

На правах рукописи

Николаев Антон Вячеславович

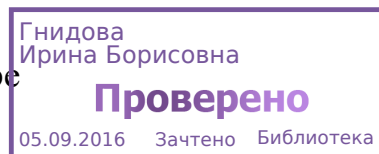
Моделирование многокаскадного нечёткого логического регулятора для реализации вывода модулей прогнозирования

Направление 27.04.04 – «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание степени  
магистра техники и технологии

Комсомольск-на-Амуре

2016



С течением времени объекты управления становились более сложными, и возникла необходимость описывать нестрогие, нечёткие понятия для автоматизации управления. Нечеткая логика возникла как наиболее удобный способ построения систем управления сложными технологическими процессами, а также нашла применение в бытовой электронике, диагностических и других экспертных системах. Несмотря на то, что математический аппарат нечеткой логики впервые был разработан в США, активное развитие данного метода началось в Японии, где до сих пор продолжается бурное развитие нечетких технологий и экспоненциально увеличивается количество патентов, большая часть которых относится к простым приложениям нечеткого управления.

Нечеткая логика является многозначной логикой, что позволяет определить промежуточные значения для таких общепринятых оценок, как *да - нет, истинно - ложно* и т.п. Выражения, подобные таким, как *слегка тепло* или *довольно холодно*, возможно формулировать математически и обрабатывать на компьютерах.

**Цель работы:** Разработка многокаскадной нечёткой системы для построения модуля прогнозирования, а также определение оптимальной структуры и алгоритмов вывода МНЛР.

Для достижения результата выполняются следующие задачи:

- создание нечётких регуляторов с разными структурами и комбинациями алгоритмов;
- исследование МНЛР и вывод об эффективности сочетаний алгоритмов нечеткого вывода;
- моделирование прогнозирующего МНЛР;
- проверка эффективности прогнозирующего модуля в условиях изменения параметров и порядка объекта управления.

## Содержание диссертации

**Во введении** произведен краткий обзор исследуемой тематики, обозначена актуальность проблемы исследования.

**Первая глава.** Описаны теоретические сведения о нечётких системах. Рассмотрены: теория нечётких множеств, основные понятия нечётких множеств, понятие нечёткой лингвистической переменной и описание нечётки логических выводов.

**Вторая глава.** Исследование разных алгоритмов и структур МНЛР.

В качестве альтернативного метода построения системы управления предлагается применять интеллектуальные принципы, основанные на теории мягких вычислений. Нечеткая многокаскадная система регулирования, реализующая необходимый закон управления, представляет из себя информационную структуру, включающую 1 вход и 3 выхода для первого каскада, а также 1 вход и 1 выход для каждого регулятора второго каскада.

Модель системы с МНЛР представлена на рисунке 1.

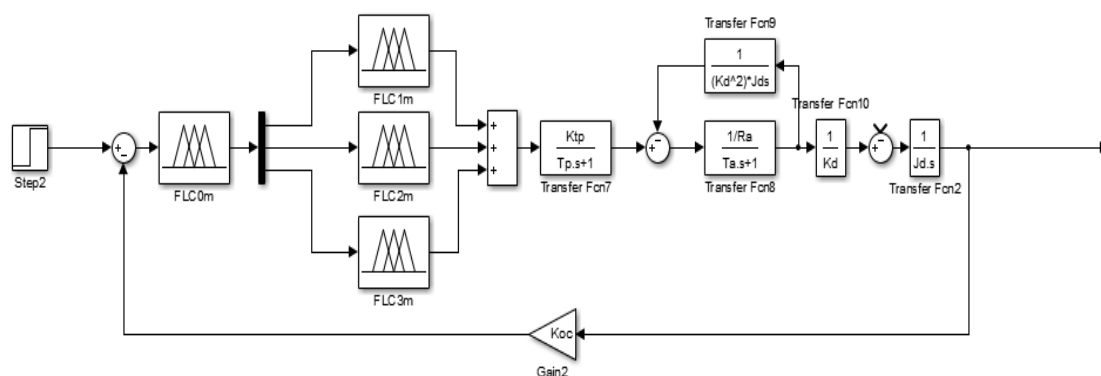


Рисунок 1 - Модель электропривода постоянного тока с многокаскадным нечетким ПИД-регулятором

Представленная структура МНЛР в своей основе может содержать следующие комбинации алгоритмов нечеткого вывода, таких как, Сугено – Сугено, Сугено - Мамдани, Мамдани – Мамдани, Мамдани – Сугено.

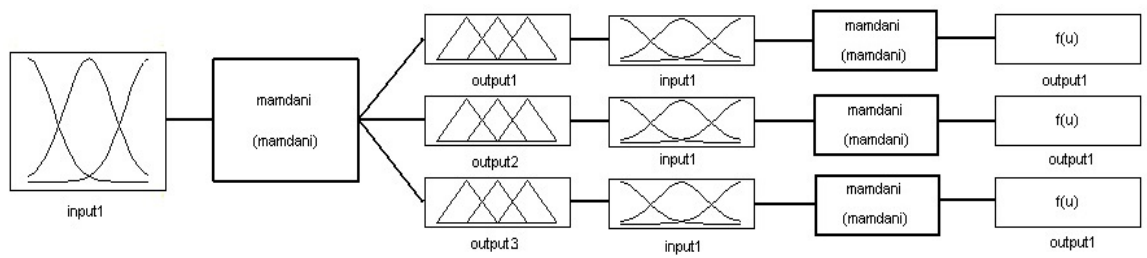
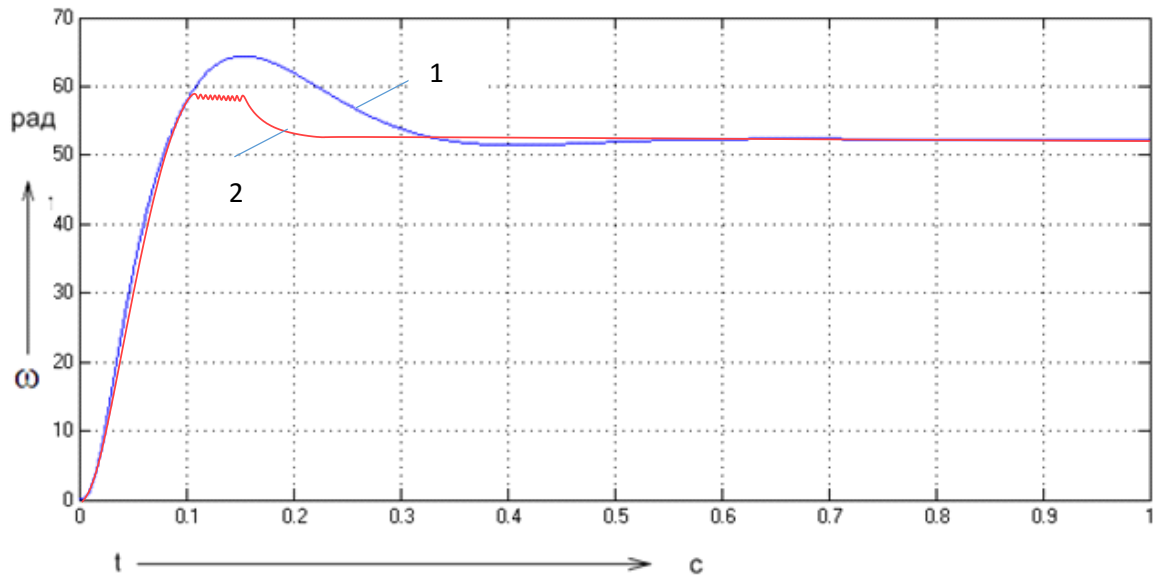


Рисунок 2 – Функциональная схема МНЛР Мамдани – Мамдани



1 – система с ПИД-регулятором; 2 – система с МНЛР

Рисунок 3 – Переходный процесс скорости двигателя

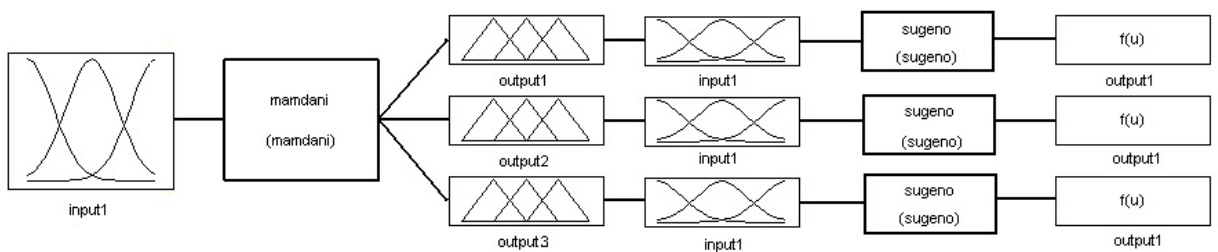
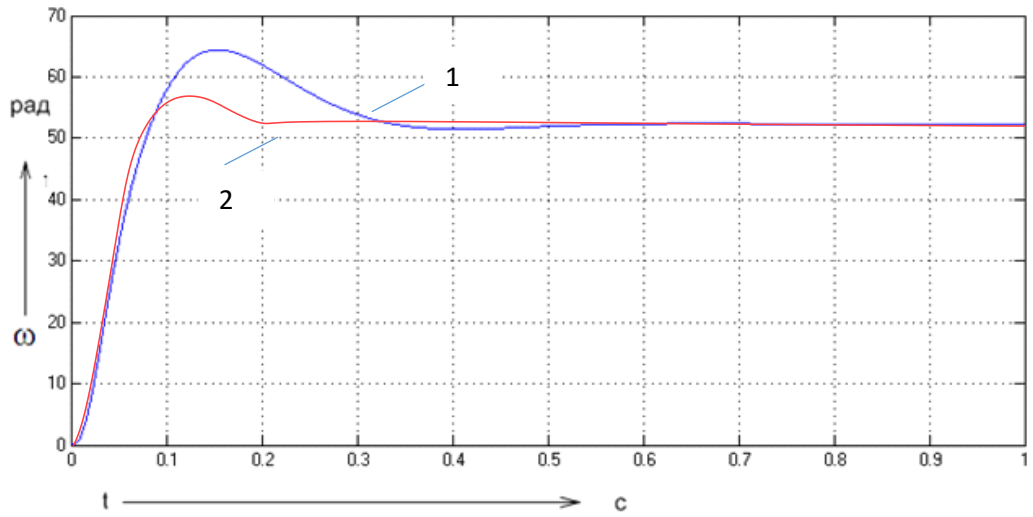


Рисунок 4 – Функциональная схема МНЛР Мамдани - Сугено



1 – система с ПИД-регулятором; 2 – система с МНЛР  
 Рисунок 5 – Переходный процесс скорости двигателя

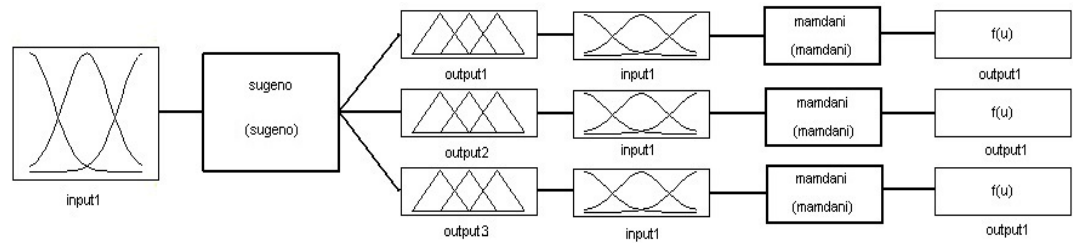
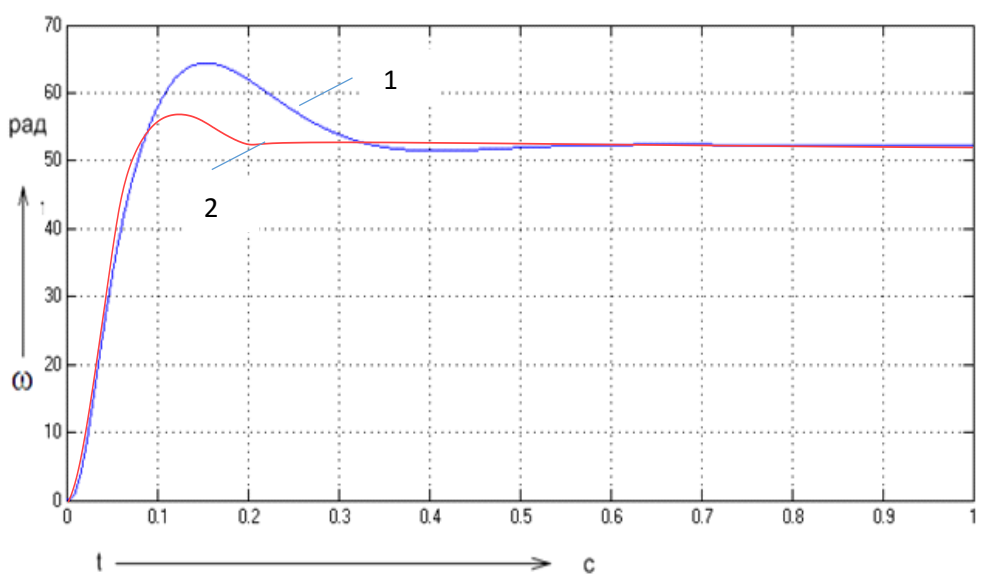


Рисунок 6 – Функциональная схема МНЛР Сугено – Мамдани.



1 – система с ПИД-регулятором; 2 – система с МНЛР  
 Рисунок 7 – Переходный процесс скорости двигателя

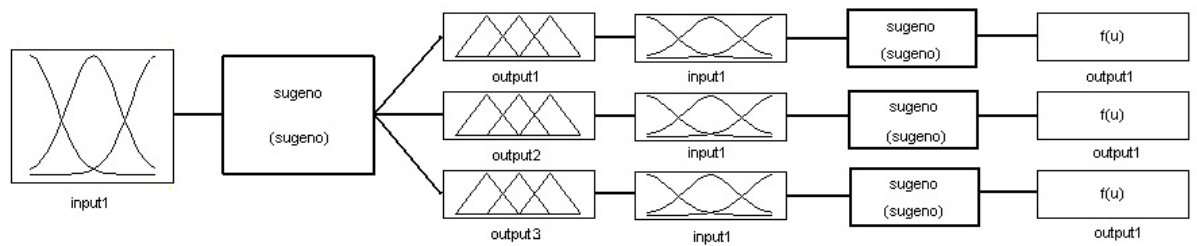
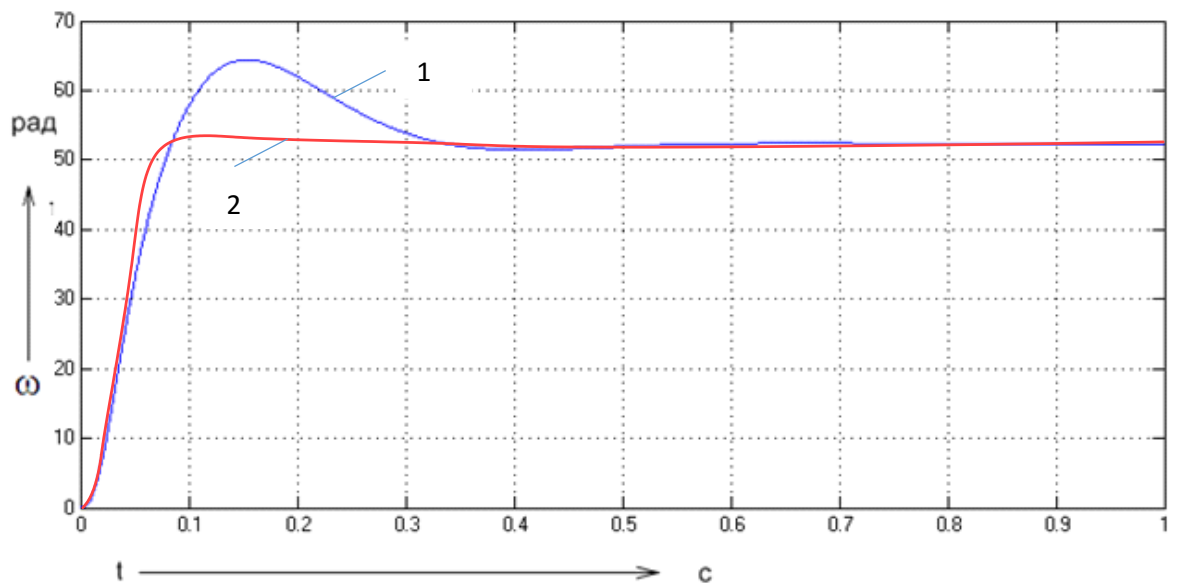


Рисунок 8 – Функциональная схема МНЛР Сугено - Сугено



1 – система с ПИД-регулятором; 2 – система с МНЛР

Рисунок 9 – Переходный процесс скорости двигателя

Согласно переходным характеристикам представленным на рисунках 3, 5, 7 и 9 можно сделать выводы о том, что для решения задачи регулирования технологическим объектом наиболее приемлемым является сочетание нечетких выводов Сугено/Сугено. Однако, необходимо отметить, что при реализации нечеткого прогнозирующего модуля, с применением технологии МНЛР, целесообразно использовать другое сочетание нечетких логических выводов, а именно Мамдани/Сугено. Такой вывод обоснован, тем, что прогнозирующие системы зачастую оперируют качественными параметрами.

### Третья глава. Разработка прогнозирующего МНЛР.

Прогнозирование – это один из ключевых моментов при принятии управленческих решений в условиях развития современных технологий. Регулярное прогнозирование процессов позволяет не только принимать эффективные управленческие решения, но и накапливать опыт, позволяющий повысить точность и надёжность прогнозов, улучшить модели и алгоритмы прогнозирования.

Для простоты в качестве объекта управления возьмём инерционное звено второго порядка с переходной характеристикой показанной на рисунке 10.

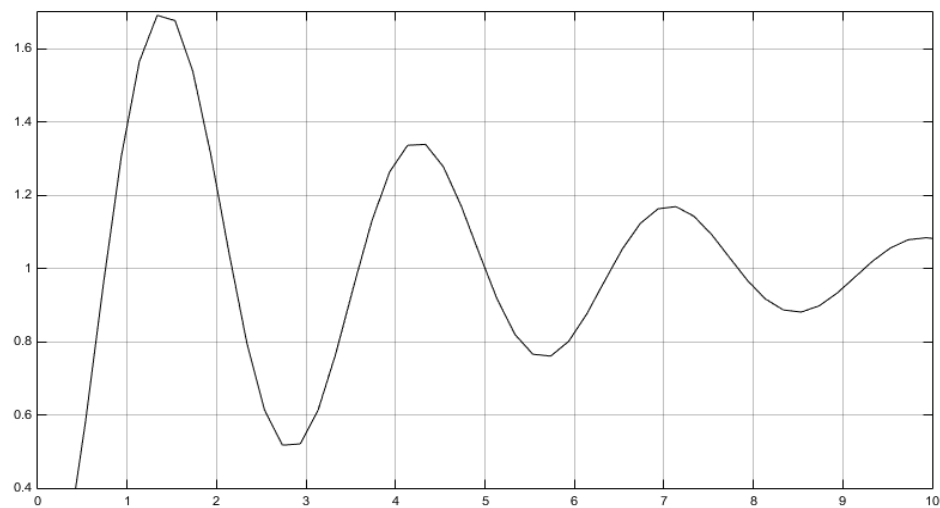
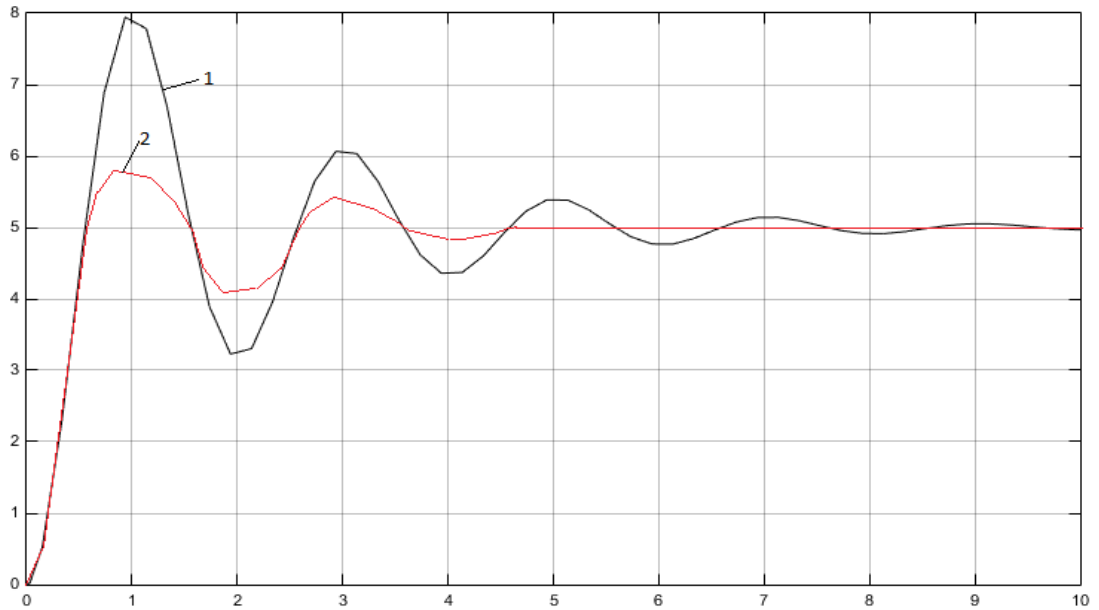


Рисунок 10 – Переходной процесс инерционного звена 2-ого порядка.

Смоделируем нечеткую многокаскадную систему с алгоритмом вывода Мамдани – Сугено, так, чтобы на вход поступал сигнал ошибки, а выходным являлся сигнал управления.

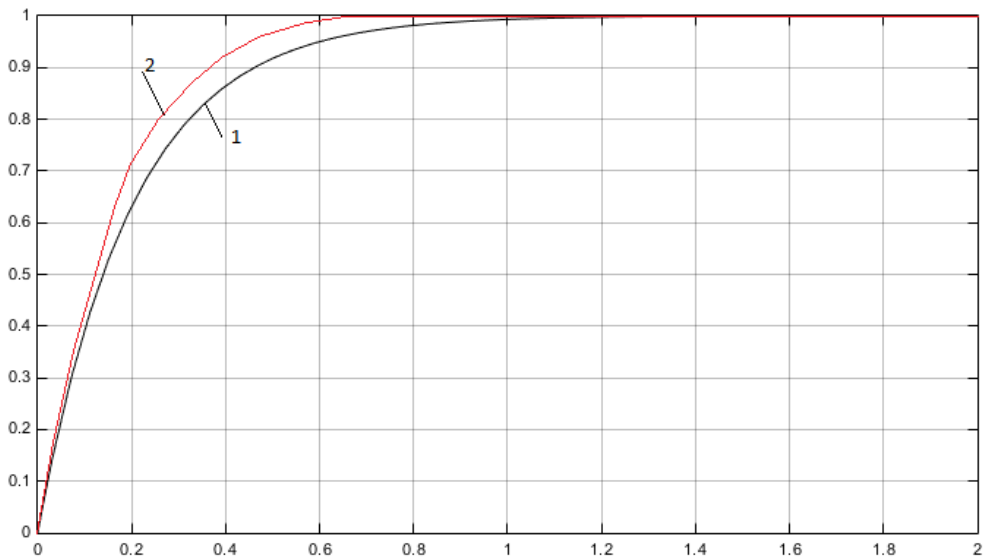
При изменении параметров системы до следующих значений  $k=5 \cdot k$  и  $T=2 \cdot T$ . Получим график переходного процесса рисунок 11.



1- исходная система, 2 – система с МНЛР

Рисунок 11– Переходные процессы с изменёнными параметрами Т и К  
Т и К

Исследуем возможности представленного прогнозирующего модуля путем сокращения порядка системы с инерционным звеном второго порядка до апериодического первого порядка и рассмотрим, как влияет на показатели качества система с МНЛР рисунок.



1- исходная система, 2 – система с МНЛР

Рисунок 12 – Переходные процессы апериодического звена 1-ого порядка.



Результаты моделирования показывают, что применение многокаскадного нечёткого регулятора в качестве блока прогнозирования позволяет сократить влияние внутренних структурных факторов на процесс управления, даже с учётом существенного изменения математического описания объекта управления.

## **Вывод**

1) В данной работе были рассмотрены основные понятия и преимущества нечёткого регулирования, рассмотрена теория множеств и нечёткие лингвистические переменные. Проведены исследования по изучению возможностей МНЛР в управлении объектами. Изучены различные варианты построения многокаскадных систем: установка регулятора в прямой канал или параллельный, применение различных комбинаций алгоритмов вывода. В итоге сделаны выводы, что применение параллельного построения МНЛР, негативно сказывается на сложности системы, а наиболее подходящим выбором алгоритмов вывода, для главного и подчинённых регуляторов, будет Мамдани-Сугено.

2) Интеллектуальные системы, основанные на теории нечётких вычислений, а именно с применением МНЛР, позволяют реализовать систему управления с реализацией прогнозирующего алгоритма. Настройка нечёткого прогнозирующего модуля проводится таким образом, чтобы позволить интеллектуальной системе сохранить основные показатели системы по качеству переходного процесса, даже при изменении математического описания объекта, а изменении его порядка.