

ОТЗЫВ члена диссертационного совета на диссертацию Калининой Елизаветы Александровны на тему: «Применение алгебраических методов для анализа сложных систем», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01. – системный анализ, управление и обработка информации (по прикладной математике и процессам управления)

Диссертация Е.А. Калининой посвящена решению актуальных проблем теории анализа и синтеза систем автоматического управления. Здесь с единых позиций рассматриваются вопросы устойчивости и робастной устойчивости линейных систем. Работа включает введение, четыре главы, заключение и список литературы из 187 наименований.

Диссертация открывается исследованием задачи робастной устойчивости параметрического семейства полиномов в случае, когда коэффициенты являются нелинейными функциями параметров. Следует отметить, что этой проблеме посвящены монографии таких известных специалистов как S. Bhattacharya, J. Ackermann. Алгоритмы, предложенные в них, основаны на принципе исключения нуля. Ключевым элементом алгоритмов является числовое множество семейства.

Эффективность известных алгоритмов проверки робастной устойчивости семейств полиномов в случае, когда коэффициенты являются аффинными функциями параметров, связана с тем, что числовое множество такого семейства является выпуклым многоугольником комплексной плоскости. Если коэффициенты полинома являются нелинейными функциями параметров, то построение числового множества становится трудоёмкой задачей. В работах профессора J. Ackermann и его сотрудников предложена процедура приближенного построения числового множества таких семейств. Её применение не всегда позволяет достоверно проверить робастную устойчивость. Это означает, что практическое использование принципа исключения нуля для проверки робастной устойчивости таких семейств имеет ограниченную область применения.

В представленной диссертации предложен совершенно новый подход к исследованию робастной устойчивости параметрических семейств полиномов, основанный на принципиально другой идее. Полагая, что все корни одного из полиномов семейства имеют отрицательную вещественную часть, в диссертации предложены условия, гарантирующие положительность определителя матрица Гурвица. Важным элементом этих условий является процедура последовательного исключения переменных, позволяющая разыскать общие корни системы полиномиальных уравнений. С вычислительной точки зрения процедура весьма технологична, но её недостатком является тот факт, что с увеличением количества переменных степень результирующего полинома становится очень большой. В диссертации приведён подробный анализ

№ 09/2-146 от 10.09.2018

робастной устойчивости полинома восьмой степени, коэффициенты которого зависят от двух неопределённых параметров. Степень результирующего полинома -- 145. К сожалению, в работе не обсуждаются методы разыскания вещественных корней полиномов большой степени. Несмотря на этот недостаток, предложенная схема анализа робастной устойчивости полиномов, коэффициенты которых являются полиномиальными функциями неопределённых параметров, перспективна и с развитием новых методов нахождения корней полиномов станет эффективным инструментом анализа систем автоматического управления.

В задачах анализа и синтеза систем управления особое внимание уделяется исследованию собственных чисел матриц замкнутых систем. От них зависит качество переходных процессов. В работе предложен новый метод отыскания всех общих собственных чисел двух матриц, найден полином, корнями которого являются общие собственные числа и только они. Метод основан на связи собственных чисел матриц А и В с собственными числами оператора Сильвестра $L(X)=AX-XB$. Известно, что общие собственные числа матриц отвечают нулевому собственному числу оператора Сильвестра. На первом шаге метода находят базис собственного подпространства оператора Сильвестра отвечающего нулевому собственному числу, а затем находят полином, корнями которого являются общие собственные числа. Хотя метод не требует нахождения характеристических полиномов матриц А и В, остаётся открытым вопрос сравнения со стандартной процедурой построения наибольшего общего делителя характеристических полиномов этих матриц.

Известно, что связаны не только собственные числа матриц А и В с собственными числами оператора Сильвестра, но и канонические формы этих матриц связаны с канонической формой оператора Сильвестра. Это позволило автору предложить оригинальный способ определения не только максимального порядка блоков Жордана квадратной матрицы, но и собственных чисел, которым отвечают эти блоки. Наличие у матрицы линейной системы кратных собственных чисел ухудшают переходные процессы. Разработка методов выделения кратных собственных чисел является актуальной задачей. В работе рассмотрен случай, когда компоненты матрицы являются линейными функциями скалярного параметра. Предложен алгоритм отыскания значений параметра, при которых матрица имеет кратные корни.

В диссертации предложен оригинальный алгоритм проверки будет ли обыкновенный граф реберным для некоторого другого обыкновенного графа,. Алгоритм базируется на специальном разложении множества вершин, на подмножества так, что каждая вершина графа принадлежит ровно двум подмножествам. Этот результат найдет своё применение в задачах управления мультиагентными системами.

Для численного моделирования динамических процессов существенно наличие простых и надёжных методов построения решений систем дифференциальных уравнений. Классическим примером служит метод Эйлера с постоянным шагом. В диссертации показано, что динамическая подстройка шага может существенно повысить точность приближенного решения. Процедура подстройки шага основана на сравнении оценок погрешности метода и погрешности

округления. Получено уравнение для вычисления искомого шага и предложен эвристический алгоритм его решения. Ряд примеров, приведённых в диссертации, иллюстрирует потенциальные преимущества предложенной процедуры подстройки шага.

В каждой работе такого объёма найдётся не один повод для критических замечаний. Некоторые были уже высказаны. Чтение диссертации затрудняет постоянная смена размерности рассматриваемых матриц. Нет разделения результатов на основные (теоремы), и вспомогательные (леммы).

Основные результаты диссертации полностью отражены в публикациях автора, были апробированы на международных и национальных конференциях. Нет сомнения, что представленные в диссертации результаты найдут применение при разработке новых технических систем и технологических процессов.

Оценивая в целом, считаю, что диссертация Елизаветы Александровны Калининой на тему: «Применение алгебраических методов для анализа сложных систем» является научно-квалификационной работой, в которой представлены новые теоретические положения, совокупность которых можно охарактеризовать как существенное научное продвижение в области анализа и синтеза сложных динамических систем.

Диссертация соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Елизавета Александровна Калинина заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01. – системный анализ, управление и обработка информации (по прикладной математике и процессам управления).
Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры теории управления факультета
прикладной математики - процессов управления



10.09.18

В.Л. Харитонов