

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Матренина Павла Викторовича

на тему «Разработка адаптивных алгоритмов роевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)»

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность избранной темы

Проектирование сложных технических систем, повышение их эффективности неразрывно связаны с решением задач оптимизации. Поиск оптимального решения для многопараметрических систем, которые характеризуются целевой функцией со сложной топологией, большим пространством поиска и недостаточностью эвристической информации, можно выполнить с применением метаэвристических методов. Каждая метаэвристика содержит свободные параметры, значения которых влияют на поиск оптимального решения. Согласно теореме «о бесплатных завтраках» (Wolpert: No-free lunch theorem) в отсутствие априорных знаний об исследуемой области ни один алгоритм оптимизации не имеет преимуществ перед другим. Методы мета-обучения помогают выбрать алгоритм оптимизации или параметры этого алгоритма, исходя из прошлого опыта, и тем самым повысить эффективность обучения.

Работа П.В. Матренина направлена на разработку алгоритмов адаптации метаэвристических роевых методов под заданный класс задач оптимизации. Таким образом, можно заключить, что тема диссертации П.В. Матренина и проведенные диссертантом исследования являются актуальными.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения и выводы, представленные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы и интерпретированы. Автор корректно использует научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. В работе дан анализ современного состояния разработки средств решения оптимизационных задач проектирования технических систем. Список использованной литературы содержит 182 наименования. Все выдвигаемые научные положения подтверждены экспериментальными исследованиями. Выводы логически вытекают из материалов исследований и в полном объеме отражают поставленные задачи. В работе приведены рекомендации по выбору роевых алгоритмов и значений их параметров при решении заданного класса задач оптимизации.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Все полученные в работе результаты обоснованы и достоверны. Степень достоверности результатов обеспечивается использованием современных математических методов, непротиворечивостью результатов проведенных численных экспериментов и их удовлетворительным согласием с данными других авторов, а также подтверждаются актом внедрения результатов диссертационной работы. Разработанные адаптивные алгоритмы роевого интеллекта исследованы на общеизвестных тестовых задачах календарного планирования из библиотеки Operation Research Library.

Научной новизной работы обладают следующие результаты.

1. С использованием методов системного анализа предложена обобщенная схема описания роевых алгоритмов, отличительной особенностью которой является введение шести основных понятий, наиболее полно характеризующих роевые алгоритмы.

2. Разработана адаптационная схема роевых алгоритмов оптимизации, отличительной особенностью которой является наличие двух уровней адаптации: а) взаимодействие между роевыми алгоритмами оптимизации и моделями оптимизируемого объекта и б) настройка значений параметров роевых алгоритмов.

3. Разработан алгоритм адаптации роевых методов оптимизации, отличительной особенностью которого является применение генетического алгоритма в качестве средства для мета-обучения.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость научной работы заключается в развитии технологии построения систем мета-обучения, предназначенных для решения задач оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации. Проведен системный анализ концепции роевого интеллекта. Применительно к проблематике диссертации эффективно использованы генетический алгоритм, алгоритм роящихся частиц, алгоритмы муравьиной и пчелиной колонии.

Практическая значимость подтверждается результатами использования предложенных алгоритмов для оптимизации размещения установок компенсации реактивной мощности в сетях электроснабжения 0,4 кВ в АО «Уральский электрохимический комбинат».

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в проектных организациях, в системах электроснабжения предприятий для решения оптимизационных задач проектирования и управления.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Результаты диссертационной работы представлены в пяти главах.

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертации, изложены целевые установки, определены задачи, указаны научная новизна,

методы исследования, теоретическая и практическая значимость работы, дано общее представление о диссертации.

В первой главе проведен анализ методов решения оптимизационных задач. В ней рассмотрена хронология развития методов оптимизации, приведены примеры детерминированных и метаэвристических методов оптимизации. В целом содержание первой главы носит больше обзорный, чем аналитический характер. Большинство из приведенных в разделе сведений хорошо известно специалистам в области оптимизации и не представляет большого интереса. Приводя на стр. 17 классификацию методов оптимизации по основанию «стохастичность», автор не определился с числом категорий: три или две. Повторяя классификацию алгоритмов оптимизации из работы Weise (рис. 1.1), автор повторяет ошибку оригинала, указывая, что алгоритм «дифференциальная эволюция» является частью алгоритма «эволюционная стратегия». Ратуя за единую терминологию, автор на одной только стр. 37 одну и ту же операцию именует то «кроссинговер», то «скрещивание».

Во второй главе автор описывает роевые алгоритмы с позиций системного анализа, вводит и обосновывает единую терминологию роевых алгоритмов, описывает общие принципы их работы. Новизна предложенного подхода заключается в схеме описания роевых алгоритмов, отличительной особенностью которой является введение шести основных понятий, наиболее полно характеризующих роевые алгоритмы. Предложенная схема обеспечивает стандартизацию существующих и облегчает возможность разработки новых меметичных и гибридных алгоритмов роевой оптимизации.

Автором предложена оригинальная адаптационная схема роевых алгоритмов оптимизации, отличительной особенностью которой является наличие двух уровней адаптации: а) взаимодействие между роевыми алгоритмами оптимизации и моделями оптимизируемого объекта и б) настройка значений параметров роевых алгоритмов. Для реализации согласованной работы роевых алгоритмов и моделей оптимизируемого объекта автором разработан интерфейс взаимодействия, обеспечивающий независимость роевого алгоритма и оптимизационной задачи, что увеличивает гибкость применения роевых алгоритмов. Мета-обучение роевых алгоритмов предлагается проводить с помощью генетического алгоритма. Здесь автор выделяет два множества. Первое – это множество задач определенной категории, например, проектирование, управление. Второе – множество роевых алгоритмов: алгоритм роящихся частиц, алгоритм муравьиной колонии, алгоритм пчелиной колонии, алгоритм колонии светлячков. Для каждой категории задач предлагается с помощью генетического алгоритма определить роевые алгоритмы с заданными параметрами.

Несмотря на в целом благоприятное впечатление о данной главе, необходимо сделать ряд замечаний. `Argmin` определяет аргумент, при котором данное выражение достигает минимума, однако на стр. 47 автор с помощью `argmin` находит минимальное значение не аргумента, а функции от этого аргумента. Рассуждая на стр. 52 об эволюционных алгоритмах, автор

утверждает, что здесь «используется процесс отбора решений с наилучшим значением критерия», и в этом он прав лишь отчасти, элитарный отбор один из многих, в рулеточном или турнирном отборе шансы попасть в следующую генерацию у наилучшего решения большие, но всё-таки не стопроцентные. Алгоритмы Artificial Bee Colony Algorithm и Bees Algorithm – это разные алгоритмы с разными параметрами и описывать их необходимо отдельно каждый. Непонятный и спорный тезис выдвигает автор на стр. 72, утверждая, что подход на основе мета-оптимизации «намного проще в реализации и применении, чем ручная или статистическая настройка параметров или динамическая настройка в процессе решения». Во-первых, нет пояснений, что есть «статистическая настройка», во-вторых, динамическое изменение, например, параметра инерции в алгоритме роящихся частиц выполняется с применением одной простейшей формулы. Отсутствует единое обозначение для функции генерации равномерно распределённого числа, на стр. 74 эта функция обозначается *random*, до этого – *Rnd*.

В третьей главе представлены результаты использования адаптивных роевых алгоритмов при решении задач оптимизации в электроэнергетических системах. Рассмотрено применение разработанных алгоритмов для решения задачи определения положений и значений мощностей компенсирующих установок в узлах реальных подсистем электроснабжения при глубокой компенсации реактивной мощности. Показана возможность применения разработанных алгоритмов для решения указанной задачи как однокритериальной, так и двухкритериальной. Описано использование адаптивных роевых алгоритмов для решения комбинаторной оптимизационной задачи выбора коэффициентов трансформации в системах электроснабжения. Представлено применение адаптивных роевых алгоритмов для подбора параметров нелинейной регрессионной модели прогнозирования электропотребления.

В целом содержание главы оставляет благоприятное впечатление, однако для подтверждения предложенных адаптационных схем необходимы сравнения с алгоритмами-аналогами, протестированными на единых общепринятых стандартных тестовых системах IEEE 30-bus, 118-bus или им подобных. Из всех многочисленных задач оптимизации в электроэнергетике только для задачи оптимизации компенсирующих установок приведены параметры метаэвристики. А по этим параметрам можно судить о характере сходимости алгоритма. Анализируя результаты, приведенные в таблице 3.9, автор делает вывод о необходимости перезапуска алгоритма роящихся частиц, потому что частицы собираются в области локального экстремума. Но возможен и другой вариант: параметры алгоритма подобраны так, что частицы совершают гармонические колебания вокруг точек равновесия, алгоритм не сходится. Рассуждая на стр.106 о необходимости ограничения максимальной скорости, автор вводит статический параметр β , однако указанная проблема ограничения скорости уже почти с момента появления алгоритма роящихся частиц решается путем динамического уменьшения коэффициента инерции. Тезис «теоретически ...

было показано, что наилучшим для таких задач является алгоритм роя пчел» (стр. 111) требует дополнительного обсуждения.

В четвертой главе рассмотрено практическое применение адаптивных роевых алгоритмов для решения задач календарного планирования. Решая указанную задачу, автор предлагает оригинальные способы представления решений для поиска в непрерывном и дискретном пространстве, повышающие гибкость применения роевых алгоритмов. Экспериментальное подтверждение работоспособности и эффективности разработанных алгоритмов проведено на общеизвестных задачах из библиотеки Operation Research Library. В отличие от прошлой главы здесь автор анализирует влияние параметров двух роевых алгоритмов на эффективность решений. Приведены также сравнения результатов работы двух адаптивных роевых алгоритмов с аналогами. Однако сравнительный анализ результатов работы адаптивных алгоритмов носит упрощенный характер, основанный на вычислении процентов и отклонений. Для этих целей необходимо привлекать статистические критерии. Вызывает недоумение четверка коэффициентов (стр. 125), описывающая алгоритм роящихся частиц, в которой четвертым параметром указан v_{max} , а раньше, согласно введенной единой терминологии, этот параметр обозначался β . Еще большее недоумение вызывает фраза «К недостаткам разработанных адаптивных алгоритмов по сравнению алгоритмами, которые использовались в сравнении, можно отнести более высокую скорость работы» (стр. 133).

Пятая глава посвящена описанию программных средств реализации разработанных алгоритмов. Четыре программы зарегистрированы в Государственном Реестре программ для ЭВМ.

В заключении представлены основные результаты работы.

В приложении представлены копии свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также копии актов внедрения результатов диссертационной работы в АО «Уральский электрохимический комбинат» и в Новосибирском государственном техническом университете.

Таким образом, изложение материалов исследования выполнено в полном объеме, последовательно, на достаточном научном уровне, не содержит противоречий. По каждой главе представлены выводы. В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Тема и содержание соответствуют паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)».

Основные замечания по диссертационной работе в целом

1. Название диссертации претендует на большее по сравнению с тем, что указано в пунктах «объект исследования», «предмет исследования» и «основная идея работы». В этих пунктах указаны не «технические», а «электроэнергетические» и «электротехнические» системы.

2. Сравнительный анализ результатов работы адаптивных алгоритмов носит упрощенный характер, основанный на вычислении процентов и отклонений. Для этих целей необходимо привлекать статистические критерии.

3. Для подтверждения эффективности предложенных адаптационных схем необходимы сравнения с аналогами, протестированными на единых общепринятых стандартных тестовых системах IEEE 30-bus, 118-bus или им подобных.

4. Из всех многочисленных задач оптимизации в электроэнергетике только для одной приведены параметры метаэвристики. А по этим параметрам можно судить о характере сходимости алгоритма.

5. В работе присутствуют неточности, приведенные в разделе «оценка содержания диссертации».

Заключение

Отмеченные недостатки не носят принципиальный характер и не влияют на основные теоретические и практические результаты проведенного исследования.

Диссертация Павла Викторовича Матренина является самостоятельно выполненной законченной научно-исследовательской работой, содержащей новые научные результаты, позволяющие их квалифицировать как имеющие существенное значение для решения проблем обработки информации и управления сложными системами, повышения эффективности, надежности и качества технических систем. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Исследование основано на достаточном числе исходных наборов данных. Диссертация написана логично, грамотно и аккуратно. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 33 печатных работах.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Матренин Павел Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)».

Официальный оппонент

профессор кафедры комплексной информационной безопасности
электронно-вычислительных систем федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
(634050, г. Томск, пр. Ленина, 40,
тел. 8 (3822) 51-05-30, office@tusur.ru, https://tusur.ru/
доктор технических наук (05.13.18 – Математическое
моделирование, численные методы и комплексы
программ), профессор

Ходашинский Илья Александрович
Тел.: (382)2900111
e-mail: hodashn@rambler.ru

03.12.2018

