

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Пановского Валентина Николаевича по теме «Интервальные методы оптимизации нелинейных детерминированных динамических систем при неполной информации о состоянии и параметрах объекта», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

При разработке систем управления объектами авиационной и ракетно-космической техники часто возникают задачи оптимизации параметров и оптимального управления движением на различных участках полета. При этом необходимо учитывать неопределенность задания начальных условий, параметров моделей объекта и измерительной системы. В работе предполагается, что она характеризуется брусами, или интервальными векторами. Разработка эффективных алгоритмов поиска оптимального управления различных типов в условиях неопределенности является *актуальной*.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми и имеют теоретическое и прикладное значение. Для их получения автор использовал аппарат интервального анализа, теории оптимизации и теории управления. Они заключаются в разработке постановки интервальной задачи оптимизации и создании интервальных методов глобальной условной оптимизации двух типов: инверсных и метаэвристических. Все разработанные алгоритмы сопровождаются анализом стратегии поиска и детальным пошаговым описанием. Они реализованы в виде программного комплекса и протестированы при решении различных прикладных задач теории оптимизации и оптимального

способ учета ограничений в задачах оптимизации с помощью меры близости интервалов.

Второй раздел посвящен инверсной группе алгоритмов и доказательству теоремы об их точности. Разработанные автором алгоритмы изложены в порядке возрастания сложности, что позволило постепенно подойти к концепции модульного интервального алгоритма, который является обобщением алгоритмов этой группы.

В третьем разделе описаны метаэвристические интервальные алгоритмы оптимизации, которые включают в себя как оригинальные стратегии, так и версии классических алгоритмов, адаптированных под аппарат интервального анализа.

В заключительной части автор проводит результаты применения созданных алгоритмов на наборе тестовых функций.

Во второй главе показано, как созданные методы могут быть применены для решения задач поиска оптимального программного управления, управления пучками траекторий при наличии информации только о части координат вектора состояния системы, а также оптимального управления по измеряемому выходу. Приводятся постановки всех трех классов задач, описание стратегии работы предложенных методик применения интервальных алгоритмов оптимизации, а также их пошаговое описание.

Во всех трех случаях с помощью параметризации управления в одном из трех классов (кусочно-постоянном, кусочно-линейном или в виде разложения по базису) задача сводится к конечномерной задаче оптимизации, которая может быть решена одним из методов, описанных в первой главе диссертационного исследования.

В третьей главе описана структура разработанного программного комплекса, состоящая из двух блоков. Первый блок содержит реализации интервальных алгоритмов глобальной условной оптимизации, второй блок состоит из набора рассматриваемых в диссертации задач: поиска условного

управления. Представленные научные результаты являются новыми, полностью принадлежат автору диссертационного исследования и соответствуют паспортам специальностей 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Достоверность полученных в диссертации результатов обосновывается строгостью постановок математических задач, доказанностью сформулированных теорем и сравнительным анализом результатов применения разработанных алгоритмов с известными результатами, как точными, так и полученными другими численными методами.

Результаты диссертации *опубликованы* в 11 публикациях в журналах из списка ВАК. На основе разработанных методов *зарегистрированы* две программы для ЭВМ. Основные результаты докладывались на международных конференциях и семинарах.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении приводится информация о текущем состоянии предметной области и приводится сравнительный анализ существующих интервальных алгоритмов оптимизации и синтеза оптимальных динамических систем.

В первой главе описываются основные научные результаты, разработанные автором, которые включают в себя новую постановку задачи оптимизации и подробное описание предложенных интервальных методов глобальной условной оптимизации. В этой же главе автор приводит пошаговое описание интервальных алгоритмов глобальной условной оптимизации.

В первом разделе данной главы приводятся основные понятия интервального анализа, описывается связь разработанной постановки задачи интервальной минимизации с классической постановкой. В разделе описывается

глобального экстремума функций, поиска программного управления, синтеза оптимального управления пучками траекторий и синтеза оптимального в среднем управления по выходу.

Четвертая глава состоит из двух групп прикладных задач, которые были решены с помощью разработанных автором алгоритмов. Для всех прикладных задач приведено сравнение с результатами, которые были получены с помощью других методов.

В первой группе решены четыре модельные задачи определения оптимальных параметров сварной балки, сосуда высокого давления, редуктора, натяжной/компрессионной пружины. Приведены результаты сравнительного анализа применения всех разработанных методов по сравнению с известными методами. Полученные данные подтверждают эффективность предложенных методов.

Во второй группе решены прикладные задачи оптимального управления: о преследовании цели перехватчиком, о командной навигации (имеется несколько целей и перехватчиков), о межпланетной миссии, реализуемой с помощью управления положением солнечного паруса, о посадке гиперзвукового летательного аппарата, о приземлении гиперзвукового летательного аппарата (задачи поиска оптимального программного управления); о стабилизации спутника (задача синтеза оптимального в среднем управления по части координат), о перехвате (задача синтеза оптимального в среднем управления по выходу в условиях неполной информации о состоянии и параметрах объекта).

В заключении перечислены положения диссертационного исследования, которые выносятся на защиту.

В приложении приведены некоторые справочные сведения об аппарате интервального анализа и его основных положениях.

По содержанию диссертации имеются следующие **замечания**:

1. В первой главе, в разделе 1.4, с.69-76, проводится тестирование интервальных методов оптимизации на наборе синтетических задач, при этом автор приводит лишь итоговые решения, полученные вычислительными алгоритмами. Было бы целесообразно также предоставить результаты замеров производительности, относительной погрешности для сравнения методов между собой.
2. В заключении по первой главе, с.77, автор утверждает, что на основе проведенных вычислений, прикладное применение инверсных методов крайне затруднительно, однако непонятно, как это следует из приведенных данных.
3. При описании стратегии поиска алгоритма имитации эволюции колонии, с.60, бактерий приводятся жесткие правила формирования новой колонии, возникает вопрос, почему их нельзя вынести в параметры вычислительного алгоритма.
4. В четвертой главе, с.102-122, диссертации представлены решения задач оптимизации технических систем и управления с помощью разработанных алгоритмов, а также результаты, полученные с использованием других подходов. При по представлением результатам можно судить только об относительной точности авторских методов, для полноты было бы желательно сравнить вычислительные сложности методов.

Перечисленные замечания не являются определяющими, общая оценка работы остается *положительной*.

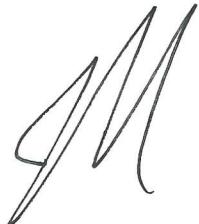
Считаю, что диссертационная работа отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» и соответствует специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)». Ее автор, Панорский Валентин

Николаевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по указанным специальностям.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

119333, Москва, Вавилова, д.44, кор.2


Колбин Илья Сергеевич

Телефон: +7 (916) 270-44-11

E-mail: iskolbin@gmail.com



*Богдан Колбина И. С. доверено,
и.о. директора физику РАН,
г. б. н. профессор*

*Колбин
Синановъ*