

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Грицяя Александра Сергеевича на диссертационную работу Матренина Павла Викторовича «Разработка адаптивных алгоритмов роевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Актуальность темы исследования и соответствие работы специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

Сложность современных технических систем непрерывно возрастает, что приводит к увеличению трудоемкости задач по их оптимальному проектированию и управлению. Для обеспечения высокой технико-экономической эффективности таких систем необходимо совершенствовать математические методы решения сложных оптимизационных задач, обладающих следующими свойствами: высокая размерность, экспоненциальный рост числа решений с ростом количества управляемых переменных, высокая вычислительная сложность расчетов критериев и ограничений, множество локальных экстремумов, наличие недетерминированных и динамических свойств, в частных случаях очень жесткие требования по скорости получения решения.

Одним из современных направлений развития методов оптимизации является роевой интеллект. Особенности алгоритмов роевого интеллекта являются недетерминированность поведения и эвристические принципы работы. Благодаря этому роевые алгоритмы показывают высокую эффективность, способны выходить из локальных экстремумов и за приемлемое время находить глобальные оптимумы или решения, достаточно близкие к ним. В то же время указанные свойства приводят к определенным сложностям. Для различных алгоритмов или модификаций одного алгоритма требуется проводить исследование его быстродействия, точности, сходимости. Причем эти свойства сильно зависят от условий решаемых задач. В результате сложностями в применении роевых алгоритмов является их настройка и доработка, а также выбор алгоритма, который наиболее подходит для того или иного класса задач. Следует отметить, что роевые алгоритмы как средство решения задач оптимизации появились сравнительно недавно, менее 30 лет назад, поэтому еще не сложились общепринятые методики по их реализации и применению, и совершенствование роевых алгоритмов представляется перспективным направлением исследований. Диссертация П.В. Матренина посвящена повышению эффективности алгоритмов роевого интеллекта в оптимизации технических систем с точки зрения точности и трудозатрат на применение алгоритмов.

В качестве области практического применения выбрана оптимизация электроэнергетических систем, что также повышает актуальность работы. Электроэнергетические системы обладают высокой сложностью, при этом очень важны со всех сферах экономики. На сегодняшний день, специфика работы оптового рынка электрической энергии накладывает определенные требования. Так, например, АО «Системный оператор Единой энергетической системы» управляет режимами электроэнергетических систем, а это требует соответствующих методов и алгоритмов по оптимизации, причем такие методы должны быть высокопроизводительными, поскольку расчетная модель работает в реальном режиме времени и необходимо оперативно формировать поправки к графикам выработки электрической энергии для субъектов рынка – генерирующих станций. Кроме того, постановлением Правительства РФ №321 от 15 апреля 2014 г. определено, что процесс повышения энергоэффективности является одной из важнейших и стратегических задач государства.

В диссертационной работе исследованы и разработаны методы и алгоритмы решения задач оптимизации, управления и принятия решений в технических системах, а также специальное математическое и алгоритмическое обеспечение. Поэтому диссертация соответствует пунктам 4, 5 10 паспорта специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Содержание работы

Основной текст диссертации состоит из введения и пяти разделов. Во *введении* диссертации указаны актуальность темы исследования, сформулированы объект и предмет исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная и практическая значимости работы.

Первый раздел посвящен обзору современного состояния проблемы решения задач оптимизации в управлении и проектировании технических систем. Приводится краткий исторический обзор развития методов оптимизации, дается их классификация. Описываются наиболее важные методы. Особое внимание уделено появлению и развитию алгоритмом роевого интеллекта, показаны их преимущества и существующие недостатки применительно к рассматриваемому классу оптимизационных задач.

Второй раздел диссертации носит теоретический характер. В нем автор описывает предложенный подход к реализации и применению алгоритмов роевого интеллекта. Предлагаются единая терминология и система обозначений, в частности, дается обоснование использованию термина «частица» для обозначения элемента роя. Далее автор указывает, что для повышения эффективности применения роевых алгоритмов необходимо решить задачу их адаптации, которую предлагается рассматривать как состоящую из двух частей. Первая – унификация процесса взаимодействия алгоритмов роевого интеллекта и моделей оптимизируемых объектов. Вторая – настройка поведенческих параметров алгоритмов. Дается обоснования

взаимосвязанности двух указанных аспектов и предлагается комплексное решение задачи адаптации. Также во втором разделе автор, исходя из проведенного теоретического анализа, приводит рекомендации по использованию роевых алгоритмов на практике. Данные рекомендации носят общий характер и не зависят от предметной области применения алгоритмов.

Третий раздел посвящен практическому применению изложенных во втором разделе положений для решения задач оптимизации электроэнергетических систем. Автор рассматривает актуальные задачи, направленные на повышение энергоэффективности систем электроснабжения с помощью компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения в сети. Для обоснования эффективности и универсальности предложенных адаптивных алгоритмов роевого интеллекта решаются задачи из различных классов. Показано применение роевых алгоритмов в одно- и двухкритериальных задачах, в задачах дискретной и непрерывной оптимизации, в задачах статической и динамической оптимизации, а также в задаче прогнозирования. Результаты применения роевых алгоритмов получены с помощью проведения вычислительных экспериментов на моделях различных электроэнергетических систем. Автор использует экономические показатели для обоснования преимуществ адаптивных алгоритмов роевого интеллекта над другими методами. Отдельно следует отметить подробные указания о том, как именно применены разработанные алгоритмы к различным классам оптимизационных задач.

В четвертом разделе автор приводит результаты исследования эффективности применяемых им алгоритмов. Для этого используется библиотека тестовых задач оптимизации «Operational Research Library», а именно – NP-трудных задач календарного планирования. Как и в третьем разделе, подробно описано применение алгоритмов роевого интеллекта, причем как с непрерывным пространством поиска решений (алгоритм роя части), так и алгоритмов, работающих в дискретном пространстве (алгоритм колонии муравьев). Приведенные результаты показывают, что адаптивные алгоритмы роевого интеллекта позволяют находить решения, которые по точности не уступают наилучшим решениям других авторов.

Пятый раздел диссертации можно назвать вспомогательным, поскольку он содержит, в основном, описания программных реализаций адаптивных алгоритмов роевого интеллекта, принципов их интеграции в различные программные комплексы, а также описания созданных автором прикладных программных продуктов.

В *заключении* подробно сформулированы основные выводы диссертационной работы. Приведены перспективы дальнейших исследований.

По структуре диссертации следует в качестве достоинства отметить, что каждый раздел начинается с краткого содержания с указанием структуры раздела и его актуальности. Каждый раздел заканчивается подробными выводами. В результате в диссертации легко ориентироваться, ясна

взаимосвязь между разделами, их внутренняя логика и взаимосвязь разделов в диссертации. Все это обеспечивает внутреннее единство и целостность работы.

Научная новизна работы

Работу отличает системный подход к проблеме повышения эффективности алгоритмов роевого интеллекта, который позволил выделить несколько основных направлений для их улучшения. В результате автор сформулировал новый подход к алгоритмам роевого интеллекта, который включает в себя стандартизацию терминологии и обозначений, выделение общих и частных свойств роевых алгоритмов, унифицированную процедуру взаимодействия роевых алгоритмов и моделей оптимизируемых систем, а также метод настройки параметров роевых алгоритмов к решаемому классу задач оптимизации.

Проведены исследования эффективности роевых алгоритмов в задачах оптимизации электроэнергетических систем. Новизна заключается в обосновании предложенного метода эволюционной адаптации параметров алгоритмов применительно к различным классам задач: дискретные, непрерывные, гибридные; одно- и многокритериальные. Особенно ценно исследование применения адаптивных роевых алгоритмов для регулирования напряжения путем оптимизации коэффициентов трансформации в нерадиальных сетях электроснабжения.

Практическая значимость работы

Полученные теоретические результаты позволили автору диссертации сформулировать рекомендации по реализации и использованию алгоритмов роевого интеллекта, которые помимо научной новизны важны на практике для исследователей и инженеров, применяющих алгоритмы роевого интеллекта.

В работе представлены подробные математические модели и программные реализации, которые описывают, как применять предложенные алгоритмы для повышения энергоэффективности предприятий и систем электроснабжения. Автор приводит разработанные программные интерфейсы для взаимодействия роевых алгоритмов и систем моделирования «Matlab. Simulink» и «Rastr Win». Также из описания расчетов в разделе 3 и приложений следует, что полученные результаты в области оптимизации электроэнергетических систем рекомендованы к применению в АО «Уральский электрохимический комбинат» при проведении работ по техническому переоснащению.

Новые теоретические модели и созданные прикладные программы визуализации работы роевых алгоритмов имеют научную, методическую и практическую ценности для учебного процесса в рамках курсов, посвященных методам оптимизации, теории принятия решений и системам искусственного интеллекта.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор работы корректно использует существующие научные методы для интерпретации результатов исследования. Полученные в работе положения и выводы подробно обоснованы грамотным научным языком и подтверждены численным моделированием, которое подробно описано в работе. Результаты вычислительных экспериментов согласуются с известными результатами других авторов. Результаты работы (прикладные программы и теоретические выводы) применяются на практике, что подтверждает их достоверность.

Апробация работы и полнота опубликования ее результатов

Материалы исследования достаточно полно отражены в публикациях автора и неоднократно докладывались на научных конференциях различного уровня.

По теме работы автор опубликовал 33 работы, из которых 9 статей в российских журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 5 статей в журналах, индексируемых Web of Science и / или Scopus; 4 статьи в сборниках конференций, индексируемых Web of Science; 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ; 11 статей в прочих научных изданиях и сборниках конференций.

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации и содержит основные результаты и выводы.

Замечания по диссертационной работе

1. Не указана область применимости предложенного метода адаптации роевых алгоритмов. В каких случаях его следует применять, а в каких он требует слишком больших затрат машинного времени и не может быть рекомендован?
2. В подразделе 3.3. «Оптимизация модели прогнозирования электропотребления» результаты роевых алгоритмов сравниваются только с алгоритмом наискорейшего спуска. Для решения данной задачи существует множество методов, показывающих высокое качество прогнозов, такие как искусственные нейронные сети, скрытые марковские модели, авторегрессия.
3. На странице 98 диссертационной работы указано «пришлось бы решать для каждой комбинации цен и периода (c_{cu} , c_p и t)». Из выражения (3.1) следует, что цену c_p и период t можно рассматривать как один коэффициент, равный их произведению. Поэтому с математической точки зрения комбинации были бы не из трех, а их двух факторов.
4. Некоторые величины в работе имеют одно и то же обозначение. Например, P обозначает и мощность, и вектор параметров роевого алгоритма. Хотя из контекста легко понять, когда какая величина

имеется в виду, все же автору следовало бы везде использовать различные обозначения.

5. Заключение диссертационной работы следовало бы написать несколько более емко так как оно отчасти повторяет выводы после разделов.
6. В работе имеются опечатки и неточности, например, не подписаны шкалы на графиках, представленных на рис 4.3-4.7 (стр. 127–128 диссертационной работы); единица измерения реактивной мощности обозначена в таблицах 3.12, 3.14 и в подписи рисунка 3.6 как МВАр вместо МВАр.

Отмеченные недостатки существенно не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы П.В. Матренина и не снижают значимости основных полученных в работе результатов.

Заключение

Диссертационная работа П.В. Матренина «Разработка адаптивных алгоритмов речевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами» является законченной научно-исследовательской работой по актуальной проблеме повышения эффективности технических систем с помощью адаптивных алгоритмов речевого интеллекта, выполненной на высоком квалификационном уровне, и отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации, Матренин Павел Викторович, заслуживает присуждения ему 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

доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Омский государственный
технический университет»

(644050, г. Омск, пр. Мира 11; тел. 8-(3812)-65-24-98;

email: aleksandr.gritsay@gmail.com сайт: [www. omgtu.ru](http://www.omgtu.ru)),

кандидат технических наук (05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы)

Подпись А.С. Грицай удостоверяю

Ученый секретарь ОмГТУ

Сведения об ОмГТУ:

644050, г. Омск, пр. Мира, 11

(3812)65-34-07; rector@omgtu.ru; <https://omgtu.ru>

