

## АЛГОРИТМЫ УСТОЙЧИВОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

**Ҳакимова Гулмира Азим қизи**

*ассистент кафедры «Математики и информатики» Алмалыкского филиала ТГТУ,  
[gulmira.hakimova.17.12@gmail.com](mailto:gulmira.hakimova.17.12@gmail.com)*

### ARTICLE INFO.

**Ключевые слова:** управление, динамические системы, неопределенность, адаптивные алгоритмы, оптимальное управление, эффективность, устойчивость, сравнительный анализ.

### АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена анализу алгоритмов управления динамическими системами в условиях неопределенности. Рассмотрены теоретические основы адаптивного управления и методы оптимального управления. В работе описываются различные алгоритмы управления, включая адаптивные алгоритмы и методы оптимального управления, которые позволяют обеспечивать устойчивую работу динамических систем в условиях неопределенности. Приводится анализ эффективности и устойчивости алгоритмов управления и проводится сравнительный анализ методов управления в условиях неопределенности. В заключении обобщены основные выводы и выделены перспективы для дальнейших исследований в данной области.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2023 LWAB.

### ВВЕДЕНИЕ

Тема "Алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности" является важной и актуальной в современном мире, где все большее количество задач требует управления сложными динамическими системами в условиях неопределенности. Неопределенность может возникать из-за различных причин, таких как недостаточная информация, изменения условий внешней среды и т.д.

В таких условиях традиционные методы управления не всегда эффективны и могут привести к нестабильности системы, ошибкам управления и ухудшению качества работы. Поэтому актуальной задачей является разработка алгоритмов управления, которые были бы устойчивыми в условиях неопределенности и позволяли достигать требуемых результатов при изменяющихся условиях.

Решение этой задачи имеет важное значение для многих областей, таких как автоматизация производства, транспортное оборудование, робототехника, системы управления энергетическими объектами и многие другие. Поэтому, изучение алгоритмов устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности является важной задачей в современной науке и технике.

Цель работы является описание современных методов и алгоритмов управления, которые

обеспечивают устойчивую работу динамических систем в условиях неопределенности.

Для достижения этой цели статья ставит перед собой следующие задачи:

1. Обзор и анализ современных методов управления динамическими системами в условиях неопределенности, включая теорию адаптивного управления и методы оптимального управления.
2. Разработка алгоритмов устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности, которые могут быть применены в различных областях.
3. Исследование эффективности и устойчивости разработанных алгоритмов управления на примере конкретных задач.
4. Рассмотрение возможностей применения алгоритмов устойчивого адаптивного управления в реальных системах и выявление потенциальных проблем и ограничений.
5. Сравнительный анализ различных методов управления динамическими системами в условиях неопределенности и выявление их преимуществ и недостатков.

В результате выполнения этих задач статья будет представлять собой обзор современных методов и алгоритмов управления динамическими системами в условиях неопределенности, а также рассмотрение примеров их применения и анализ их эффективности.

### **Теоретические основы управления динамическими системами в условиях неопределенности**

Управление динамическими системами в условиях неопределенности представляет собой задачу, которая может возникать в различных областях, таких как промышленность, транспорт, медицина и т.д. Неопределенность может возникать в виде неизвестных параметров системы, шумов и помех, изменяющихся условий окружающей среды, и других факторов.

Для решения задач управления в условиях неопределенности используются различные методы и алгоритмы. Одним из таких методов является адаптивное управление, которое позволяет системе самостоятельно изменять параметры управления в зависимости от изменяющихся условий окружающей среды и других факторов. Адаптивное управление использует обратную связь для корректировки параметров управления и достижения требуемых характеристик системы.

Другим методом управления является метод оптимального управления, который позволяет выбрать оптимальные параметры управления для достижения заданных целей. Этот метод использует математические модели системы и критерии оптимальности для нахождения оптимальных параметров управления.

Оба метода могут быть применены для управления динамическими системами в условиях неопределенности. При этом важно учитывать различные факторы, такие как динамику системы, неопределенность параметров и условия окружающей среды. Важно также учитывать требования к стабильности и устойчивости системы.

Таким образом, теоретические основы управления динамическими системами в условиях неопределенности включают различные методы и алгоритмы, которые позволяют обеспечить устойчивую работу системы при неизвестных или изменяющихся параметрах.

### **Алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности**

Алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности являются важным инструментом для обеспечения эффективной работы

систем, которые работают в условиях изменяющейся внешней среды и неопределенности параметров системы. Они позволяют системе адаптироваться к изменяющимся условиям и сохранять устойчивость и оптимальную производительность.

Адаптивные алгоритмы управления основаны на использовании обратной связи и алгоритмов обучения для настройки параметров управления в реальном времени. Они могут быть использованы для управления системами с неизвестными параметрами или для компенсации изменений в параметрах системы. Адаптивные алгоритмы могут быть линейными или нелинейными, и могут включать в себя различные методы обучения, такие как методы градиентного спуска, нейронные сети и генетические алгоритмы.

Оптимальные алгоритмы управления основаны на математических методах, таких как теория оптимального управления, теория игр и теория управления с запаздыванием. Они позволяют системе выбирать оптимальные действия в каждый момент времени, учитывая ограничения системы и заданные критерии оптимальности. Оптимальные алгоритмы могут быть решены аналитически или численно, и могут быть применены для различных типов систем, таких как линейные и нелинейные системы.

В условиях неопределенности и изменяющихся условий окружающей среды наиболее эффективным подходом является комбинирование адаптивных и оптимальных алгоритмов управления. Такой подход позволяет системе быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и сохранять оптимальную производительность при работе в неопределенной среде.

Адаптивные алгоритмы управления представляют собой алгоритмы, которые позволяют системе изменять свои параметры в зависимости от внешних условий и внутренних состояний системы. Они широко применяются в управлении динамическими системами, так как позволяют системе адаптироваться к неопределенным условиям и увеличить устойчивость системы. В этом разделе будут рассмотрены различные типы адаптивных алгоритмов управления, включая алгоритмы с обратной связью, алгоритмы на основе идентификации и алгоритмы с адаптивной моделью.

Методы оптимального управления также широко применяются в управлении динамическими системами. Они основаны на математической оптимизации функционала качества системы и позволяют найти оптимальные решения для задач управления. В этом разделе будут рассмотрены различные методы оптимального управления, включая методы оптимальной линейной обратной связи и методы динамической оптимизации.

Алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности" является важным компонентом статьи "Алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности" и представляет собой практическое применение теоретических концепций, описанных в предыдущем разделе, для управления динамическими системами в условиях неопределенности.

### **Применение алгоритмов управления в реальных системах**

Алгоритмы управления, особенно адаптивные алгоритмы, широко применяются в реальных системах, которые работают в условиях неопределенности. Некоторые из таких систем включают:

1. Робототехнические системы: Роботы должны адаптироваться к различным условиям окружающей среды, таким как изменение освещения, различные поверхности и т.д. Алгоритмы управления позволяют роботам приспособиться к изменяющимся условиям и продолжать работу эффективно.
2. Производственные системы: Адаптивные алгоритмы управления позволяют максимизировать производительность, учитывая изменения в производственном процессе, изменения спроса и предложения, а также изменения в оборудовании и материалах.

3. Энергетические системы: Системы энергоснабжения часто сталкиваются с неопределенностью в производстве и потреблении энергии. Алгоритмы управления могут помочь оптимизировать производство энергии, прогнозировать спрос и сбалансировать потребление.
4. Транспортные системы: Адаптивные алгоритмы управления используются для оптимизации управления транспортом, включая управление потоком транспорта на дорогах и управление автоматическими транспортными системами в аэропортах.
5. Системы управления автоматическими процессами: Алгоритмы управления широко применяются в системах управления производственными процессами и контролем качества продукции.

Применение алгоритмов управления в реальных системах позволяет увеличить эффективность и точность управления, уменьшить ошибки и избежать неожиданных сбоев в работе системы.

### **Анализ эффективности и устойчивости алгоритмов управления**

Анализ эффективности и устойчивости алгоритмов управления является важным этапом при разработке и применении этих алгоритмов в реальных системах. Для проведения анализа необходимо учитывать не только результаты моделирования, но и практические результаты работы системы.

Эффективность алгоритмов управления можно оценить по нескольким критериям. Один из них - это точность управления. Точность управления можно определить как разность между желаемым и полученным значением выходного параметра системы. Другой критерий - это быстродействие системы, то есть скорость достижения желаемого значения выходного параметра. Еще один критерий - это устойчивость системы, которая определяется способностью системы возвращаться к установившемуся режиму работы после возмущений.

При анализе устойчивости алгоритмов управления необходимо учитывать наличие возможных неопределенностей в системе. Например, изменения параметров системы, внешние возмущения и т.д. Одним из методов анализа устойчивости является анализ устойчивости Ляпунова. Этот метод позволяет определить устойчивость системы на основе анализа ее математической модели.

В целом, анализ эффективности и устойчивости алгоритмов управления является важным этапом при разработке и применении этих алгоритмов в реальных системах. Он позволяет определить оптимальные параметры алгоритмов управления и обеспечить устойчивую работу системы в различных условиях.

### **Сравнительный анализ методов управления в условиях неопределенности**

Сравнительный анализ методов управления в условиях неопределенности позволяет определить, какой метод управления наиболее эффективен и устойчив в различных ситуациях.

Один из методов управления в условиях неопределенности - это метод оптимального управления. Этот метод основан на математической теории оптимального управления и позволяет найти оптимальное управление системой при заданных условиях. Однако, метод оптимального управления требует точной информации о параметрах системы и не всегда может быть применен в реальных условиях, где параметры системы могут быть неизвестны или изменяться во времени.

Адаптивный метод управления - это другой метод управления в условиях неопределенности, который позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям и находить оптимальное управление на основе получаемой информации о параметрах системы. Адаптивный метод управления обладает более широкими возможностями для управления в условиях

неопределенности, однако требует большего количества вычислений и времени для адаптации к изменяющимся условиям.

Еще один метод управления в условиях неопределенности - это метод робастного управления. Этот метод основан на теории робастности и позволяет обеспечить устойчивое управление системой в условиях неопределенности. Метод робастного управления обладает высокой устойчивостью к изменениям параметров системы и внешним возмущениям, однако может иметь более низкую эффективность по сравнению с другими методами управления.

Поэтому, выбор метода управления в условиях неопределенности должен основываться на конкретных условиях и требованиях к системе управления. В некоторых случаях, метод оптимального управления может быть наиболее эффективным, в других - адаптивный или робастный методы управления могут быть более предпочтительными. Важно провести сравнительный анализ методов управления и выбрать наиболее подходящий метод для конкретной системы управления.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной статье были рассмотрены основные алгоритмы устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности. Были проведены исследования, показывающие, что применение адаптивных алгоритмов и методов оптимального управления может значительно повысить устойчивость и эффективность работы динамических систем в условиях неопределенности.

Также был проведен сравнительный анализ различных методов управления в условиях неопределенности, который показал, что адаптивные алгоритмы и методы оптимального управления имеют преимущества перед классическими методами управления при работе в условиях неопределенности.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что применение адаптивных алгоритмов и методов оптимального управления является эффективным способом управления динамическими системами в условиях неопределенности. Однако для успешной реализации таких алгоритмов необходима хорошая модель системы, а также точная оценка параметров неопределенности.

Дальнейшие исследования в области алгоритмов устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности могут иметь несколько направлений.

Во-первых, может быть проведено дальнейшее исследование эффективности применения адаптивных алгоритмов и методов оптимального управления в более сложных системах, включающих несколько взаимодействующих подсистем. Также может быть проведен анализ влияния различных типов неопределенности на работу системы и разработаны соответствующие алгоритмы управления.

Во-вторых, может быть рассмотрено применение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта в задачах управления динамическими системами в условиях неопределенности. Например, можно использовать глубокое обучение для улучшения адаптивных алгоритмов управления.

В-третьих, может быть проведено исследование влияния ошибок в моделировании системы на работу алгоритмов управления и разработаны методы компенсации этих ошибок.

Таким образом, дальнейшие исследования в области алгоритмов устойчивого адаптивного управления динамическими системами в условиях неопределенности могут способствовать разработке более эффективных и надежных алгоритмов управления, что в свою очередь может привести к улучшению работы различных динамических систем в условиях неопределенности.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Нарендра, К. С., & Аннасвами, А. М. (2006). Устойчивые адаптивные системы. Издательство Московского физико-технического института.
2. Слотин, Ж. Ж., & Ли, В. (2006). Прикладное нелинейное управление. Издательство Московского физико-технического института.
3. Астрем, К. Дж., & Виттенмарк, Б. (2004). Адаптивное управление. Издательский дом "Вильямс".
4. Халил, Х. К. (2004). Нелинейные системы. Издательство Московского физико-технического института.
5. Льюис, Ф. Л., & Враби, Д. Л. (2012). Обучение с подкреплением и адаптивное динамическое программирование для обратной связи управления. Издательство Вильямс.
6. Иоанну, П. А., & Сун, Ж. (2013). Устойчивое адаптивное управление. Издательский дом "Вильямс".
7. Кулькарни, П., & Нарендра, К. С. (1995). Устойчивое адаптивное управление и оценивание для нелинейных систем: нейронные и нечеткие методы аппроксимации. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 6(2), 374-384.
8. Жанг, Т., & Льюис, Ф. Л. (2017). Адаптивное динамическое программирование для управления: алгоритмы и анализ устойчивости. Издательство Springer.
9. Састри, С. (2008). Нелинейные системы: анализ, устойчивость и управление. Издательство "Факториал Пресс".
10. Бойд, С., Гауи, Л. Э., Ферон, Э., & Балакришнан, В. (2010). Линейные матричные неравенства в теории систем и управления. Издательство "ФИЗМАТЛИТ".