

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу
Подвигиловой Елены Олеговны на тему «Моделирование состояния
подвижных объектов в условиях неопределённости с разработкой численного
метода полиэдральной аппроксимации», представленную на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 –
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Актуальность темы

В последнее время большое внимание уделяется гарантированным методам в теории оценивания для динамических систем с неопределённостью как альтернативе хорошо известным стохастическим подходам, основанным на методе наименьших квадратов и фильтре Калмана. Это связано с тем, что знание законов вероятностных распределений возмущений и помех, действующих на объект, на практике часто является трудновыполнимым условием. В этом случае возмущения и помехи формализуются как детерминированные величины или функции, информация о которых исчерпывается заданием ограничений на их возможные значения. Главным недостатком гарантированного подхода является большая вычислительная сложность алгоритмов из-за выполнения операций над множествами при вычислении гарантированных оценок. Использование различных типов выпуклых множеств (параллелепипедов, эллипсоидов и др.), характеризующих границы возможных значений возмущений и помех, формирует различные методы гарантированного множественного оценивания, которые позволяют уменьшить вычислительные ресурсы, но приводят к потере точности.

Таким образом, диссертационная работа Е.О. Подвигиловой, посвященная моделированию состояния подвижных объектов в условиях неопределённости и разработке численных методов гарантированного оценивания, является важной и актуальной.

2. Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы из 173 наименований. Объём диссертации - 184 страницы, включающие основной текст, а также 84 рисунка, 4 таблицы и 4 приложения.

Введение включает обоснование актуальности работы, цели и задачи исследования, обоснование научной новизны и практической значимости диссертации, а также сведения о методах исследования, степени достоверности, публикациях и апробации работы.

Глава 1 содержит анализ существующих методов оценивания состояния. Проведен обзор вероятностных и детерминированных методов оценивания, а также подходов к гарантированному оцениванию и аппроксимации информационных множеств (эллипсоидальное, интервальное

оценивание и др.). В заключении главы сформулированы задачи исследования.

Глава 2 посвящена алгоритмам построения аппроксимации информационных множеств линейной динамической системы, для случая, когда множества возможных значений возмущений, помех и начального состояния являются многогранниками, заданными системами линейных неравенств. Алгоритм позволяет находить аппроксимирующий информационное множество многогранник путем решения задач линейного программирования. Разработан эффективный численный алгоритм построения аппроксимации информационных множеств, уменьшающий потерю точности по сравнению с эллипсоидальным и интервальным подходами. Построение аппроксимации информационных может осуществляться как на основе текущего измерения, так и с учетом накопленных за предыдущие шаги данных для повышения точности оценивания.

Глава 3 посвящена исследованию алгоритмов гарантированного оценивания, учитывающих особенности возмущений и помех в канале измерений для повышения точности оценивания. Рассмотрен случай, когда возмущения представлены разложениями по системе базисных функций с постоянными, но неизвестными коэффициентами. Предложена модификация алгоритма, позволяющего находить оценки как вектора состояния системы, так и коэффициентов разложения. Автором исследованы свойства алгоритмов гарантированного оценивания для случаев выбросов помех в канале измерения. Установлена величина аномального выброса, который удается распознать по результатам обработки измерительной информации.

Глава 4 посвящена верификации предложенных автором алгоритмов с помощью имитационного моделирования и обработки экспериментальных данных. Представлены результаты натурального эксперимента по оцениванию положения дроссельной заслонки и электрического тока, потребляемого заслонкой, математическая модель движения которой является переключаемой системой. Приведены результаты гарантированного оценивания с помощью разработанных алгоритмов температуры, измерения которой осуществляются при помощи термопары. Применение гарантированного подхода позволило уменьшить время измерения температуры в 1.7-2 раза. Выполнена обработка экспериментальных данных, полученных с волоконно-оптического гироскопа. Проведена оценка коэффициентов в разложении быстрой составляющей измерений волоконно-оптического гироскопа по системе базисных функций по небольшому числу измерений и проведен прогноз значений быстрых колебаний. Эффективность предложенных алгоритмов продемонстрирована на примере моделирования систем различной размерности, в частности, на примере моделирования бокового движения летательного аппарата.

Глава 5 посвящена описанию программного комплекса, реализующего предложенные алгоритмы и предназначенного для проведения вычислительных экспериментов, анализа времени вычисления оценок вектора состояния подвижных объектов, полученных при различных

условиях функционирования объекта, и подбора параметров измерительных систем на основе этих исследований.

Заключение содержит основные выводы, которые подтверждают успешное решение поставленных автором задач.

Приложения включают акты об использовании результатов диссертационного исследования, свидетельство о регистрации программы ЭВМ и исходные данные для экспериментов с дроссельной заслонкой и термопарой.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень достоверности полученных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, вычислительными и натурными экспериментами, а также тестированием разработанного программного комплекса на математических моделях различных подвижных объектов.

Имеется значительное число публикаций по теме диссертации, из них: 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 7 статей – в изданиях, входящих в международную базу Scopus. Основные материалы и результаты диссертационной работы докладывались на Всероссийских и международных научных конференциях.

4. Научная новизна, значимость полученных результатов

1. Разработаны численные методы полиэдральной аппроксимации информационных множеств с использованием математической модели информационных множеств в виде неявного задания вектора состояния подвижного объекта системами линейных уравнений и неравенств. Разработаны: одношаговая процедура оценивания и многошаговая процедура, которая позволяет повысить точность оценивания, но требует больше вычислительных ресурсов. Разработанные методы позволяют учитывать дополнительную информацию о возмущениях и помехах в канале измерений, которая может быть представлена в виде линейных уравнений и неравенств, что способствует повышению точности оценивания.

2. Разработанные алгоритмы позволяют оценивать не только вектор состояния, но и внешние возмущения и помехи измерений, что особенно актуально при прогнозировании состояния объекта и разработке адаптивных алгоритмов оценивания.

5. Практическая значимость

1. Разработанные алгоритмы позволяют численно решать задачи оценивания векторов состояния различных подвижных объектов, таких как летательные аппараты и др., задачи фильтрации для беспилотных инерциальных навигационных систем в статистически неопределённых ситуациях, когда ограничения на возмущения и помехи заданы множеством

возможных значений, а также при некоторых видах дополнительной информации о возмущениях и помехах.

2. Разработан программный комплекс, реализующий предложенные алгоритмы и предназначенный для проведения вычислительных экспериментов и исследований гарантированных оценок при различных составах измерительных систем, характеристиках точности измерительных приборов и датчиков. На программный комплекс получено свидетельство о регистрации программы ЭВМ.

3. Имеются акты об использовании результатов диссертационного исследования в «НПО автоматики» (г.Екатеринбург) для решения задачи обработки измерительной информации волоконно-оптического гироскопа и в ООО «ДСТ-УРАЛ» (г.Челябинск) при разработке систем управления.

6. Замечания

По содержанию и изложению работы имеется несколько замечаний:

1. Не исследована задача нахождения чебышевского центра информационных множеств при описании информационного множества системами линейных уравнений и неравенств.

2. Оценка вычислительных затрат проведена автором по относительно небольшому числу вычислительных экспериментов, по крайней мере в таблице 2.2 (с. 64) не указано, являются ли данные о времени вычислений средними значениями или результатами отдельного вычислительного эксперимента.

3. Графики на рис 4.3, 4.4. (с. 96-97) не могут подтвердить или опровергнуть предположение о нормальном распределении помех, для этого нужно было представить, например, частотный анализ.

4. На рис. 2.7, с. 59 не описаны обозначения множеств, что затрудняет понимание результатов вычислений;

5. Подпись на рис. 3.6. с.84 скорее всего содержит опечатку: изображен случай не аномального измерения.

Заключение

Представленная диссертационная работа Подвильовой Е.О. является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям актуальности, новизны, внутреннего единства, научной и практической значимости. Диссертация имеет чёткую и логичную структуру, все выводы и рекомендации, приведенные автором, научно обоснованы.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Диссертация полностью соответствует критериям, установленным пп.9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Подвильова Елена Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

профессор кафедры
«Естественнонаучные
дисциплины» ФГБОУ ВО Уральского
государственного университета путей
сообщения (УрГУПС),
доктор физико-математических наук,
профессор



Г.А. Тимофеева

Адрес: 620034 Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, ауд. БЗ-6,
тел.: (343)221-24-04, email: GTimofeeva@usurt.ru

09.11.2020г.

Подпись Г.А. Тимофеевой заверяю

Специалист по кадрам



М.А. Кондрашкина