

АННОТАЦИЯ

УДК 004.89

На правах рукописи

АЛТАЕВА АЙГЕРИМ БАКАТАКАЛИЕВНА

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ СМАРТ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

6D070300 – Информационные Системы

Диссертация на соискание ученой степени
Доктора философии (PhD)

Научные руководители:
д.т.н., профессор Ускенбаева Р.К.
PhD, профессор Azizah Suliman

Республика Казахстан
Алматы, 2021 год

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Энергосбережение и энергоэффективность являются важными компонентами в теплоэнергетике. В настоящее время более трети потребляемой энергии приходится на микроклимат внутри здания. Рост потребляемой энергии в жилых зданиях продолжается за счет увеличения численности населения и повышения качества жизни людей. Учитывая структуру потребляемой энергии в жилых зданиях и стоимость различных видов энергоресурсов, а также различных стандартов в области тепловой защиты, наиболее распространенными мерами по энергосбережению, является построение различных энергосберегающих механизмов. Герметизация зданий естественной вентиляцией приводит к снижению воздухообмена внутри жилых зданий, что ухудшает микроклимат и снижает работоспособность человека находящегося внутри помещения. Продолжительное воздействие различных неблагоприятных факторов внутренней среды будет негативно влиять на здоровье человека. Поэтому разработка нового метода по энергосбережению направленных на снижение потребляемой энергии внутри жилых помещений, при этом учитывая экономические показатели энергосбережения, комфортность микроклимата внутри жилых зданий является актуальной задачей.

Разработка специальных экспертных систем на основе искусственных нейронных сетей стало крайне необходимой задачей в области искусственного интеллекта.

В современных условиях для функционирования и управления электроэнергетическими системами необходимо создание расчетной модели крупномасштабных схем на основе методов оценки состояния. Такие схемы не полностью наблюдаемы, возможны искажение данных, плохая синхронизация и тд, что в результате приводит к неправильным решениям, сформированных на основе расчетной модели. Следующим этапом в этом направлении стала гибридная технология основанная на грид-системах, на мультиагентных технологиях и нейронных сетей. Ожидается, что от перехода к интеллектуальным сетям (Smart Grid) поток информации будет следовать за потоком энергии. Этот поток необходимо обработать, интерпретировать и предпринять соответствующими действиями. Существует необходимость в разработке новых методов и программного обеспечения для оценки условий, которые устранят эти проблемы. Одним из наиболее соответствующим подходом в разработке такого рода программных систем является многоагентный подход, при котором система моделируется множеством взаимодействующих интеллектуальных агентов для решения задач.

Любой агент - это открытая система, помещенная в некую среду, и эта система имеет собственное поведение, соответствующее некоторым крайним принципам. Таким образом, считается, что агент способен воспринимать информацию из внешней среды с ограниченным разрешением, обрабатывать ее на основе собственных ресурсов, взаимодействовать с другими агентами и некоторое время воздействовать на среду, преследуя свои собственные цели.

Это означает, что при построении искусственного агента в минимальный набор базовых характеристик входят такие свойства, как: активность - умение организовывать и реализовывать действия; реактивность - способность воспринимать состояние окружающей среды; автономия - относительная независимость от окружения или наличие определенной «свободы воли», определяющей собственное поведение, которое должно иметь хорошую ресурсную поддержку; коммуникабельность, возникающая из-за необходимости решать свои проблемы вместе с другими агентами и обеспечиваемая развитыми протоколами связи; целеустремленность, предполагающая наличие собственных источников.

Объект исследования. Энергосбережение и микроклимат в непроизводственных зданиях.

Предмет исследования. Процессы теплопередачи при формировании микроклимата в непроизводственных зданиях.

Цель диссертации. Построение системы на основе мультиагентной технологии и нейронных сетей для повышения комфортности среды.

Цели исследования. Для достижения цели исследования были решены следующие задачи:

1. Анализ методов оценки эффективности, микроклимата и методов математического расчета процессов теплопередачи в помещениях с учетом температуры, влажности и качества воздуха.
2. Разработана математическая модель теплообмена в зданиях с естественной вентиляцией для прогнозирования параметров микроклимата.
3. Была предложена архитектура системы и параметров мониторинга энергоэффективности с участием сети и мультиагента.
4. Были установлены агенты, позволяющие построить систему на основе технологий Grid и MAS:
 - ✓ Агент переключения состояний - используется для выбора сетки
 - ✓ Агент центрального координатора - для связи с другими агентами.
 - ✓ Агент загрузки - для управления различным оборудованием из внешней среды.
 - ✓ Агент локального управления энергопотреблением - для управления и мониторинга энергопотребления
5. Математическое и программное обеспечение на основе мультиагентных технологий в рамках предлагаемой архитектуры.
6. Проведены экспериментальные исследования.

Научная новизна:

- Была разработана математическая модель комфортного микроклимата и модели SmartGrid с участием мультиагентных технологии;
- Была предложена архитектура многоагентной системы контроля и управления электроэнергией;
- Были адаптированы модели нейронных сетей для обеспечения комфортного микроклимата внутри здания;

- На основе разработанного математического моделирования было установлено, что уровень комфортности микроклимата зависит от стандартных механизмов энергосбережения.
- Экспериментально получены данные о влиянии энергосберегающих механизмов на воздухообмен и параметров микроклимата внутри здания.

1. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ SMART GRID (MASK) НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ

Наше исследование сосредоточено на разработке Смарт системы (EMS- Energy Management System) с использованием мультиагентной технологии. В ходе исследования, при разработке архитектуры системы и применении алгоритмов, мы придерживались заданных требований. Для достижения гибкости в управлении применяется многоагентная система. Комфорт в здании или его окрестностях обычно определяется сочетанием температуры, влажности, скорости воздуха и концентрации CO₂. Мультиагентная технология может быть использована в качестве основы для системы управления энергопотреблением и комфортом в здании. Эта технология позволяет разделить сложную задачу на простые подзадачи, которые могут быть решены с помощью агентов. Метод многоагентного моделирования позволяет моделировать сложные системы, сосредоточив внимание на одном субъекте, так называемом агенте. У каждого агента есть свои определенные действия. Следуя своим планам, эти агенты фактически подвергаются воздействию различных климатических условий. Влияние этих климатических условий на индивидуальный тепловой комфорт постоянно контролируется простой моделью системы терморегулирования человека: моделью индивидуального теплового комфорта (МИТК). Была разработана многоагентная интеллектуальная тепловая комфорта в сложных строительных средах. Система моделирования интегрирует, в дополнение к другим модулям, модель биометеорологического теплового комфорта.

Архитектура системы. Современная технология управления обеспечивает большую надежность, эффективность и гибкость энергетической системы, что вводит концепцию интеллектуальной сети. Концепция smart grid - это новая технология, в которой могут участвовать клиенты. Это гарантирует качество и надежность поставок. Растущий спрос на энергию требует большей децентрализации производства из-за изменений в поведении рынка и сложных систем. Поэтому сложно управлять сетью с помощью центрального контроллера. Технология интеллектуальной системы управления обеспечивает распределенное решение для технологии управления зданием с безопасной и надежным решением. Интеллектуальный BEMS - это его применение. EMS в коммерческом здании направлена на улучшение окружающей среды внутри здания.

В нашем исследовании мы рассматриваем два типа источников энергии: коммунальную сеть и микросеть. Коммунальная сеть получает энергию от основной сети города. Микросеть снабжается возобновляемыми источниками

энергии. Вторая часть системы - это мультиагентная система. Поскольку каждый агент предполагает высокий уровень интеллекта для принятия локального решения, системе требуется новая архитектура модели агента. Мультиагентная система принимает данные от датчиков и пассажиров в качестве входных данных и принимает решения для осуществления управления приводами. Системы управления - это системы, которые должны контролироваться и обеспечивать жителей комфортной средой и энергией.

1.1 Агент переключатель

Агент-коммутатор расположен на первом уровне. Агент коммутатора получает данные от центрального агента координатора о потребляемой и вырабатываемой энергии. Согласно этой информации, агент коммутатора получает питание от электросети, когда энергии от возобновляемых источников и батарей недостаточно для удовлетворения потребностей требуемой нагрузки. Кроме того, агент коммутатора(переключатель) может возвращать избыточную энергию обратно в сеть, когда возобновляемая энергия превышает потребности здания, которая затем может храниться в батареях. Общая интегрированная система зданий и микросетей имеет два режима работы: режим подключения к сети и изолированный режим. Агент переключения состояния связывается с агентом центрального координатора, чтобы определить состояние коммутатора для подключения/отключения микросети к/от коммунальной сети. На рисунке 1.1 показана процедура выбора определенного режима работы в различных сценариях. Если произойдет какое-либо повреждение энергосистемы или если уровень энергопотребления будет неприемлемым для потребителей, микросеть будет отключена от основной сети.

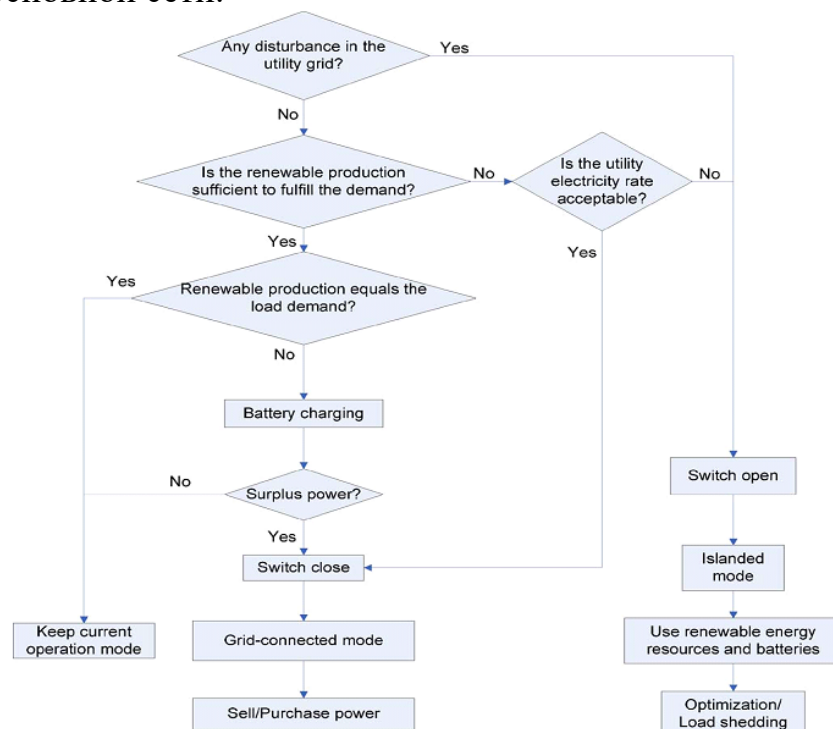


Рисунок 1.1 – Процедура выбора режимов работы

Переключатель в этих сценариях будет открыт, и будут приняты соответствующие схемы оптимизации или смягчения последствий для максимального повышения общего уровня комфорта с использованием доступных возобновляемых источников энергии; в противном случае микросеть подключается к энергосистеме. Тем не менее, здание всегда будет потреблять доступную возобновляемую энергию в первую очередь. При наличии избытка энергии из возобновляемых источников батареи будут заряжены. Если энергия все еще есть, избыток энергии будет обратно возвращаться в энергетическую систему. Кроме того, если не хватает возобновляемой энергии от “микросети” и уровень потребления электроэнергии является приемлемым, источник питания будет закуплен для удовлетворения общей нагрузки здания.

1.2 Центральный агент

Центральный координирующий агент, расположенный на втором уровне, является одним из ключевых элементов системы управления. Он взаимодействует со всеми агентами на основе внешних данных (информации о погодных условиях) и пользовательских предпочтений в отношении теплового, внутренней влажности и качества воздуха, а также данных об электрических нагрузках здания. Он также получает информацию от агентов ветровых турбин и солнечной фотоэлектрики от агента зарядки аккумулятора. Кроме того, он определяет количество энергии, и энергии для необходимых покрытии управления энергией, и управляет ею соответствующим образом. Для центрального координатора-агента основной задачей является координация распределения электроэнергии и обеспечение максимального комфорта клиентов, в то же время объединяя источники энергии и всех агентов более низкого уровня.

1.3 Переговоры между агентами

Агенты ведут переговоры друг с другом, чтобы поделиться доступной энергией. Согласование начинается агентами загрузки. Агенты загрузки запрашивают у других агентов предложение источников питания. Агенты источники питания получают запрос на питание от агентов загрузки и отправляют предложение источникам энергии. Агенты начинают договариваться между собой и принимать решения, основываясь на своих собственных правилах. Типичные решения заключаются в том, какие источники питания должны потребляться и сколько энергии должно обеспечиваться принятыми источниками питания. Логика агента показана на рисунке 1.2.

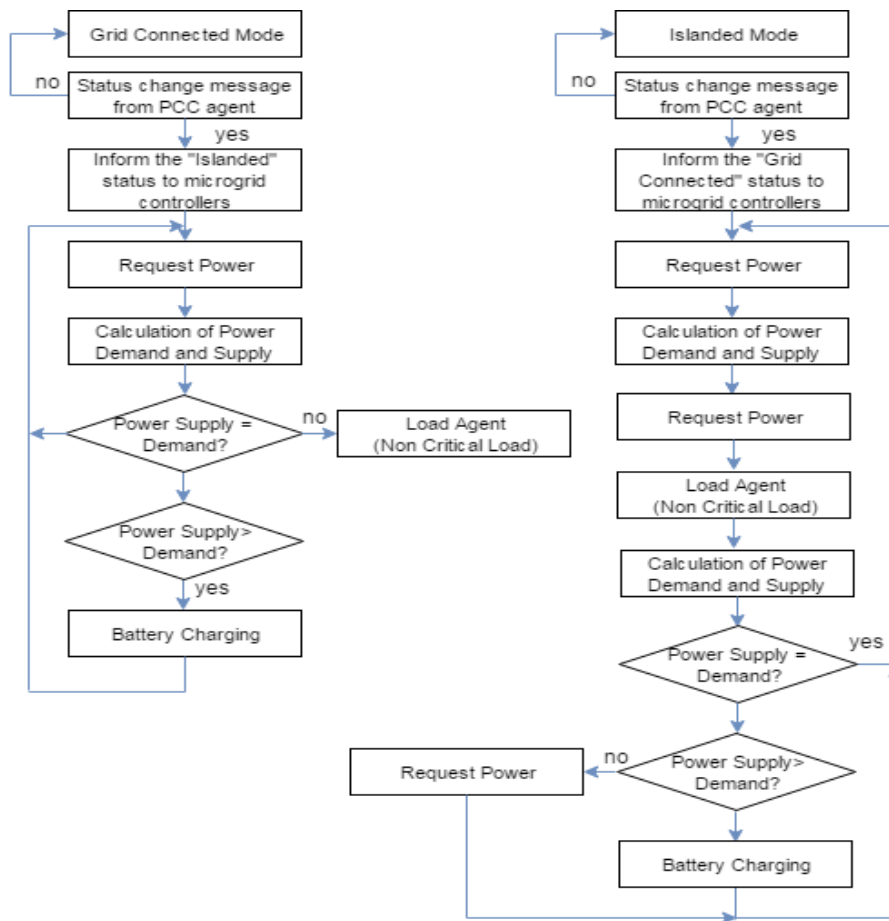


Рисунок 1.2 – Переговоры между агентами

1.4 Локальные Климатические Контроллеры

Для контроля теплового комфорта и качества воздуха используются три локальных контроллера агентов. Эти агенты-контроллеры сравнивают текущие значения параметров комфорта с заданными и определяют количество энергии, необходимое для управления исполнительными механизмами инженерных систем здания.

1.5 Локальный Регулятор Температуры

Для расчета необходимой мощности для поддержания внутреннего теплового комфорта для этой подсистемы разработан контроллер с нечетким выводом. Вход этого нечеткого контроллера включает в себя ошибку и исправление ошибок. Ошибка изменения - это разница между предыдущей и текущей ошибками.

1.6 Локальный Регулятор Влажности

Чтобы определить необходимую мощность для комфорта внутренней влажности, мы применяем нечеткую конструкцию PD. Нечеткое управление влажностью имеет набор нечетких переменных, включая Очень сухую, Сухую, Нормальную, Влажную и Очень влажную. Потребляемая мощность изменяется в зависимости от каждого режима.

1.7 Местный Регулятор Качества Воздуха

Местный агент по качеству воздуха контролирует уровень концентрации CO₂ в здании. Распространенное заблуждение заключается в том, что загрязненный воздух находится снаружи, когда правда заключается в том, что концентрации в воздухе различных раздражающих, канцерогенных и мутагенных соединений могут быть выше, чем их соответствующие концентрации за пределами помещений даже в промышленных зонах. Большинство загрязняющих веществ в помещениях - это CO₂ и другие газы от сигаретного дыма, летучие органические смеси от моющих средств, дезинфекции, красок, клеев, загрязняющие вещества от копировальных машин и т.д. Лучший способ снизить концентрацию этих загрязняющих веществ - это ввести как можно больше свежего воздуха в помещение, тем не менее, это обычно требует определенной цены, потому что свежий воздух обычно необходимо нагревать или охлаждать в зависимости от наружного климата. Как показатель качества воздуха в помещении. Это предусмотрено с учетом того, что концентрации других загрязняющих веществ будут следовать аналогичным тенденциям, которые в некоторых случаях могут быть неточными.

1.8 Локальный Агент Управления Питанием

Роль агента управления питанием заключается в адаптации энергопотребления к имеющимся ресурсам питания с учетом критериев комфорта пользователя. Это ограничивает использование дополнительных ресурсов, которые требуют дополнительных инвестиций, чтобы избежать дорогостоящей необходимости хранения. Локальный агент управления питанием контролирует уровень энергии в системе управления сетями.

1.9 Агент загрузки

Агент загрузки управляет всем оборудованием, которое не имеет прямого подключения к трем основным факторам комфорта. Он также контролирует все электрические нагрузки, которые могут быть отключены во время нехватки электроэнергии. Потребителям предоставляется возможность выбирать предпочтительные отключения нагрузки и устанавливать приоритеты для каждой нагрузки с помощью этого агента. Создаются некоторые профили загрузки, и графический пользовательский интерфейс предназначен для настройки соответствующих параметров. Используя графическую платформу, клиенты могут не только определять характеристики нагрузки, но и контролировать объем и порядок сброса нагрузки.

2 КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ В ПОМЕЩЕНИИ

Микроклимат в помещении является основополагающим фактором для здоровой жизни и определяется рядом физических величин, таких как температура и влажность, уровень концентрации вредных веществ в воздухе и скорость воздушного потока (ветра). Эти факторы определяют, испытывает

ли испытуемый "тепловой комфорт"; жарко или холодно. Состояние теплового комфорта - это состояние, при котором организму не требуются механизмы терморегуляции, т.е. человек не будет испытывать никакой дрожи или потоотделения, а кровоток в периферических органах поддерживается с постоянной скоростью. Это условие соответствует термонеutralной зоне. Для поддержания заданного уровня микроклимата и качества воздуха в помещении необходимо разработать систему управления с экономичным энергопотреблением для заданного набора условий. Рисунок 2.1 иллюстрирует проектирование и оптимизацию процедуры нечеткого контроллера. Система управления воздушным потоком в большом здании должна быть рассчитана на различные режимы работы, поскольку внешние погодные условия и количество людей внутри здания периодически меняются.

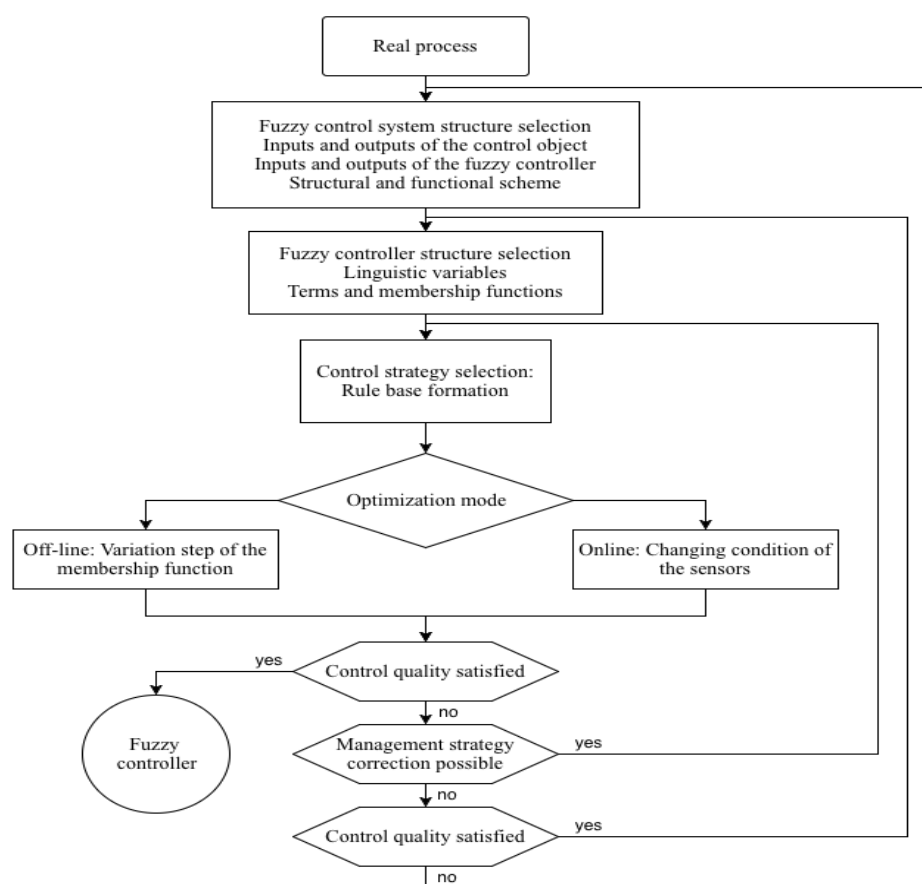


Рисунок 2.1 – Конструкция нечеткого контроллера

3 Разработка адаптивного нейроPID-регулятора влажности

Несмотря на то, что нечеткий ПИД-регулятор предназначен для управления климатом в помещении, температура, влажность и IAQ различаются по физическим параметрам и имеют разные характеристики. Поэтому для дальнейшего анализа потенциала использования усовершенствованного метода управления для улучшения качества внутренней среды необходимо провести исследования и разработать новую

стратегию контроля влажности в помещении, основанную на трудностях контроля влажности, обсуждаемых в этом разделе. К основным трудностям контроля влажности в помещении относятся: задержка по времени; личные предпочтения; влияние температуры. Следовательно, разработанный контроллер должен удовлетворять следующим требованиям: быстрая реакция, небольшое превышение, хорошая адаптивность и интеллектуальный алгоритм определения температуры: горячая, холодная или теплая. Для управления комнатной температурой в этом разделе представлен интеллектуальный ПИД-регулятор, основанный на NN радиальной базисной функции (RBF). В этом исследовании производительность контроллера PID нейронной сети с радиальной базисной функцией (RBFNN-PID) проверяется с помощью компьютерного моделирования с использованием языка Python. Интеллектуальный ПИД-контроллер на основе нейронной сети RBF используется для контроля относительной влажности в помещении.

Процесс управления управлением RBFNN-PID представлен на рисунке 3.1:

- ✓ Надо собрать значение на шаге выборки k .
- ✓ Рассчитать выходной сигнал сети на основе собранных данных.
- ✓ Получить матрицу Якобиана, используя приведенные уравнения.
- ✓ Настройте параметры PID для PID-контроллера.
- ✓ Контроллер посылает команду климатическому оборудованию для контроля влажности, поскольку климат в помещении может изменяться, процесс управления будет продолжаться.
- ✓ Продолжение процесса $k=k+1$.

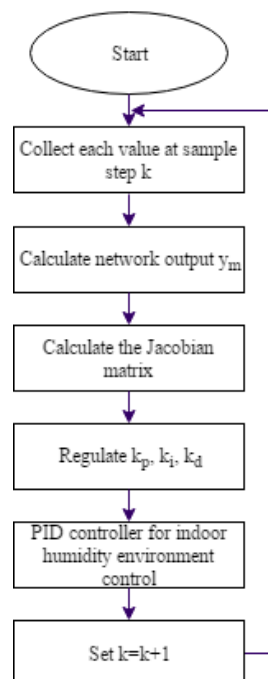
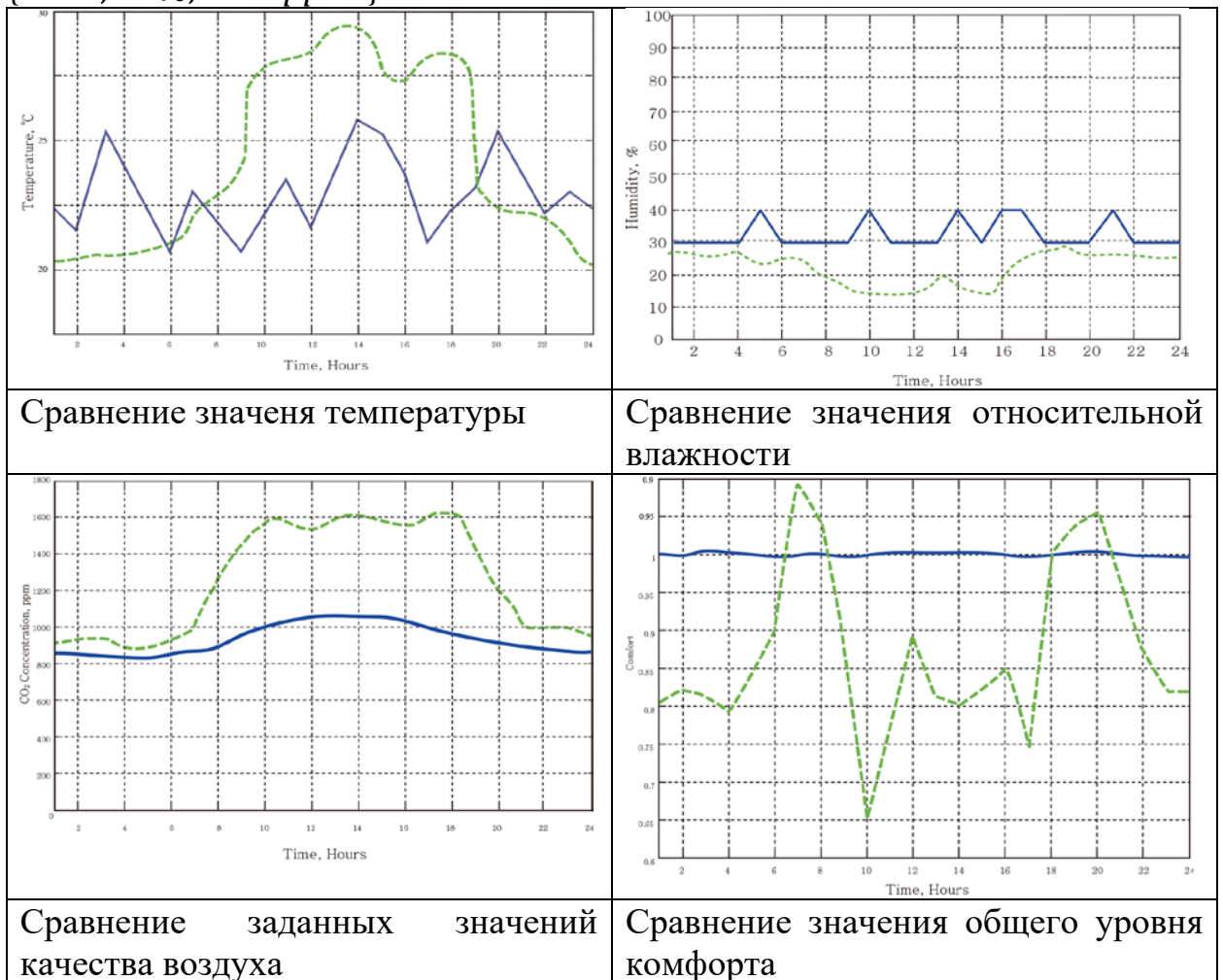


Рисунок 3.1 - Технологическая схема RBFNN-ПИД-регулятора

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве примера мы рассмотрим используемый режим. Проводя эксперименты с используемым режимом и измеряя требуемую мощность, мы можем предсказать способность микросети снабжать здание энергией. В моделировании, диапазоны комфорта жителей для различных задач управления задаются следующим образом: качество воздуха колеблется в диапазоне от 400 до 8800 ppm, диапазоны температуры и влажности взяты на основе международных стандартов и рекомендаций ISO/FDIS 7730.

Инструменты алгоритма оптимизации были использованы для алгоритмов NN. Начальные настройки для алгоритма NN были выбраны следующим образом: температура, относительная влажность и концентрация CO₂ (представляющие качество воздуха) описывают комфортность внутренней среды (Рисунок 4.1). Для минимальной скорости комфорта параметры были приняты в качестве вектора {19.5°C; 40%; 800ppm}, а для максимальной скорости комфорта параметры были приняты в качестве вектора {26°C; 60%; 1100ppm }.



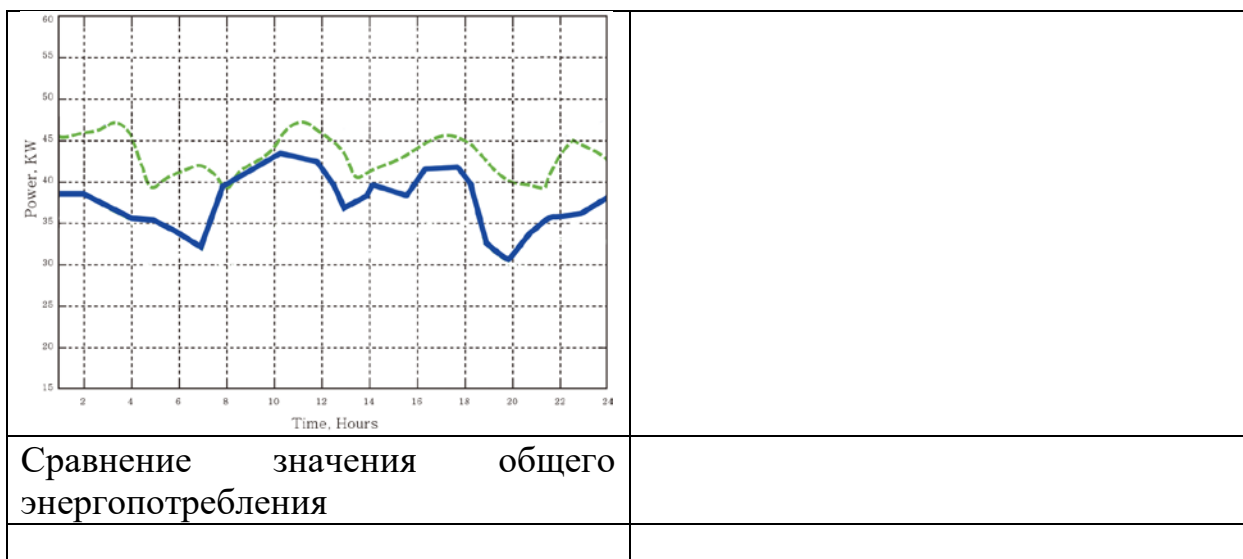


Рисунок 4.1 – Результаты эксперимента. Зеленая линия: традиционная система; Синяя линия: предлагаемая система

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная диссертационная работа была посвящена созданию комфортного микроклимата с использованием мультиагентных технологий для обеспечения комфортного микроклимата внутри здания. Рассмотрены модели и методы разработки интеллектуальной энергетики на основе мультиагентной технологии с использованием адаптированных нейронных сетей. Обзор литературы, проведенный в работе, показывает, что проблема актуальна, поскольку энергосбережение и энергоэффективность являются важными составляющими в теплоэнергетике. В связи с этим в диссертационной работе решены проблемы разработки новых подходов к оценке комфортности микроклимата для снижения энергопотребления при сохранении благоприятных условий для людей внутри жилых, общественных и административных зданий при одновременной экономии потребляемой электроэнергии.

Используемые в настоящее время методы оценки комфортности микроклимата не учитывают особых рисков, присущих непроизводственным помещениям, в результате чего это может привести к нарушению благоприятных условий для людей внутри. В связи с этим в предлагаемой работе были разработаны методы, учитывающие влияние энергосберегающих мероприятий на микроклимат, в результате чего это не окажет негативного влияния на людей. Одним из наиболее подходящих методов при разработке такой системы является мультиагентный подход с использованием адаптированных нейронных сетей, в которых моделируется большое количество взаимодействующих интеллектуальных агентов.

В ходе исследования был проведен качественный обзор существующих аналогов системы, среди которых были отобраны и проанализированы лучшие для обеспечения комфортного микроклимата в помещении. В статье

исследована математическая модель тепловых процессов, параметры микроклимата в помещении, влияющие на его изменение, и поддержание комфортного микроклимата внутри здания, в результате чего была смоделирована математическая модель тепловых процессов. Кроме того, было изучено, как управлять системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха с учетом температуры и влажности в помещении и на открытом воздухе, а также был рассмотрен вопрос о поддержании постоянной комфортной температуры и влажности.

Таким образом, эксперименты, проведенные в лабораторных условиях, анализ полученных данных и тестирование показали, что предложенная в данной работе многоагентная система контроля и управления электроэнергией, основанная на математических моделях и методах с использованием адаптированных нейронных сетей, является необходимым инструментом для создания комфортных условий для людей, находящихся в помещении, и внесет большой вклад в улучшение экономики страны в будущем.

В диссертации были получены следующие результаты:

1. Разработана математическая модель комфортного микроклимата модели Smart Grid с участием мультиагентных технологий;
 2. Предложена архитектура многоагентной системы мониторинга и управления электроэнергией;
 3. Нейросетевые модели были адаптированы для обеспечения комфортного микроклимата внутри здания;
 4. На основе разработанного математического моделирования было установлено, что уровень комфорта микроклимата зависит от стандартных энергосберегающих механизмов;
 5. Экспериментально получены данные о влиянии энергосберегающих механизмов на параметры воздухообмена и микроклимата внутри здания.
- Достоверность результатов исследования подтверждается математическими доказательствами и экспериментальными исследованиями. Экономическая эффективность результатов выполненных работ подтверждается сертификатом интеллектуальной собственности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Скопус Статьи

1. [Altayeva, A.](#), Uskenbayeva, R. (2019). Converged citizen service IOT platform reference model for smart cities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology 97(9), pp. 2540-2550; Scopus
2. Altayeva, A. & Omarov, B., (2018). Design of a multiagent-based smart microgrid system for building energy and comfort management. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 26(5); Scopus, Web of Science;
3. Raissa Uskenbayeva, Aigerim Altayeva, Faryda Gusmanova, Gluyssya Abdulkarimova, Saule Berkimbaeva, Kuralay Dalbekova, Azizah Suiman, Akzhunis Zhanseitova, Aliya Amreyeva (2021), Indoor Air Quality Control Using Backpropagated Neural Networks // Журнал: Computers, Materials & Continua
4. Altayeva, A., Omarov, B., Turganbayeva, A., Abdulkarimova, G., Gusmanova, F., Sarbasova, A., & Omarov, N. (2018, November). Agent Based Modeling of Smart Grids in Smart Cities. In International Conference on Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia (pp. 3-13). Springer, Cham; Scopus< Web of Science
5. Altayeva A., Baisholanova K., Tukenova L., Abduraimova B., Nurtas Marat, Baishemirov Z., Yessenbek S., Omarov B.S. (2021) Towards Smart Building: Exploring of Indoor Microclimate Comfort Level Thermal Processes, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) , 2021, 12608 LNCS, стр. 59–67.
6. Altayeva A., Bakhytzhан Omarov, Akhan Demeuov, Adilbay Tastanov, Zhakipbek Kassymbekov, Arman Koishybayev (2021). Fuzzy Controller for Indoor Air Quality Control: A Sport Complex Case Study, [International Conference on Advanced Informatics for Computing Research ICAICR 2020: Advanced Informatics for Computing Research](#), Communications in Computer and Information Science 2021, 1393 pp 53-61.
7. Алтаева А, Бакытжан Омаров, Ахан Демеуов, Адильбай Тастанов, Жакыпбек Касымбеков, Арман Койшыбаев; Fuzzy Controller for Indoor Air Quality Control: A Sport Complex Case Study//International Conference on Advanced Informatics for Computing Research ICAICR 2020: Advanced Informatics for Computing Research, Communications in Computer and Information Science 2021, 1393 pp 53-61.

2. ККСОН статьи

8. Altayeva, A., Uskenbayeva, R. (2019), Agent Based Intelligent Decision Making System For Energy Consumption, Conference of GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA, Astana; IITU;
9. [Altayeva, A.](#), [Uskenbayeva, R.](#) (2018), Агенттік Технологиялар Негізінде Тұрғын Үй Ғимараттарындағы Микроклиматты Басқару, Internet Conference

- "Challenges Of Science, Kazakh National Technical University (Satpayev University),
Almaty;
10. Altayeva, A., Uskenbayeva, R. (2019), Intelligent Microclimate Control In Smart Building, Вестник Satpayev University, № 1 (131), Almaty;
11. Р.К. Ускенбаева, А.Б. Алтаева, Б.С. Омаров (2019), Энергияға Арналған Айқын Емес Логикаға Негізделген Контроллерді Жобалау, Вестник Satpayev University, № 1 (131), Almaty;
12. Altayeva, A., Uskenbayeva, R. (2019), Fuzzy Logic Based Controller for Maintaining Comfort Temperature with Minimizing Energy, Вестник ВКГТУ, Оскемен;
13. Altayeva, A., Uskenbayeva, R., Mathematical Model of Multi-Zoned Power and Comfort Management in Residential Buildings, Вестник ПГУ (2019), Павлодар;
14. Altayeva A., Uskenbayeva, R., Azizah Suliman, (2020) Microclimate control techniques based intelligent agents. Вестник Satpayev University, Almaty;
15. С.С. (Авторское свидетельство) 19821 «Models and Methods on Developing Smart Energy Based on MultiAgent Technologies Altayeva A.B., Kuandykov A.B.; published. 20.08.2021. – 2 с.