
- графическое решение оптимизационной задачи;
- отображение исходной функции в двумерном и трехмерном пространствах;
- возможность сохранения результатов и хода решения в файл;
- встроенный метод анализа иерархий.

В пункте 3.4 производится статистическое исследование алгоритма случайного поиска на базе показательного закона для различных тестовых функций, отличающихся друг от друга такими характеристиками, как многоэкстремальность, овражность и унимодальность.

За оценку вероятности выбран предел частоты наблюдений сходимости СП, предполагая однородность наблюдений:

$$P = \lim_{n_{\text{step}} \rightarrow \infty} \frac{N}{n_{\text{step}}}, \quad (1)$$

где n_{step} — количество наблюдений;

N — количество наступлений события сходимости СП.

Было выявлено, что для унимодальных функций сходимость близка к единице уже при количестве наблюдений равным 100-150, для овражных – 500, для многоэкстремальных - 3500. Также определены оптимальные параметры, для нескольких тестовых функций:

- q , который определяет n -мерную площадь перспективной области;
- p – вероятность того, что значения вектора x на j -ом шаге поиска будут принадлежать перспективному интервалу.

В разделе 3.5 отражено совместное использование МАИ и случайного поиска, а именно:

1. По критериям устойчивости к ошибке данных с помощью СП выбрана рациональная шкала МАИ – логистическая;
2. При помощи разработанного приложения для каждой выбранной функции вычисляется оптимальный параметр. После анализа функций разных классов при помощи МАИ можно сделать вывод, что оптимальные параметры следующие:
 - для унимодальных функций $\mu=4$;
 - для многоэкстремальных функций $\mu=4$;
 - для овражных функций $\mu=3$.

В разделе 3.6 проведен сравнительный анализ рассмотренных методов случайного поиска. Для сравнения методов выбраны основные критерии, а именно эффективность, время поиска и повторяемость (стабильность алгоритма в получаемых результатах).

Исходя из сравнения скорости вычисления и сходимости метода наилучшими показателями обладает метод наилучшей пробы с направляющим гиперквадратом. Также он имеет наименьшее варьирование в результатах при повторяющихся вычислениях.

В заключении подводятся итоги диссертационного исследования и формулируются основные результаты работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертации по теме «Методы принятия решений с использованием алгоритма случайного поиска» были решены следующие задачи:

- исследованы алгоритмы случайного поиска;
- исследован метод анализа иерархий и шкалы в методе;
- исследован логистический закон распределения случайных величин;
- спроектирована логика работы приложения в среде Rational Rose;
- проведено тестирование разработанного проекта, по результатам которого разработанные модули, прошедшие проверку, показали корректную работу и выполнение всех требований представленных в постановке задачи;
- по результатам работы программного приложения выбрана рациональная шкала в методе анализа иерархий;
- с помощью программного приложения произведено сравнение методов случайного поиска;
- найдены универсальные значения параметров алгоритма СП для трёх рассмотренных классов тестовых функций (униmodalных, многоэкстремальных, овражных).

Таким образом, в разработанном программном продукте анализа и решения задач глобальной и многокритериальной оптимизации, пользователь выбирая из тестовых функций или вводя свою функцию, на основе эмпирических данных может сделать предположение о виде функции, т. е. установить её принадлежность какому-либо классу задач; затем с помощью МАИ выбрать наиболее подходящие параметры случайного поиска для этой функции и решить исходную задачу наиболее рациональным способом.

Программный продукт предназначен для решения задач математического программирования, при наличии большого числа случайных факторов функций безусловной оптимизации. Также программный продукт содержит набор классов

методов случайного поиска, которые могут быть использованы для целевой функции с малой чувствительностью к нерегулярностям.

Результаты магистерской диссертации внедрены в учебный процесс, в виде программного модуля поиска глобального экстремума для демонстрации в лекционном и изучении в лабораторном курсах по дисциплине «Оптимизация проектных решений», на кафедре информационных систем и технологий инженерного факультета Барановичского государственного университета, что подтверждается актом о внедрении.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Мазалевич О.Д. Использование метода анализа иерархий для принятия решений / О.Д. Мазалевич // Специалист XXI века [Текст] : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 10-летию со дня образования ун-та, 4-5 июня 2014 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь : в 2 кн. / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Е.В Панчук, А.К. Гавриленя, А.В. Прадун (отв. ред.) [и др.]. – Барановичи : РИО БарГУ, 2014. – Кн. 2. – С. 153-156.

Мазалевич О.Д., Наранович О.И. Решение задач оптимизации адаптивным методом случайного поиска / О.Д. Мазалевич, О.И. Наранович // Специалист XXI века [Текст] : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 10-летию со дня образования ун-та, 4-5 июня 2014 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь : в 2 кн. / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Е.В Панчук, А.К. Гавриленя, А.В. Прадун (отв. ред.) [и др.]. – Барановичи : РИО БарГУ, 2014. – Кн. 2. – С. 156-158.

Наранович О.И , Мазалевич О.Д. Детерминированная модель управления заемными денежными потоками предприятия/ Наранович О.И , Мазалевич О.Д./материалы международной научно-практической конференции, 21 ноября 2012г., г. Минск/ Акад. Упр. При президенте РБ; редкол.: А.В. Ивановский, В.В. Лабоцкий [и др.] - минск: Акад. Упр. при Президенте РБ, 2012 - 295 с.