

На правах рукописи

КОЛЯДА Александр Владимирович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ
ЭВОЛЮЦИОННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Специальность:

05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Таганрог 2005

Работа выполнена в Таганрогском Государственном Радиотехническом Университете (ТРТУ)

Научный руководитель: заслуженный деятель науки РФ,
 д-р техн. наук, проф. Курейчик В.М.

Официальные оппоненты: д-р техн. наук, проф. Колесников А.А.
 д-р техн. наук, проф. Ромм Я.Е.

Ведущая организация: Федеральное Государственное унитарное предприятие
Таганрогский НИИ связи (г.Таганрог).

Защита состоится « 1 » июля 2005г. в 14.20 на заседании диссертационного совета Д212.259.03 по защите диссертаций при Таганрогском государственном радиотехническом университете по адресу: 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ауд. Д-406.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таганрогского Государственного радиотехнического университета.

Автореферат разослан « » июня 2005г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.



А. Н. Целых

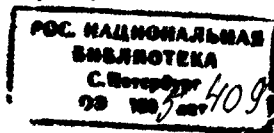
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**Актуальность работы.**

В настоящее время разрабатываются эволюционные (ЭА) и генетические алгоритмы (ГА) для решения оптимизационных задач. При этом строятся новые целевые функции (ЦФ), обеспечивающие получение одинаковых оптимальных решений. Используя одни ЦФ, ЭА постоянно попадают в локальные оптимумы, а, используя другие, отыскивают глобальный. Поэтому актуальной является задача выбора эффективной ЦФ на ранней стадии разработки нового алгоритма. Для выбора такой функции распространённым является метод, основанный на статистических исследованиях. Его основным недостатком является необходимость многократного запуска уже реализованного алгоритма на одних и тех же тестовых примерах. Поэтому задача поиска новых подходов к анализу ЦФ является важной. Другой подход основан на анализе ландшафтов ЦФ. Разработанные в его рамках методы ориентированы на получение интегральных параметров ландшафта ЦФ, которые определённым образом характеризуют её сложность для ЭА. По сравнению с традиционным подходом анализа ЦФ, данный подход имеет следующие преимущества: во-первых, для его использования не требуется программная реализация ГА и, во-вторых, ЦФ на конкретном тестовом примере анализируется один раз. По данным методам нет чётких рекомендаций, каким образом использовать интегральные параметры ландшафтов сравнивать эффективности ЦФ. В спектральном методе в качестве интегрального параметра ландшафта выступает спектр, то есть вектор чисел, что усложняет его использование для автоматического сравнения эффективностей ЦФ. Таким образом, исследование ландшафтов ЦФ эволюционных и генетических алгоритмов является актуальной задачей.

Цель диссертационной работы заключается в разработке и исследовании методов, позволяющих повысить скорость и качество решения оптимизационных задач, а также сократить время тестирования алгоритмов за счёт предварительного анализа ЦФ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Определены области применения монотонных и графовых ландшафтов для непрерывных и дискретных задач оптимизации.
2. Найдены методы анализа ландшафтов ЦФ, на основе которых можно сравнивать различные ЦФ и выбирать эффективные для ГА. Основная цель данных методов состоит в определении для заданного ландшафта одного или нескольких интегральных параметров, после чего сравнение ландшафтов сводится к сравнению этих интегральных параметров.
3. Разработаны модифицированные алгоритмы для реализации и тестирования, найденных методов анализа ландшафтов ЦФ, позволяющие автоматизировать процесс расчета интегральных параметров:
 - а. Разработан алгоритм анализа ландшафтов ЦФ по методу барьерных деревьев, позволяющий автоматически рассчитывать глубину и сложность заданного



монотонного n -мерного ландшафта, после чего, сравнение ЦФ, сводится к сравнению рассчитанных глубин и сложностей;

- б) Разработан алгоритм анализа ландшафтов ЦФ по методу, основанному на спектральной теории, позволяющий автоматически рассчитывать спектр заданного в виде графа ландшафта некоторой ЦФ.
4. Проведены вычислительные эксперименты, в ходе которых определены области применения метода барьерных деревьев и метода основанного на спектральной теории.

Методы исследований базируются на использовании элементов теории множеств, теории графов, теории алгоритмов, теории комбинаторной оптимизации, элементов теории статистических вычислений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм, позволяющий получить параметры ландшафта ЦФ по методу барьерных деревьев в многомерном пространстве.
2. Разработан алгоритм, позволяющий получить параметры ландшафта ЦФ по методу, основанному на спектральной теории.
3. Выявлена зависимость между видом и параметрами амплитудного спектра поверхности ЦФ и её сложностью с точки зрения эволюционных вычислений. Разработан метод сравнения спектров на основе новых интегральных параметров.
4. Разработан алгоритм аппроксимации многомерной поверхности при помощи нейронной сети.

Практическую ценность работы представляют:

1. Алгоритм и программа оценки ЦФ по методу барьерных деревьев.
2. Алгоритм и программа оценки ЦФ по методу, основанному на спектральной теории.
3. Алгоритм и программа аппроксимации ландшафта ЦФ при помощи нейронной сети.
4. Разработан комплекс программ и интегральная программная оболочка, позволяющая автоматизировать процесс выбора эффективной ЦФ.
5. Осуществлена проверка разработанного комплекса программ на предмет правильности принимаемых решений относительно целесообразности применения той или иной ЦФ для решения оптимизационных задач ГА. В качестве тестовых использовались задача о рюкзаке и выбора оптимальных параметров вибраторных антенн.

Реализация результатов работы.

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы использованы в государственной работе «Разработка теории и принципов построения интеллектуальных систем автоматизированного проектирования на основе эволюционной адаптации, нейросетевых моделей и методов принятия решений», а также в научно-исследовательских работах, выполненных по гранту «Многоальтернативные алгоритмы эволюционных вычислений».

Материалы диссертации были использованы в учебном процессе на кафедре САПР ТРТУ при чтении лекций по курсам «Методы оптимизации», «Эволюционное

моделирование и генетические алгоритмы», «Лингвистическое и программное обеспечение».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Модифицированные алгоритмы расчёта интегральных параметров ландшафтов ЦФ на основе барьерных деревьев и спектральной теории.
2. Принципы выбора эффективных ЦФ на основе анализа интегральных параметров их ландшафтов.
3. Метод сравнения спектров на основе новых интегральных параметров, позволяющий точнее определять эффективность ЦФ, а также автоматизировать этот процесс.

Апробация работы и публикации.

Результаты работы докладывались и обсуждались на Всероссийской научной конференции с международным участием молодых учёных и аспирантов, “Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения” (г. Таганрог 2002г.), на Международном научно-практическом семинаре, “Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте” (Коломна 2003г.), на Научной сессии МИФИ-2003 “Интеллектуальные системы и технологии” (Москва 2003г.), на Всероссийских научных конференциях студентов и аспирантов «Техническая кибернетика, радиоэлектроника и системы управления» (г. Таганрог 2000г., 2002г., 2004г.).

Публикации.

Результаты диссертации отражены в 9 печатных работах.

Структура и объём диссертационной работы.

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 164 стр., а также 46 рис., 13 таблицы, список литературы из 105 наименований, 50 стр. приложений и актов об использовании.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели, приведены сведения о полученных научных и практических результатах, реализации и внедрении результатов работы, апробации, дано общее описание выполненной работы

В первой главе приведена постановка задачи диссертационной работы и варианты представления ландшафтов ЦФ в многомерном пространстве. Описываются сложности, возникающие при их исследовании. Произведен сравнительный анализ существующих алгоритмов решения оптимизационных задач. Проведён анализ построения различных ЦФ при однокритериальной и многокритериальной оптимизации. Приведено формальное описание ландшафтов ЦФ. Отмечается различие между дискретными и непрерывными ландшафтами, которое влияет на способы их анализа.

Выделен класс задач для которых строятся непрерывные ландшафты ЦФ. На примере выбора оптимальных параметров вибраторной антенны проиллюстрированы

несколько ландшафтов, которые соответствуют различным модификациям одной ЦФ. Приводится способ построения непрерывных ландшафтов, для которых проводится аналогия с природными ландшафтами. Выделяются компоненты ландшафтов, по которым можно судить об эффективности соответствующих им ЦФ для ЭА. Описывается общий способ визуального анализа непрерывных ландшафтов.

Выделен класс задач, для которых применяются дискретные ландшафты. Приведён пример задачи коммивояжера. Указываются проблемы связанные с построением дискретных ландшафтов. Описан общий принцип их построения. В его основе лежит тот факт, что ЭА на каждой итерации выбирают не произвольное решение, а решение, являющееся результатом преобразования на предыдущей итерации по заранее заданному правилу. В конечном итоге ландшафтом является граф с взвешенными вершинами, отражающий работу ЭА. Приведены примеры ландшафтов для различных операторов мутации и даны рекомендации по построению ландшафтов кроссинговеров.

Во второй главе приводится описание двух методов исследования ландшафтов ЦФ – метода барьерных деревьев и метода, основанного на спектральной теории. Выделены области их использования. Разработаны алгоритмы для расчёта параметров ландшафтов, использующие данные методы. Приведены примеры, в которых описан процесс получения требуемых параметров ландшафтов по разработанным алгоритмам. С целью повышения быстродействия ГА предлагается использовать для части альтернативных решений, получаемых в процессе работы алгоритма, не точное значение ЦФ, а приближённое, получаемое при помощи аппроксимации. Для многомерных ландшафтов ЦФ разработан алгоритм аппроксимации при помощи нейронной сети.

Метод барьерных деревьев позволяет оценить глубину каждого локального минимума и степень его влияния на процесс эволюционного проектирования. Его основная идея заключается в том, что сложность поверхности отражает высота h , на которую необходимо подняться, чтобы попасть из одного локального минимума в другой. Высоту можно выразить следующей формулой:

$$h(x_i) = f(x_i, x_j) - f(x_i) | x_j : f(x_j) < f(x_i),$$

где: x – локальный минимум,
 $f(x)$ – значение ЦФ в нём,
 $f(x_i, x_j)$ – минимальный барьер

Сравнивать целые наборы величин затруднительно, так как количество локальных оптимумов обычно различно для разных ЦФ. Кроме того, для автоматического сравнения желательно иметь один интегральный параметр. Поэтому используется тот факт, что необходимо оценить вероятность не возникновения эффекта преждевременной сходимости. Для этого достаточно того, чтобы ГА мог выйти из текущего локального оптимума и найти любой другой с лучшим значением. В случае успеха он вероятнее найдёт локальный оптимум, который будет ближе всего находиться к текущему локальному оптимуму. Произведём переход от набора

параметров локального минимума, к единственному параметру оценки района локального минимума, который определяется следующим соотношением:

$$B(x_i) = \min\{f(x_i, x_j) - f(x_j) \mid x_j : f(x_j) < f(x_i)\},$$

где:

$f(x_i)$ и $f(x_j)$ – значения ЦФ в локальных оптимумах i и j ,

$f(x_i, x_j)$ – минимальный барьер, который необходимо преодолеть, чтобы

попасть из локального оптимума i в локальный оптимум j .

Барьер – это наивысшая точка некоторого пути.

Параметр B это минимальная высота, на которую нужно подняться относительно некоторого минимума i , чтобы попасть в один из минимумов, имеющих меньшее значение, чем значение минимума i . Для того чтобы получить только один интегральный параметр для всего ландшафта достаточно выделить из всех локальных оптимумов, тот локальный оптимум, выход из которого наиболее сложен. Значение B такого оптимума называется глубиной ландшафта и обозначается символом D . Для сравнения ландшафтов, различающихся по величине, берётся отношение глубины D к общей высоте ландшафта, которое называется сложностью ψ . Для сравнения ландшафтов ЦФ используются 2 параметра – глубина D и сложность ψ . Глубина D определяется соотношением:

$$D = \max\{B(x_i) \mid x_i \neq x_{\min}\}.$$

Сложность поверхности определяется соотношением:

$$\psi = \max\left\{\frac{B(x_i)}{f(x_i) - f(x_{\min})}\right\}, x_i \neq x_{\min}.$$

Для гладкой поверхности (с одним минимумом, являющимся глобальным) все эти параметры равны нулю. Таким образом, чем ближе к нулю глубина и сложность поверхности, тем поверхность ближе к классу гладких. Следует отметить, что сложность поверхности ψ является относительным параметром и поэтому может применяться для сравнения различных по размеру ландшафтов ЦФ.

В данной главе приводится описание разработанных алгоритмов, позволяющих решить следующие проблемы:

- Выделение из исходного набора точек поверхности точек локальных оптимумов.
- Нахождение пути из одного локального оптимума в другой.
- Построение барьерного дерева.

Основная идея определения всех локальных оптимумов состоит в предварительной дискретизации пространства неравномерной сеткой. После этого для определения является ли некоторая точка локальным или глобальным оптимумом достаточно просмотреть соседние для неё точки. В результате получается линейный алгоритм порядка $O(3nN)$, где N – количество точек исходной выборки, а n – размерность пространства. Структурная схема разработанного алгоритма показана на рис.1.

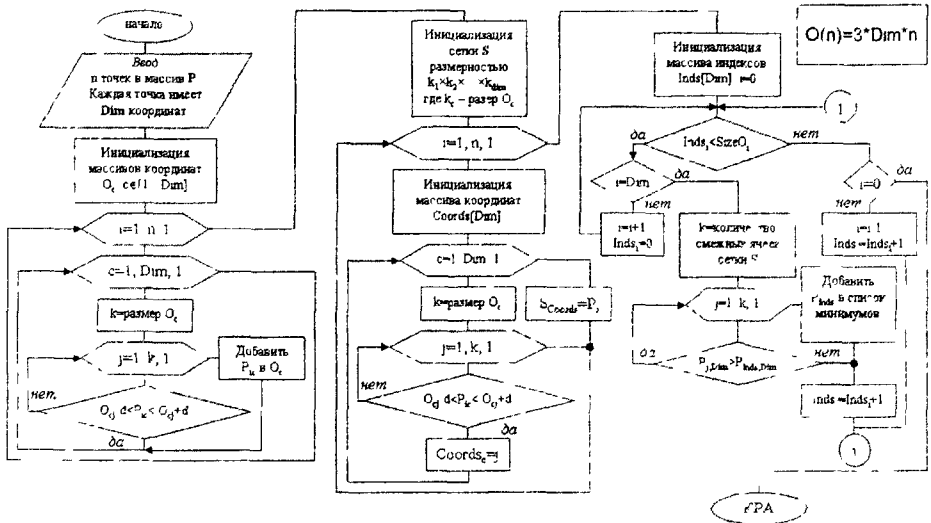


Рис. 1. Структурная схема алгоритма выделения всех локальных оптимумов

Разработан алгоритм для отыскания всех путей между всеми парами оптимумов, который использует уже сформированную сетку и основан на волновом алгоритме. Приводится пример расчёта глубины и сложности ландшафта. Даются выводы и рекомендации по методу барьерных деревьев.

Описывается метод анализа ландшафтов ЦФ, основанный на спектральной теории. Этот метод предназначен для анализа ландшафтов ЦФ, представленных в виде графов. Для матрицы, являющейся результатом разности диагональной матрицы степеней вершин и матрицы смежности графа:

$$\Delta = D_S - S,$$

определяются собственные значения и собственные вектора. Далее собственные значения вместе с собственными векторами сортируются в порядке возрастания собственных значений, а из собственных векторов формируется матрица. Далее эта матрица умножается на вектор весов графа. Получается вектор вида $v = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Для произвольного ландшафта амплитудный спектр определяется соотношением:

$$B(\lambda) = \sum_{\lambda \Delta \varphi_k = \lambda \varphi_k} |a_k|^2.$$

Запись $k \Delta \varphi_k = \lambda \varphi_k$ означает, что для вычисления амплитудного спектра B собственного числа λ берутся только те собственные вектора φ_k , которые удовлетворяют соотношению $\Delta \varphi_k = \lambda \varphi_k$, другими словами используются только те компоненты, полученного вектора v , которые соответствуют данному собственному числу. Обычно, амплитудный спектр нормализуется путём его деления на величину

$\sum_k |a_k|^2$. По известному амплитудному спектру определяется среднее собственное число:

$$\lambda_{cp} = \sum_{\lambda} B(\lambda) \lambda.$$

которое служит альтернативной мерой модальности ландшафта.

Приведён алгоритм, позволяющий рассчитывать амплитудный спектр. Описывается QR-алгоритм, который был применён для расчёта собственных чисел. Указывается, что для расчёта собственных векторов использован метод Гаусса с выбором ведущего элемента. Приводится пример расчёта спектра. Предлагаются выводы и рекомендации по спектральному методу.

Приводится определение аппроксимации ландшафтов ЦФ. Рассматривается способ аппроксимации при помощи конструируемой нейронной сети радиального основания (RBF-сети). Предлагаемая модификация стандартной активационной функции нейронов расширяет возможности аппроксимации. Описывается алгоритм конструирования нейронной сети, способной к аппроксимации. Приводится пример построения нейронной сети для аппроксимации трёхмерной параболы, а также результат её работы.

Третья глава посвящена описанию комплекса программ, реализующих разработанные алгоритмы и позволяющих рассчитывать параметры ландшафтов ЦФ. Описана комплексная программа, позволяющая сравнивать различные ЦФ. Описана программа, реализующая алгоритм аппроксимации ландшафта при помощи нейронной сети. Поставлены цели вычислительных экспериментов. Произведены экспериментальные оценки временной сложности алгоритмов. Приведены результаты вычислительных экспериментов, в ходе которых, установлена зависимость между сложностью поверхности с точки зрения ГА и параметрами спектра её ландшафта, что относится к оригинальным исследованиям. Сделан вывод о применимости разработанных методов и алгоритмов для анализа ландшафтов ЦФ. Приведен пример, иллюстрирующий процесс выбора эффективной ЦФ при помощи разработанного комплекса программ

Описана программа LANDS, предназначенная для расчёта интегральных параметров ландшафтов ЦФ на основе барьерных деревьев. Сервисные возможности этой программы включают:

- Ввод исходных данных.
- Возможность визуальной оценки ЦФ экспертом.
- Нахождение всех локальных минимумов.
- Нахождение глобального минимума.
- Определение барьерных деревьев.
- Определение глубины
- Определение сложности.

Описана проблема, связанная с тем, что некоторые точки ландшафта могут быть приняты за локальные минимумы, хотя таковыми не являются. Это связано с

ограниченностью размера исходной выборки точек анализируемой поверхности, а также с тем, что алгоритм анализа поверхности оперирует только этой выборкой. Это может приводить к неверным расчётам глубины и сложности. Подобная ситуация чаще возникает для поверхностей, которые имеют «размазанные» минимумы. Приводится пример такой поверхности. Описан способ, позволяющий решать эту проблему. Его суть заключается в том, что в алгоритм расчета глубины и сложности ландшафтов внесены изменения, позволяющие игнорировать незначительные шероховатости поверхности, размеры которых может регулировать пользователь.

Программа LANDS написана на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual C++ и функционирует в операционной системе Windows 98 и выше. Для анализа одной поверхности ЦФ, содержащей 1000 точек, требуется примерно 3 Мб оперативной памяти. При этом на IBM®-совместимом компьютере с процессором Pentium II 400МГц и оперативной памятью 300Мб анализ такой поверхности выполняется за 0.3 секунды. Вычислительные эксперименты показали, что временная сложность реализованных в ней алгоритмов линейна, что подтверждает теоретические оценки. Эксперименты подтвердили первоначальное предположение о том, что чем ближе к нулю глубина и сложность ландшафта, тем эффективнее его ЦФ для ГА.

Программа SPECTR предназначена для расчёта спектра ландшафта ЦФ. Сервисные возможности программы включают.

- Ввод исходного графа во встроенном редакторе графов, который позволяет: осуществлять ввод, удаление, перемещение, копирование и вставку группы вершин; устанавливать веса вершин; вводить и удалять рёбра; масштабировать и перемещать рабочую область; настраивать параметры отображения графа; автоматически создавать различные типы графов с возможностью последующего задания весов вершин.
- Расчёт собственных чисел, собственных векторов, амплитудного спектра и ряда интегральных параметров спектра
- Настраиваемый вывод результатов вычислений в текстовом виде, а также отображение спектра в виде графика
- Возможность обмена входными и выходными данными с внешними программами, что позволяет сократить время анализа и создания отчёта по множеству ландшафтов.
- Экспорт, импорт различных данных

Программа SPECTR написана на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual C++ и функционирует в операционной системе Windows 98 и выше. Пространственная сложность пропорциональна $O(n^2)$, а временная сложность – $O(n^3)$. Например, для анализа одного гиперкуба 7-й степени, то есть графа со 128 вершинами требуется примерно 2 Мб оперативной памяти. При этом на IBM®-совместимом компьютере с процессором Pentium II 400МГц и оперативной памятью 300Мб его анализ выполняется примерно за 13 секунд. В таблице 1 приводятся результаты вычислительных экспериментов по определению ВСА.

На основе проведённых вычислительных экспериментов сделаны следующие выводы:

1. Чем ближе поверхность к одномодальной и чем больше бассейн экстремума, тем значительнее одна компонента её спектра отличается по величине от остальных компонент.
2. Наблюдается игнорирование локальных оптимумов близких по величине к глобальному оптимуму, но имеющих существенно (не более 8%) меньший бассейн.
3. Исходя из формулы расчёта λ_{cr} видно, что чем больше выделяется одна составляющая спектра, тем ближе значение λ_{cr} к значению одного из собственных чисел. Это подтверждается вычислительным экспериментом.

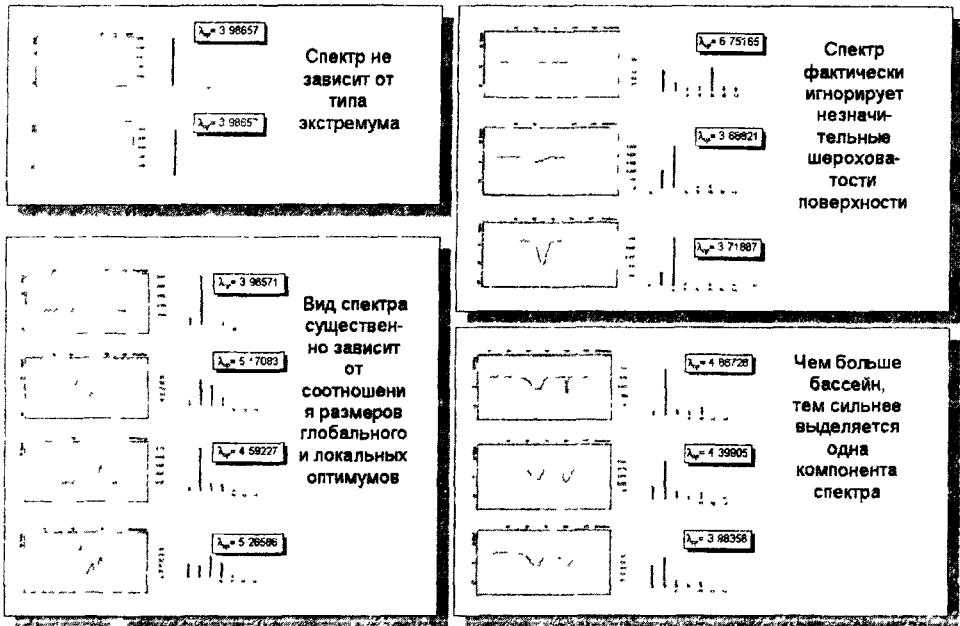


Рис. 3. Связь спектра с характером ландшафта

Далее описываются результаты вычислительных экспериментов по выявлению связи спектра ландшафта со сложностью его ЦФ для ГА. Для этого выбирался набор различных ЦФ и рассчитывался спектр их поверхностей. Затем реализовывался простой генетический алгоритм (ПГА) нахождения оптимумов ЦФ и определялась его эффективность. Сравнивался вид спектра с эффективностью ПГА. На рис. 4 показаны результаты этих экспериментов. Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что чем ближе поверхность к классу одномодальных, и чем больше бассейн экстремума, тем значительнее одна компонента её спектра отличается по величине от остальных компонент. Проведённые испытания работы ПГА показывают, что количество найденных решений зависит от модальности функции. Эта зависимость

заключается в том, что чем ближе поверхность к классу одномодальных, тем больше вероятность нахождения оптимального решения.

Основной вывод по результатам расчётов спектров поверхностей и испытаний ПГА заключается в том, что спектр поверхности отражает модальность функции и размер бассейна. Это является достаточным для того, чтобы, при сравнении ЦФ, судить о том, какая из них будет эффективнее для ГА.

Проведённые экспериментальные исследования позволили сделать выводы о визуальном сравнении спектров. Для возможности автоматического сравнения спектров необходимо по возможности свести вектор спектра к интегральному параметру, выражающемуся одним числом. Указывается, что использование среднего собственного числа $\lambda_{\text{ср}}$ не однозначно. Поэтому были разработаны новые интегральные параметры спектра, которыми являются:

1. Разность μ между величинами двух самых больших компонентов спектра. Чем больше эта разница, тем эффективнее ЦФ для ГА.
2. Глубина D и сложность ψ поверхности самого спектра. Эти параметры отражают как величину самой большой компоненты спектра, так и модальность поверхности спектра, которая также влияет на качество ЦФ.

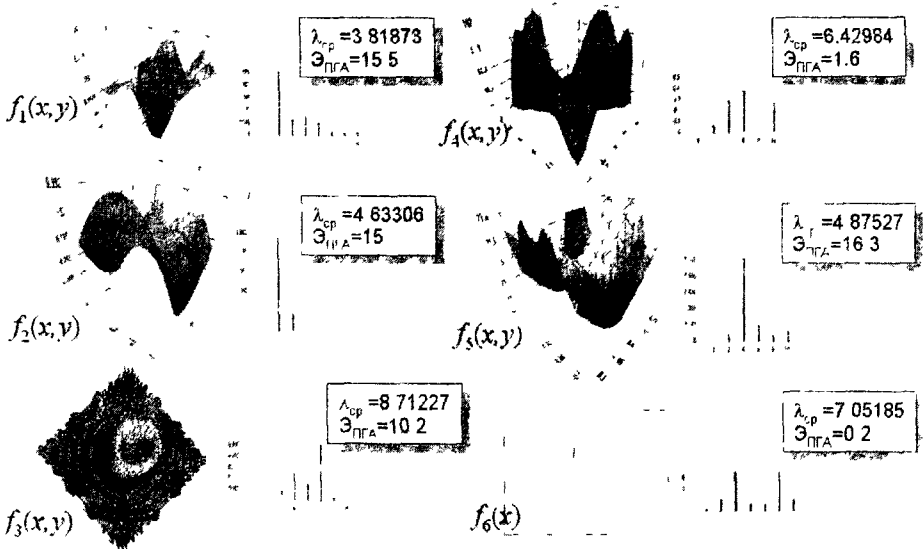


Рис. 4. Результаты вычислительных экспериментов по выявлению связи вида спектра с эффективностью ПГА.

Далее приводится анализ тестовых функций де Йонга. При этом используются как ранее известные параметры ландшафтов (непосредственно спектр и среднее собственное число), так и новые интегральные параметры спектра (разность между

величинами двух самых больших компонентов спектра μ и сложность поверхности спектра ψ). Отмечается, в частности, что:

- спектральный метод может быть применён только для дискретных ландшафтов;
- при использовании метода барьерных деревьев необходимо построить ландшафты анализируемых ЦФ, определить их глубины и сложности, после чего выбрать ту из них, для которой глубина и сложность окажутся ближе к нулю;
- при использовании спектрального метода необходимо построить ландшафты ЦФ, рассчитать их спектры и их интегральные параметры. После чего выбрать ту ЦФ, для которой сложность ψ спектра будет ближе к нулю, а разница μ между двумя самыми высокими компонентами спектра окажется большей.

Приводятся примеры использования разработанного комплекса программ и алгоритмов для выбора эффективных ЦФ для задач о рюкзаке и выбора оптимальных параметров вибраторных антенн. При этом приводятся результаты анализа как при помощи традиционного метода, основанного на статистических исследованиях, так и результаты анализа на основе методов, использующих интегральные параметры ландшафтов. Показано, что в большинстве случаев на тестовых примерах результаты совпадают, что подтверждает возможность применения разработанных методов и алгоритмов для анализа ЦФ. Разработанные методы имеют преимущество, заключающееся в том, что во-первых для анализа ЦФ не требуется предварительной реализации ГА, а во-вторых, каждая ЦФ на каждом тестовом примере анализируется только один раз.

В приложениях приводятся акты об использовании результатов диссертационной работы, свидетельство об официальной регистрации программы, а также результаты отдельных экспериментальных исследований. Описываются возможности разработанных программ LANDS и SPECTR. Описывается встроенный анализатор формул, позволяющий автоматически генерировать ландшафты двух и трёхмерных ЦФ в программах LANDS и AproNN. Приводится полный список встроенных математических и логических функций, при помощи которых можно создавать различные поверхности. Описывается способ работы с комплексной программой OCENKA, предназначенной для автоматизации процесса выбора эффективного алгоритма и ЦФ решения оптимизационных задач.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработан алгоритм анализа ландшафтов ЦФ по методу барьерных деревьев. Построен алгоритм поиска локальных оптимумов и путей из одного локального оптимума в другой, основанный на волновом принципе. Приведён алгоритм построения барьерного дерева. Временная сложность алгоритма равна $O(n)$. Программа написана на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual C++ и функционирует в операционной системе Windows 98 и выше.
2. Разработан алгоритм анализа ландшафтов ЦФ по спектральному методу. Для этого выбран метод расчёта собственных чисел и собственных векторов. Осуществлена программная реализация разработанного алгоритма, которая позволяет

автоматизировать процесс анализа ЦФ по спектральному методу. Проведенные исследования подтвердили временную сложность $O(n^3)$ и пространственную сложность $O(n^2)$. Программа написана на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual C++ и функционирует в операционной системе Windows 98 и выше.

3. Установлена зависимость между видом и параметрами амплитудного спектра ландшафта ЦФ и её сложностью.
4. Предложен метод сравнения спектров на основе интегральных параметров, позволяющий упростить определение эффективности ЦФ. Предложена идея расширяемого комплексного программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс выбора эффективной ЦФ.
5. Проведены вычислительные эксперименты, которые позволили сделать выводы и рекомендации об использовании полученных интегральных параметров ландшафтов для анализа и сравнения их ЦФ. Определён способ сравнения ЦФ по методу барьерных деревьев, используя глубину и сложность их ландшафтов. Установлена взаимосвязь между характером ландшафта ЦФ (количеством локальных оптимумов, их величиной, размером их бассейнов и т.д.) и его спектром. Определён способ сравнения эффективностей ЦФ при помощи спектров их ландшафтов, среднего собственного числа и нескольких новых интегральных параметров. Проведены эксперименты, в которых, на примере задач о рюкзаке и выборе оптимальных параметров вибраторных антенн, показано использование разработанного комплекса алгоритмов и программ для выбора эффективной ЦФ.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. А.В. Коляда “Графический редактор для синтеза нейронных сетей”. Тезисы докладов. VI Всероссийская научная конференция студентов и аспирантов, “Техническая Кибернетика, Радиоэлектроника и системы управления”, КРЭС 2002, с.105.
2. А.В. Коляда, Л.А. Зинченко “Исследование ландшафтов целевых функций в многокритериальной эволюционной оптимизации”. Материалы докладов. Пятая всероссийская научная конференция с международным участием молодых учёных и аспирантов, “Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения”, Таганрог 2002, с.53-54.
3. А.В. Коляда “Выбор целевых функций в системах эволюционного проектирования”. Сборник научных трудов. Научная сессия МИФИ-2003, Том 3 “Интеллектуальные системы и технологии”, Москва 2003, с.126-127.
4. Зинченко Л.А., Сорокин С.Н., Коляда А.В. “Сравнение поверхностей функций пригодности для систем эволюционного проектирования”. II-й Международный научно-практический семинар, “Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте”. Сборник научных трудов, Коломна 2003, с.265-269.
5. А.В.Коляда, И.В. Мухлаева, В.В. Янушко “Ландшафты функции пригодности в эволюционной оптимизации”. Тезисы - докладов ~IV всероссийская научная конференция с международным участием ТРТУ, Таганрог, 2003, с. 316-319.

5 Л.А.Зинченко, А.В.Коляда. "Анализ спектров пригодности и его применение в задачах перспективных информационных технологий". №4(16)/2003. Таганрог 2003., с.16-25.

РНБ Русский фонд

2006-4

6151

7. А.В. Коляда. "Программа аппроксимации помощи нейронной сети". Тезисы конференции студентов и аспирантов Радиотехника и системы управления

8 Зинченко Л.А., Сорокин С.Н., Коляда А.В. Программа расчета параметров ландшафтов целевых функций (LAND). Свидетельство Гос. Патента РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №2003611016 от 28.04.2003

9. Коляда А.В., Курейчик В.М. Программа аппроксимации ландшафтов целевых функций при помощи нейронной сети (ArgoNN). Свидетельство Гос. Патента РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №2005610977 от 22.04.2005

10 Коляда А.В., Курейчик В.М. Программа анализа ландшафтов целевых функций по методу, основанному на спектральной теории (SPECTR). Свидетельство Гос. Патента РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №2005610979 от 22.04.2005

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве: [2,4,8] – разработка алгоритма расчёта интегральных параметров ландшафтов целевых функций на основе барьерных деревьев; [5,6] – программная реализация алгоритма расчета спектра поверхности целевой функции, а также исследования связи спектра с характером ландшафта и сложностью ЦФ для ГА; [9] – разработка алгоритма аппроксимации при помощи нейронной сети, программная реализация, отладка программы, анализ результатов; [10] – разработка алгоритма расчёта собственных чисел, собственных векторов и спектра ландшафта ЦФ, программная реализация, отладка программы, анализ результатов.

Соискатель



А.В. Коляда

Типография Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Заказ № 196

Тираж 100экз. 2005 г.