

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Посыпкина Михаила Анатольевича

«Методы глобальной и многокритериальной оптимизации на базе концепций ветвей и границ и неравномерных покрытий»,  
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

Тема диссертации Посыпкина М.А. весьма актуальна, так как методы оптимизации являются на сегодня математическим аппаратом широко спектра дисциплин, применяются в физике, математике, информатике, вычислительной биологии, экономике, используются при проектировании машин и механизмов. В связи с широким развитием и внедрением многопроцессорных систем приобрела актуальность проблема создания эффективных параллельных реализаций методов оптимизации, которой автор также уделяет существенное внимание. Помимо разработки и реализации методов оптимизации в диссертационной работе рассматриваются вопросы их алгоритмической сложности, важность исследования которых сложно переоценить. Информация о том, какой метод работает быстрее для некоторого класса задач создает возможности для обоснованного выбора оптимизационного алгоритма при решении задач того или иного класса.

Вместе с тем разработка теории и алгоритмов различных разделов оптимизации в настоящее время сильно различается. В выпуклой оптимизации существует детальная классификация задач, получены верхние и нижние границы сложности классов, построены асимптотически оптимальные алгоритмы. Подобные результаты существуют и для некоторых классов дискретных задач оптимизации. Однако для многих типов наиболее распространенных на практике задач — глобальной оптимизации, многокритериальной оптимизации — ситуация существенно иная. Предлагаемые алгоритмы носят эвристический характер, не выделены принципиально разные классы

задач минимизации, для имеющихся методов отсутствует оценка точности решения. Поэтому работа диссертанта, посвященная именно невыпуклым и дискретным задачам оптимизации и гарантированным оценкам точности приближенных решений, представляется крайне актуальной.

Работа состоит из введения, шести глав, заключения и приложения.

Первая глава диссертации посвящена развитию метода неравномерных покрытий для задач математического программирования. Для случая простых ограничений предложена техника, позволяющая учитывать необходимые условия оптимальности при построении миноранты. В результате интенсифицируется сокращение области поиска в методе неравномерных покрытий, метод ускоряется, что автор подтверждает с помощью вычислительного эксперимента. Проведено обобщение квадратичной Липшицевой миноранты путем замены константы Липшица на границы спектра матрицы Гессе. Этот прием оказывается очень эффективным на практике, заметно ускоряя метод на тестовых примерах. Корректность предлагаемых алгоритмов строго обосновывается теоремами и утверждениями, доказываемыми в диссертации. В заключении первой главы приводятся результаты вычислительных экспериментов, которые подтверждают достоверность полученных результатов, а также конкурентоспособность разработанных алгоритмов по сравнению с мировыми аналогами.

Вторая глава диссертации посвящена непрерывной многокритериальной оптимизации (МКО). Отличительной особенностью разрабатываемых в диссертационной работе методов МКО является их детерминированный характер: получаемые решения отклоняются от истинного значения оптимума не более, чем на заданную величину. В диссертационной работе строго определяется понятие приближенного решения задачи МКО, доказываются его свойства. Приводится и обосновывается метод численного нахождения таких решений. Из других результатов данной главы следует выделить обобщение метода неравномерных покрытий на случай произвольных (необязательно Липшицевых) минорант и учет функциональных ограничений. Достоверность результатов подтверждается вычислительными экспериментами, которые наглядно демонстрируют эффективность предложенных методов.

В третьей главе исследуется вопрос применения идей многокритериальной оптимизации для приближенного описания множества состояний системы, определяемого непрерывным отображением. Предлагается понятие эффективной оболочки и ее аппроксимации, доказываются различные свойства введенных объектов, приводится описание алгоритма их построения. Разработанная техника успешно применяется для построения границы рабочей области робота-манипулятора.

Четвертая и пятая главы диссертации посвящены вопросам последовательной и параллельной сложности оптимизационных алгоритмов, основанных на схеме ветвей и границ. Соискателем получены верхние оценки для различных вариантов метода неравномерных покрытий. Детально рассмотрена задача о булевом ранце. Получены как нижние, так и верхние оценки сложности наихудшего случая для данной задачи. Рассмотрен подход к распараллеливанию, когда один из процессоров, выполнив некоторое число шагов, раздает полученные подзадачи для дальнейшей обработки другим процессорам. Характеристики производительности для данного метода детально исследованы для серии задач о сумме подмножеств.

В шестой главе рассматриваются вопросы программной реализации численных методов глобальной оптимизации. Соискателем разработан программный комплекс, предназначенный для решения задач глобальной оптимизации на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной памятью. Также разработан программный комплекс для решения задач на распределенных системах, состоящих из географически удаленных вычислительных узлов.

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Все положения диссертации достоверны и обоснованы. Основные результаты диссертации опубликованы в 25 работах в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, авторитетных международных изданиях. Результаты исследований были представлены на российских и международных конференциях. Автор хорошо знаком с современной литературой по оптимизации, библиография работы весьма полная. Стил ь изложения понятный и четкий, материал хорошо структурирован.

### Недостатки работы:

1. Хотелось бы получить более четкие рекомендации, в каких ситуациях метод неравномерных покрытий может служить альтернативой известным эвристическим методам глобальной оптимизации.
2. В диссертации показано, что учет необходимых условий оптимальности в задачах глобальной безусловной оптимизации существенно ускоряет поиск. Работа была бы более целостной, если бы предложенная автором техника была бы распространена на задачи с функциональными ограничениями.
3. Для оценки сложности выбран базовый вариант метода ветвей и границ для задачи о ранце. В то же время, в настоящее время широко используются такие подходы, как метод динамического программирования, различные варианты методов отсечений. Исследование было бы более полным, если бы данные методы также были бы рассмотрены.

Перечисленные недостатки не снижают ценности диссертационной работы Посыпкина М.А. и не влияют на ее положительную оценку.

Диссертационная работа «Методы глобальной и многокритериальной оптимизации на базе концепций ветвей и границ и неравномерных покрытий» полностью удовлетворяет критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842. Данная работа соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор, Посыпкин Михаил Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 «Дискретная математика и математическая кибернетика».

доктор технических наук,  
главный научный сотрудник ИПУ  
РАН

26 января 2015 года



Поляк Борис Теодорович

**Фамилия, имя, отчество лица, предоставившего отзыв:**

Поляк Борис Теодорович

**Почтовый адрес:** Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

**Телефон:** +7(495) 334-88-29

**Адрес электронной почты:** boris@ipu.ru

**Наименование организации, работником которой является лицо, представившее отзыв:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

**Должность:** главный научный сотрудник