

ОТЗЫВ

официального оппонента Демидовой Лилии Анатольевны
на диссертационную работу Сопова Евгения Александровича
на тему «Обобщенный метод синтеза гиперэвристических эволюционных
алгоритмов оптимизации сложных систем»
по специальности 05.13.01 –
Системный анализ, управление и обработка информации
(космические и информационные технологии)
на соискание учёной степени доктора технических наук

Актуальность темы диссертационной работы

В области системного анализа, управления и обработки информации часто возникают прикладные и исследовательские задачи, которые могут быть сформулированы как задачи оптимизации. Также задачи оптимизации возникают при формировании и настройке моделей сложных систем, при решении задач управления сложными системами, а также в задачах поддержки и принятия решений.

Свойства сложных систем проявляются в целевых функциях задач оптимизации, поэтому подобные задачи часто оказываются многоэкстремальными, нестационарными, имеют большую размерность, а сами целевые функции задаются алгоритмически в виде модели «черного ящика»

Для решения таких задач могут применяться различные эвристические подходы, включая подходы, основанные на имитации природных явлений, однако остаётся открытым вопрос обоснования выбора и настройки подходящего подхода, который окажется эффективным для решения конкретной задачи.

Тема диссертационного исследования связана с разработкой теоретических положений, а также с созданием и исследованием новых подходов к эволюционным вычислениям, осуществляющих адаптивный синтез эволюционных алгоритмов оптимизации.

Тема исследования является актуальной для выбранной научной специальности, поскольку направлена на расширение области применения и повышение обоснованности выбора методов эволюционной оптимизации сложных систем.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 325 страниц, список литературы содержит 444 наименования.

Во *введении* автор дает общую характеристику темы диссертационной работы, обосновывает актуальность исследования, формулирует идеи и гипотезы, определяет цели и задачи исследования. Кроме того, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В *первой главе* проведен анализ свойств сложных систем и сформулированы сопутствующие задачи оптимизации, возникающие на этапах прикладного системного анализа. Кроме того, сформулирована и формализована проблема синтеза эволюционных алгоритмов оптимизации, определено понятие гиперэвристики. Также обоснован выбор эталонных тестовых задач и подходов к оценке и сравнению эффективности проектируемых эволюционных алгоритмов.

Во *второй главе* решается проблема синтеза оператора селекции в эволюционных алгоритмах с помощью конструктивной офлайн гиперэвристики на основе метода генетического программирования. Показано, что алгоритм назначения вероятностей отбора индивидов можно представить в явном виде – в виде аналитического выражения (формулы). Решение задачи символьной регрессии позволяет формировать новые способы отбора, которые на множестве тестовых задач и при решении практических задач обеспечивают лучшую точность нахождения глобального оптимума по сравнению со стандартными операторами селекции.

Третья глава посвящена проблеме разработки и исследования гиперэвристики для решения задач нестационарной оптимизации. Показано, что при решении подобных задач возможны проявления различных типов изменений в среде, для каждого из которых необходимо подобрать эффективную стратегию адаптации. Предложена новая селективная онлайн гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов оптимизации в нестационарной среде. Результаты исследования эффективности подхода на модельных задачах и тестовых задачах с конкурса по оптимизации в нестационарной среде показали, что применение гиперэвристики предпочтительнее выбора одной из базовых эвристик нестационарной оптимизации. Показано, что предложенная гиперэвристика превосходит оценку эффективности произвольного выбора одного из ведущих алгоритмов нестационарной оптимизации независимо от типа изменений в среде. Для апробации подхода решена практическая задача нестационарной оптимизации, в которой автору удалось улучшить решение, полученное ранее с применением других подходов.

В *четвертой главе* исследуется проблема проектирования эволюционных алгоритмов для решения задач аппроксимации множества экстремумов. Обосновывается выбор базовых эвристик, которые не используют гипотезы и ин-

формацию о свойствах ландшафта целевой функции в явном виде и могут применяться в задачах с алгоритмически заданными функциями и произвольным типом переменных, включая смешанные. Предложена и исследована новая селективная гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов для идентификации множества экстремумов. Проведено экспериментальное исследование предложенного метода на задачах с бинарными переменными, включая десептивные (обманчивые) задачи, и на задачах конкурса по мультимодальной оптимизации. Показано, что гиперэвристика предпочтительнее использования алгоритма с одной из базовых эвристик. Показано, что гиперэвристика превосходит средние оценки ведущих алгоритмов мультимодальной оптимизации, хотя может уступать на некоторых задачах. Для апробации решены прикладные задачи из области поддержки принятия решений и задача формирования классификатора Ишибучи на нечеткой логике. Полученные аппроксимации множества оптимумов позволяют провести более глубокий анализ задач, первоначально представленных моделью «черного ящика».

В *пятой главе* решается проблема разработки и исследования гиперэвристик для решения задач глобальной оптимизации большой размерности с алгоритмически заданными целевыми функциями. Предложена новая селективная онлайн гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов для задач глобальной оптимизации большой размерности на основе островной модели, в которой реализуется несколько независимых стратегий декомпозиции задачи. Предложенная гиперэвристика адаптивно осуществляет онлайн выбор и комбинирование методов декомпозиции путем перераспределения размеров островов и кооперации независимых алгоритмов. Численные эксперименты на множестве эталонных тестовых задач конкурса по глобальной оптимизации большой размерности показали, что гиперэвристика превосходит оценку произвольного выбора одной из базовых эвристик и оценку произвольного выбора одного из ведущих алгоритмов. Для апробации предложенного подхода решены практические задачи большой размерности, показано, что гиперэвристика превосходит по точности отдельные алгоритмы декомпозиции задачи, а также позволяет улучшить решения, полученные ранее с применением других подходов.

В *шестой главе* обобщены результаты диссертационного исследования и предложен обобщенный метод применения гиперэвристик при решении сложных задач оптимизации. Предложенный обобщенный метод позволяет управлять применением гиперэвристик в зависимости от комбинации свойств исследуемой сложной системы путем офлайн и онлайн формирования множества базовых эвристик и переключения между гиперэвристиками в процессе решения задач. Показано, что обобщенная гиперэвристика не только синтезирует эффек-

тивный эволюционный алгоритм для конкретной задачи оптимизации сложных систем, но и адаптирует алгоритм в процессе решения задачи.

В *заключении* сформулированы основные выводы и результаты диссертационного исследования, показано, что цель диссертационной работы достигнута путем решения поставленных задач.

В *приложениях* представлены данные о детальные результаты вычислительных экспериментов и акты об использовании результатов исследования на практике.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов и сформулированных выводов обеспечивается корректным применением методов статистической обработки и анализа данных, полученных в ходе экспериментального исследования эффективности предложенных подходов, а также результатами решения прикладных задач, для которых удалось получить новые решения, превосходящие по точности решения, полученные ранее с применением других подходов. Отдельные и совокупные результаты диссертационного исследования прошли многократную апробацию на ведущих международных конференциях, имеются свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и акты использования результатов диссертационной работы.

Научная новизна, ценность результатов и выводов для науки и практики

В диссертационной работе обоснованы теоретические положения и предложены новые гиперэвристики решения сложных задач глобальной оптимизации с алгоритмически заданными функциями, позволяющие автоматизировано (с минимальным вовлечением предметного специалиста) синтезировать эволюционные алгоритмы для решения конкретных задач или множества задач. В работе экспериментально доказано, что предложенные гиперэвристики превосходят среднюю эффективность алгоритмов, использующих отдельные базовые эвристики, а также сравнимы или превосходят среднюю эффективность некоторых известных алгоритмов, специально разработанных с учетом особенностей класса задач оптимизации.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем.

1. Впервые предложен обобщенный метод, который позволяет адаптивно создавать новые эффективные эволюционные алгоритмы в зависимости от целей и требований к решению задачи оптимизации и управлять применением предложенных гиперэвристик в зависимости от комбинации свойств исследуемой сложной системы.

2. Предложена и исследована новая конструктивная офлайн гиперэвристика для синтеза операторов селекции эволюционных алгоритмов на основе алгоритма генетического программирования, которая отличается от известных подходов способом представления решений и вариантами оценки пригодности синтезируемых операторов.

3. Предложена и исследована новая селективная онлайн гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов оптимизации в нестационарной среде, объединяющая идеи метода портфолио и идеи метода адаптации вероятностей на уровне популяции, которая позволяет идентифицировать изменения в среде и адаптировать алгоритм путем формирования эффективной комбинации эвристик нестационарной оптимизации.

4. Предложена и исследована новая селективная гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов идентификации множества экстремумов, включающая базовые эвристики, которые не используют в явном виде какую-либо информацию о свойствах целевой функции и пространства поиска. Предлагаемая гиперэвристика позволяет адаптивно формировать эффективную комбинацию эвристик поддержки разнообразия в популяции на основе анализа скопления решений в областях притяжения оптимумов.

5. Предложена и исследована новая эвристика для группировки переменных на основе алгоритма оценки распределений для применения бинарного генетического алгоритма в задаче глобальной оптимизации большой размерности, которая позволяет определять подмножество компонентов вектора решения, значения которых могут быть зафиксированы, сокращая таким образом пространство поиска.

6. Предложена и исследована новая эвристика, использующая распределения вероятностей для адаптивной группировки переменных в компоненты переменного размера на этапе декомпозиции в кооперативной коэволюции, которая является обобщением известного подхода случайной группировки DECC-G.

7. Предложена и исследована новая селективная онлайн гиперэвристика синтеза эволюционных алгоритмов для задач глобальной оптимизации большой размерности на основе островной модели, в которой каждый остров реализует свою декомпозицию задачи, а гиперэвристика адаптивно управляет схемами декомпозиции посредством изменения размеров островов.

Ценность работы для теории заключается в получении новых знаний о способах решения задач оптимизации сложных систем – новые методы синтеза эволюционных алгоритмов и результаты исследования их эффективности дополняют знания об эвристических методах оптимизации.

В итоге представляемая возможность формирования специализированной комбинации эвристик, являющейся эффективной для конкретной задачи, может быть использована при проведении фундаментального анализа свойств задач, изначально заданных алгоритмически (представленных моделью «черного ящика»).

Практическая значимость диссертационной работы обусловлена особенностями анализа и управления сложными системами, затрудняющими обоснование выбора и применение многих традиционных подходов. Предложенный обобщенный метод позволяет без участия или с минимальным вовлечением предметного специалиста формировать новые эвристики и синтезировать новые эволюционные алгоритмы под конкретную задачу, что существенно расширяет область применения методов эволюционных вычислений. Последнее подтверждается актами об использовании результатов диссертационного исследования на практике, а также результатами решения прикладных задач.

Таким образом, в диссертационной работе на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое научное достижение в области системного анализа и обработки информации.

Замечания

1. В диссертационной работе активно используются понятия офлайн и онлайн гиперэвристик, в том числе – в пунктах новизны и в положениях, выносимых на защиту, однако объяснение этих понятий приводится только на странице 39 диссертационной работы.

2. В диссертационной работе при разработке метода 3 рассматривается подход к решению многокритериальных задач оптимизации, предполагающий перевод некоторых целевых функций в разряд ограничений и выполняется сравнительный анализ с одной из модификаций многокритериального генетического алгоритма NSGA-II – PNA-NSGA-II (parameterless-niching-assisted biobjective approach), доказывающий преимущество метода 3. При этом возникает вопрос: можно ли было привести предлагаемые в диссертационной работе идеи по созданию гиперэвристик непосредственно в алгоритм NSGA-II?

3. В диссертационной работе при описании метода 4 следовало бы конкретизировать рекомендации по выбору числа островов и способу их взаимодействия.

4. При оформлении таблиц следовало бы указывать единицы измерений для приводимых результатов расчетов тех или иных показателей.

5. В тексте диссертационной работы имеются незначительные опечатки.

Общая оценка и заключение

Вышеуказанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Считаю, что диссертационная работа Сопова Е.А. на соискание ученой степени доктора технических наук представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему, выполненную на достаточно высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, имеют теоретическую и практическую значимость, а выводы и заключения являются обоснованными. Научные результаты, представленные в диссертации, являются личным научным достижением автора в области эволюционных вычислений и оптимизации сложных систем. Результаты диссертации достаточно полно представлены в более чем 60 публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, докладывались на отечественных и международных конференциях, в Роспатент зарегистрированы 24 программы для ЭВМ.

Содержание диссертации и полученные результаты соответствуют п.4 паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии).

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации, отражает основные этапы исследования, полученные результаты и выводы. Оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям ВАК РФ.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Сопов Евгений Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии).

Официальный оппонент, профессор
кафедры корпоративных информационных систем,
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
доктор технических наук, профессор

Лилия Анатольевна Демидова

Адрес организации:

119454, г. Москва, проспект Вернадского, д. 78

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

тел. +7 (499) 215-65-65

адрес электронной почты: demidova.liya@gmail.com

