

Темы дипломных работ (ноябрь 2012 г.)

1. Классическая теория управления

1.1. Инвариантные эллипсоиды для линейных систем управления и их свойства

Инвариантным эллипсоидом динамической системы называется эллипсоид, обладающий следующим свойством: траектория системы, начинаясь внутри эллипсоида, в нем и остается. Предполагается изучение свойств инвариантных эллипсоидов, а также оценивание с их помощью области достижимости динамической системы. (М.В. Хлебников)

1.2. Метод инвариантных эллипсоидов для решения линейной задачи слежения

Инвариантным эллипсоидом динамической системы называется эллипсоид, обладающий следующим свойством: траектория системы, начинаясь внутри эллипсоида, в нем и остается. Задача состоит в применении техники инвариантных эллипсоидов для решения линейной задачи слежения, состоящей в построении линейной обратной связи так, чтобы регулируемый выход системы был как можно «ближе» (в некотором смысле) к сигналу, подаваемому на вход системы. (М.В. Хлебников)

1.3. Построение регуляторов специальной структуры для решения задач оптимального управления

Задача состоит в построении регулятора в форме статической линейной обратной связи по состоянию или по выходу для линейной системы управления, оптимального по одному из нестандартных критериев – использующего пониженное число управлений, состояний или выходов системы. (М.В. Хлебников, П.С. Щербаков)

1.4. Исследование явления всплеска в линейных системах

Явление всплеска состоит в том, что при большом смещении полюсов замкнутой системы влево, траектории системы на начальном участке траектории резко возрастают прежде, чем начнут стремиться к нулю. Задача состоит в исследовании этого эффекта и оценке величины всплеска для систем в непрерывном и дискретном времени. (Б.Т. Поляк, М.В. Хлебников, П.С. Щербаков)

1.5. Исследование робастной задачи о линейно-квадратичном регуляторе

Задача о линейно-квадратичном регуляторе состоит в построении регулятора в форме статической линейной обратной связи по состоянию, который стабилизирует систему и минимизирует квадратичный критерий качества. С помощью техники линейных матричных неравенств предлагается исследовать решение линейно-квадратичной задачи в различных робастных постановках. (М.В.Хлебников, П.С.Щербаков)

1.6. Упрощение структуры линейных статических и динамических регуляторов по выходу

Рассматривается передаточная матрица регулятора (в случае статического регулятора это просто матрица коэффициентов передачи регулятора) для многомерного линейного объекта, которая обеспечивает заданное качество функционирования замкнутой системы. Возникает вопрос об упрощении структуры регулятора (т. е. удаления—обнуления некоторых элементов передаточной матрицы регулятора), так, чтобы не нарушалась устойчивость замкнутой системы объект-регулятор и качество замкнутой системы мало изменялось. Решение такой задачи

предполагается искать на основе техники размыкания замкнутой системы по элементам передаточной матрицы регулятора. При этом если годограф Найквиста такой разомкнутой системы целиком находится в круге малого радиуса (много меньше 1), то таким элементом регулятора можно пренебречь без ущерба для качества замкнутой системы. (В.Н. Честнов)

1.7. Понижение порядка линейных динамических регуляторов по выходу на основе разложения их передаточных функций (матриц) на простейшие дроби.

Рассматривается передаточная функция (матрица) регулятора для линейного объекта, которая обеспечивает заданное качество функционирования замкнутой системы. Ставится задача понижения порядка регулятора (т.е. удаления некоторых переменных состояния регулятора), так, чтобы не нарушалась устойчивость замкнутой системы объект-регулятор и качество замкнутой системы мало изменялось. Для этой цели передаточная функция регулятора предварительно раскладывается на сумму простейших дробей (не выше второго порядка для комплексных полюсов регулятора), а затем предполагается использовать технику размыкания замкнутой системы по этим простейшим элементам регулятора. При этом если годограф Найквиста такой разомкнутой системы целиком находится в круге малого радиуса (много меньше 1), то таким элементом регулятора можно пренебречь (понижив тем самым порядок регулятора на 1 при вещественном полюсе регулятора и на 2 при комплексном полюсе) без ущерба для качества замкнутой системы. (В.Н. Честнов)

1.8. Понижение порядка линейных динамических регуляторов по выходу на основе разложения их передаточных функций (матриц) на сумму фазовращательных элементов

Рассматривается передаточная функция (матрица) регулятора для линейного объекта, которая обеспечивает заданное качество функционирования замкнутой системы. Ставится задача понижения порядка регулятора (т.е. удаления некоторых переменных состояния регулятора), так, чтобы не нарушалась устойчивость замкнутой системы объект-регулятор и качество замкнутой системы мало изменялось. Для этой цели передаточная функция регулятора предварительно раскладывается на сумму фазовращательных элементов (их амплитудно-частотные характеристики равны 1 для всех частот) с коэффициентами равными ганкелевым сингулярным числам регулятора, а затем предполагается использовать технику размыкания замкнутой системы по этим простейшим элементам регулятора. При этом если годограф Найквиста такой разомкнутой системы целиком находится в круге малого радиуса (много меньше 1), то таким элементом регулятора можно пренебречь без ущерба для качества замкнутой системы.

1.9. Повышение точности идентификации объектов с запаздыванием

Метод конечно-частотной идентификации объектов с запаздыванием является очень чувствительным к неточности исходных данных. Необходимо уменьшить эту чувствительность путем модификации метода, либо предложить новый подход к идентификации таких объектов. (А.Г. Александров, М.В. Паленов)

1.10. Метод синтеза модального цифрового регулятора при критерии точного управления

Известен метод построения модального непрерывного регулятора по критерию точного управления. Необходимо развить этот метод для дискретного случая. (А.Г. Александров)

2. Прикладные исследования

2.1. Бильярды и их использование для генерации случайной выборки

Пусть в многомерном пространстве задана область; требуется генерировать точки, распределение которых близко к равномерному на этой области. Можно моделировать поведение частицы газа в объеме: она движется по прямой с постоянной скоростью, пока не отразится от стенки (угол падения равен углу отражения) или не столкнется с другой частицей, после чего ее направление движения меняется случайным образом. Исследовать поведение таких траекторий и их эргодические свойства. (Е.Н. Грязина, Б.Т. Поляк)

2.2. Робастное ранжирование

Известная задача ранжирования сайтов интернета PageRank предполагает, что вся информация известна точно. Рассмотреть различные робастные постановки задачи и численные методы их решения. (Б.Т. Поляк)

2.3. Алгоритмы управления мультиагентными системами

Рассматриваются новые постановки задач сетевого управления на сложном графе. (П.С. Щербаков, С.Э. Парсегов)

2.4. Методы восстановления сигналов с использованием ганкелевых матриц

При восстановлении сигналов по измерениям в некоторых узлах равномерной сетки и наличии возмущений можно исходить из «простоты аппроксимации» – малого числа необходимых функций из некоторого базиса. Для решения такого рода задач используется аппарат ганкелевых матриц и линейных матричных неравенств. (П.С. Щербаков)

2.5. Синтез непрерывных регуляторов многомерных систем по инженерным показателям качества (времени регулирования, установившимся ошибкам, запасам устойчивости по фазе и модулю)

Рассматриваются линейные многомерные системы с регуляторами по выходу, подверженные действию внешних возмущений из класса полигармонических функций с неизвестными амплитудами и частотами, ограниченных по мощности. Формулируется задача синтеза непрерывных регуляторов по выходу, обеспечивающих требуемую точность по регулируемым переменным объекта. Введено понятие радиуса установившегося состояния замкнутой системы по регулируемым переменным, и задача обеспечения заданной точности формулируется как задача обеспечения заданного или минимально возможного радиуса установившегося состояния. Синтез регуляторов сводится к стандартной H-бесконечность-проблеме подавления внешних возмущений, а её численное решение опирается на технику линейных матричных неравенств (LMI), реализованную в MATLAB - пакете LMI Control Toolbox. Указан путь учета заданной степени устойчивости замкнутой системы, определяющей время регулирования и заданного радиуса запасов устойчивости, определяющего многомерные запасы устойчивости по фазе и модулю. (В.Н. Честнов)

2.6. Синтез цифровых регуляторов многомерных систем по инженерным показателям качества (времени регулирования, установившимся ошибкам, запасам устойчивости по фазе и модулю)

Рассматриваются линейные многомерные системы с цифровыми регуляторами

по выходу, подверженные действию внешних возмущений из класса полигармонических функций с неизвестными амплитудами и частотами, ограниченных по мощности. Формулируется задача синтеза цифровых регуляторов по выходу, обеспечивающих требуемую точность по регулируемым переменным объекта. Введено понятие радиуса установившегося состояния замкнутой системы по регулируемым переменным, и задача обеспечения заданной точности формулируется как задача обеспечения заданного или минимально возможного радиуса установившегося состояния. Синтез регуляторов сводится к стандартной H-бесконечность-проблеме подавления внешних возмущений, а её численное решение опирается на технику линейных матричных неравенств (LMI), реализованную в MATLAB - пакете LMI Control Toolbox. Указан путь учета заданной степени устойчивости замкнутой системы, определяющей время регулирования и заданного радиуса запасов устойчивости, определяющего многомерные запасы устойчивости по фазе и модулю. **(В.Н. Честнов)**

2.7. Трехмерные области D-разбиения

D-разбиением называется разделение пространства параметров на области, в которых число устойчивых корней полинома фиксированно. Эта задача была решена в двумерном случае, а для трехмерного есть только визуализированные частные примеры. В данном случае надо уметь строить такие области в трехмерном пространстве (при том, что их граница образована некоторой параметрически заданной поверхностью), находить область(-и) устойчивости, описывать пересечения сложных поверхностей и т. п. Из прикладных задач есть развитие на задачу робастного D-разбиения и H-бесконечность регуляторов. Требуется знакомство со стереометрией (в том числе аналитической геометрией), а также с численными методами оптимизации и компьютерной графикой. **(А.А. Тремба)** (более сложный вариант см. в последнем разделе)

1) Грязина Е.Н., Поляк Б.Т., Тремба А.А. Современное состояние метода D-разбиения // АиТ. 2008. №12. С. 3-40

2.8. "Conversational Recommender Systems" и "Critiquing Recommender Systems"

В индустрии (интернет магазины, некоторые социальные сети и т.п.) весьма популярна тема автоматической рекомендации тех или иных объектов (товаров, фильмов, услуг) на основании пожеланий пользователя. В большинстве из этих систем используются различные ad hoc методы, но есть потребность в разработке некоторых общих методов и подходов. В особенности это касается случая, когда рекомендации изменяются в живом диалоге с пользователем, а не лишь на основании его предыдущей активности (например, модель работы турагента).

(О.О. Васильев)

1) В первую очередь нужно смотреть хэндбук Recommender Systems Handbook (Ricci, Rokach and Shapira eds); Springer, 2011.

2.9. Гиперпараметры в задачах оптимизации с регуляризацией

В задаче безусловной оптимизации часто используется добавление в оптимизируемую функцию регуляризационных членов вида $\min f(x) + c \|x\|_1$. Такие члены позволяют, например, уменьшить число ненулевых компонент вектора x , либо применяются из каких-то общих соображений о "сглаживании". Задача состоит в том, чтобы каким-либо образом характеризовать или обусловить выбор регуляризационного параметра c , сделав его выбор менее произвольным. Требуется считать и анализировать много примеров, знать теорию вероятности и статистику. **(А.А. Тремба)**

2.10. Построение интеллектуального интерфейса и тестирование пакета

«Автоматика»

Разработанный в ИПУ РАН пакет «Автоматика» в среде MATLAB имеет интерфейс малоудобный для пользователя инженера-проектировщика систем управления. Необходимо создать новый, интеллектуальный интерфейс. (А.Г. Александров, Д.В. Шатов)

2.11. Интеграция частотного адаптивного регулятора в SCADA-систему

В ИПУ РАН разработан и запатентован частотный адаптивный регулятор. Необходимо интегрировать этот регулятор в SCADA-систему (WinCC, Master SCADA и др.) (А.Г. Александров, И.Г. Резков)

3. Математические

3.1. Методы случайного поиска

Для минимизации гладкой выпуклой функции можно применять метод случайного поиска, когда направление движения выбирается случайно. Уточнить способы выбора длины шага в таком методе и оценить скорость сходимости. Сравнить с детерминированными методами оптимизации (например, градиентным) и указать области эффективности каждого из них. (Б.Т. Поляк)

3.2. Методы мультистарта в глобальной оптимизации

Для задач оптимизации с локальными минимумами целесообразно объединять случайный выбор начальной точки с быстрым локальным спуском. Исследовать реализации таких методов и найти классы функций, в которых удастся оценить скорость сходимости. (Б.Т. Поляк)

3.3. Задача устойчивого матричного пополнения

Задача состоит в выборе некоторых «свободных» элементов заданной матрицы таким образом, чтобы сделать ее устойчивой (или максимизировать степень ее устойчивости). Задача может быть сформулирована применительно к гурвицевой и шуровской устойчивости, а также в различных робастных постановках. (М.В. Хлебников, П.С. Щербаков)

3.4. Геометрия D-разбиения

Пусть задан некий зависящий от параметров полином в том или ином смысле "происходящий" из задач теории управления, например, характеристический многочлен аффинного семейства матриц. D-разбиением называется разбиение пространства параметров на связанные компоненты имеющие одинаковое число устойчивых корней. Например, с отрицательной вещественной частью. В этом направлении можно ставить различного рода задачи связанные как с оценкой числа областей устойчивости в различных случаях, так и с характеристикой геометрических свойств областей устойчивости. Представляют интерес также и алгоритмические вопросы быстрого описания этих областей и получения точек из них. (О.О. Васильев)

- 1) О.О. Vasilev Counting and computing regions of D-decomposition: algebro-geometric approach//ArXiv preprint: 1202.1777 (применение некоторых результатов и методов вещественной и вычислительной алгебраической геометрии к данному классу задач) Также имеет смысл ознакомиться с вещественной и вычислительной алгебраической геометрией.

3.5. Теория реализации для систем над полукольцами

Рассмотрим линейные стационарные управляемые системы дискретного времени с коэффициентами в каком-либо полукольце (например, положительные вещественные числа, натуральные числа, булево полукольцо или тропическое). Нас будет интересовать теория реализации, а именно изучение возможных систем реализующих некоторое заранее данное внешнее поведение. В случае систем с коэффициентами в полях -- например, вещественных или комплексных чисел основная часть теории была построена еще в 1960-е годы. Однако для других алгебраических структур, в частности, для полуколец, ситуация оказывается существенно более сложной, в особенности если речь идет о проблемах минимальности (выяснение минимально возможной размерности реализации) и проблеме генерации (изучении всевозможных реализаций данной размерности). Реализации здесь предполагаются свободными - в частности, в этом случае "размерность" оказывается корректно определена. **(О.О. Васильев)**

- 1) Benvenuti L., Farina G. A Tutorial on the Positive Realization Problem//IEEE Transactions of automatic control Vol.49(2004) P. 651-664
- 2) Cohen, G., Gaubert, S., Quadrat, J.P. Max-plus algebra and system theory: where we are and where to go now//Annual Reviews in Control Vol.23(1999) p.:207-219