

АСУ «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»

Аннотация. В статье рассматривается разработка проекта системы автоматизации управления микроклиматом теплицы с применением методов прогнозирования.

Ключевые слова: теплица, автоматизация, нейронная сеть, прогнозирование, климат, статистика.

Использование автоматизированных систем управления микроклиматом теплицы - это не роскошь, а необходимость. Ручное управление системами в теплицах для обеспечения требуемого микроклимата остаётся в прошлом. Большое количество оборудования, требования к качеству процессов управления, учёт многих внутренних и внешних параметров, желание снизить роль человеческого фактора делают объективной необходимостью использовать в теплицах подобные системы. На сегодняшний день существует множество различных систем автоматизации климата в теплицах, но при высокой стоимости в них используются простые алгоритмы управления и принятия решений.

Данный проект направлен на создание аппаратно-программного комплекса, базирующегося на современных технологиях и алгоритмах, недорогом и доступном оборудовании. Основные отличия от уже существующих систем - это накопление статистических данных, использование методов прогнозирования и обработки результатов эксперимента, низкая стоимость и доступность оборудования, гибкость и расширяемость системы, удаленное управление и мониторинг, удобство использования.

Входными переменными системы управления климатом являются: внешние - температура воздуха, влажность воздуха, внутренние - температура воздуха, влажность воздуха, влажность почвы, температура почвы, уровень

освещенности, уровень углекислого газа, которые автоматически поступают с соответствующих датчиков. Выходные переменные системы: сигналы об управлении внешним оборудованием (подогрев почвы, вентиляция, подогрев воздуха, капельный полив и т.д.).

После поступления в систему показаний от датчиков запускается процесс принятия решения. Он включает в себя подготовку данных, выборку предыдущих данных для построения зависимостей от времени и построение математической модели климата, прогнозирование изменения климата с использованием нейронной сети радиально-базисного типа, поиск предыдущих схожих состояний системы, сравнение, выбор наилучшей стратегии поведения, принятие решения, расчет мощностей внешнего оборудования.

Расчет мощностей оборудования, производимый на начальных этапах работы системы, нужен для оптимального принятия решения на следующих этапах, а также для экономии ресурсов (например расход воды при капельном поливе) и электроэнергии для работы оборудования. На рисунке 1 приведена схема системы принятия решений.

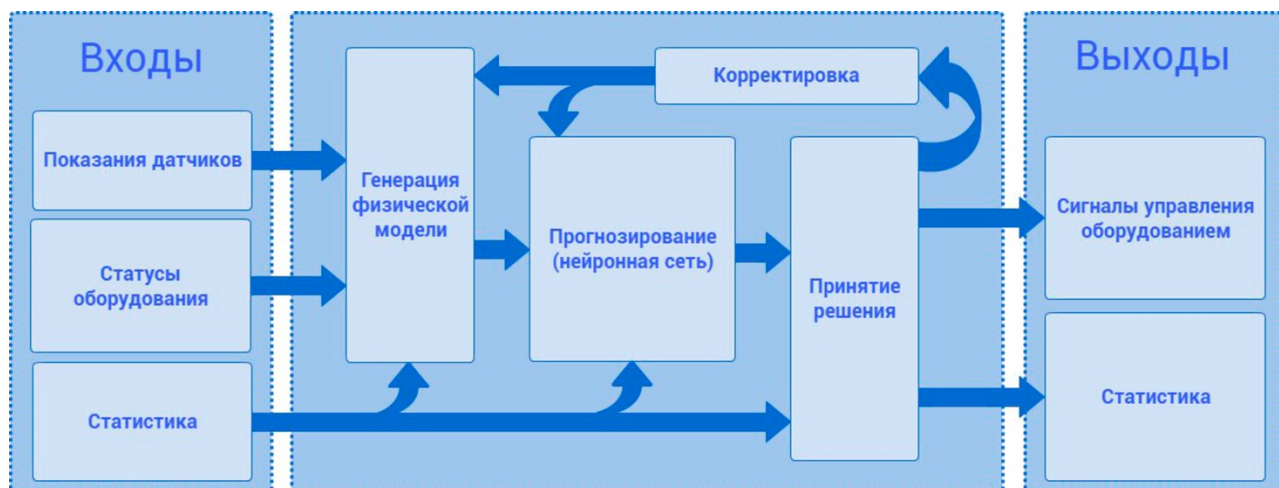


Рис. 1. Схема работы системы принятия решений.

Аппаратная часть состоит из релейного блока управления оборудованием, набора беспроводных модулей-датчиков и модуля передатчика - связующего звена между блоком управления оборудованием и датчиками.

Блок управления оборудованием - одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi. Raspberry Pi оснащен встроенными интерфейсами передачи данных Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet. При наличии у блока доступа к сети Интернет, возможны удалённое управление и мониторинг. Для случаев использования системы в районах, в которые не проведен интернет и нет Wi-Fi, блок управления оборудованием может быть оснащен модулем GSM для передачи данных по мобильной сети с установленной sim-картой одного из мобильных операторов. Данная система является системой «мягкого» реального времени, и большая часть всех вычислений заключается в обработке временных рядов. Особенность микрокомпьютера Raspberry Pi - отсутствие часов, поэтому устройство также дополнено модулем часов реального времени.

Беспроводные модули с датчиками работают по протоколу Bluetooth. Данные с установленных в теплице датчиков собираются на передатчике и отправляются на блок управления оборудованием. К устройству можно подключить до семи наборов беспроводных модулей, по одному на теплицу.

Состав модулей:

37. Внешний - температура и влажность на улице.

38. Внутренний для надпочвенного пространства - температура, влажность, уровень CO₂, уровень освещенности.

39. Внутренний для почвы - температура, влажность, возможно также уровень каких либо хим. элементов и удобрений.

В качестве датчика температуры и влажности воздуха используется модуль DHT22. Точность показаний для влажности: 0% - 100%, точность показаний для температуры: -40С +125С - таких границ показаний вполне хватит для работы в суровых зимних условиях. Для измерения уровня углекислого газа используется MH-Z19 - инфракрасный датчик, границы

показаний 0-5000 ppm. Границы показаний датчика влажности почвы: 0-100%. Управляются модули микроконтроллерами Arduino Nano, передача данных осуществляется с помощью Bluetooth-передатчика HM-10 с расстоянием передачи сигнала до 100 метров. Bluetooth модуль поддерживает технологию низкого энергопотребления BLE и может питаться до двух лет от одной батарейки-таблетки. За счет использования беспроводного протокола Bluetooth v4.1 расстояние между теплицами может достигать 100м, а главное устройство и вовсе может находиться в жилом помещении, подключенном к сети интернет.

Программное обеспечение системы: ПО блока управления оборудованием, контроллеров, серверной части, баз данных, клиентская часть.

ПО блока управления оборудованием обеспечивает сбор показаний, их обработку, построение физической модели, прогноз, принятие решения, управление оборудованием, общение с сервером. Язык программирования для этого слоя системы - Python, так как он наиболее подходит для обработки больших массивов данных. Радиально-базисная нейронная сеть - Python и библиотека TensorFlow, предназначенная для построения нейронных сетей. При наличии у блока управления оборудованием доступа к сети Интернет, программное обеспечение на нем обновляется в автоматическом режиме - устройство не нужно "прошивать". Исходный код главной программы шифруется, так что при попытке копирования образа системы главная программа работать не будет и её исходный код будет недоступен. В случае возникновения тревожных ситуаций (например, резкое повышение температуры) - отправка СМС или email с информацией по доступному интерфейсу(Интернет, GPRS). С сервером устройство связывается по технологии Веб-сокетов. Это надстройка над протоколом TCP, обеспечивающая полнодуплексную связь - что очень хорошо подходит для системы реального времени. Трафик шифруется по алгоритму RSA.

В зависимости от выращиваемой культуры устройство работает в определенном режиме, который описывается в файле настроек. В нём содержатся минимальные и максимальные параметры климата, которые

должны поддерживаться в теплице, стадии роста культуры (для каждой стадии - свой алгоритм работы, параметры, суточные нормы и т.д.). Файл с настройками может быть стандартным или пользовательским. Например, если дачник занимается селекционированием и создал файл со своими настройками и поведением, то можно запустить такую же конфигурацию на другой теплице или поделиться настройками с кем-либо.

Серверная часть - это распределенная система, состоящая из серверных приложений и баз данных.

Серверные приложения написаны на языке Erlang и являются узлами распределенной системы. При увеличении нагрузки на сервер несложными операциями можно развернуть дополнительные узлы, которые снизят общую загруженность. При отказе одного или нескольких узлов нагрузка перейдет на оставшиеся узлы - система продолжит работать. Приложения базируются на модели акторов (actors) - внутренние процессы приложения обмениваются сообщениями. Так, например, если пользователь в реальном времени следит за показаниями в теплице, ему не нужно дожидаться пока новые показания, пришедшие с устройства, запишутся в БД и снова прочтутся. Процесс получения новых показаний отправит сообщения с данными процессу записи в базу и пользовательскому процессу. Приложения обеспечивают следующие функции: принятие данных с устройств и отправка данных на них (удаленное управление), веб-интерфейс для мониторинга и управления, API для разработчика, если пользователь решил разработать дополнительный функционал для реагирования на события, происходящие в теплице.

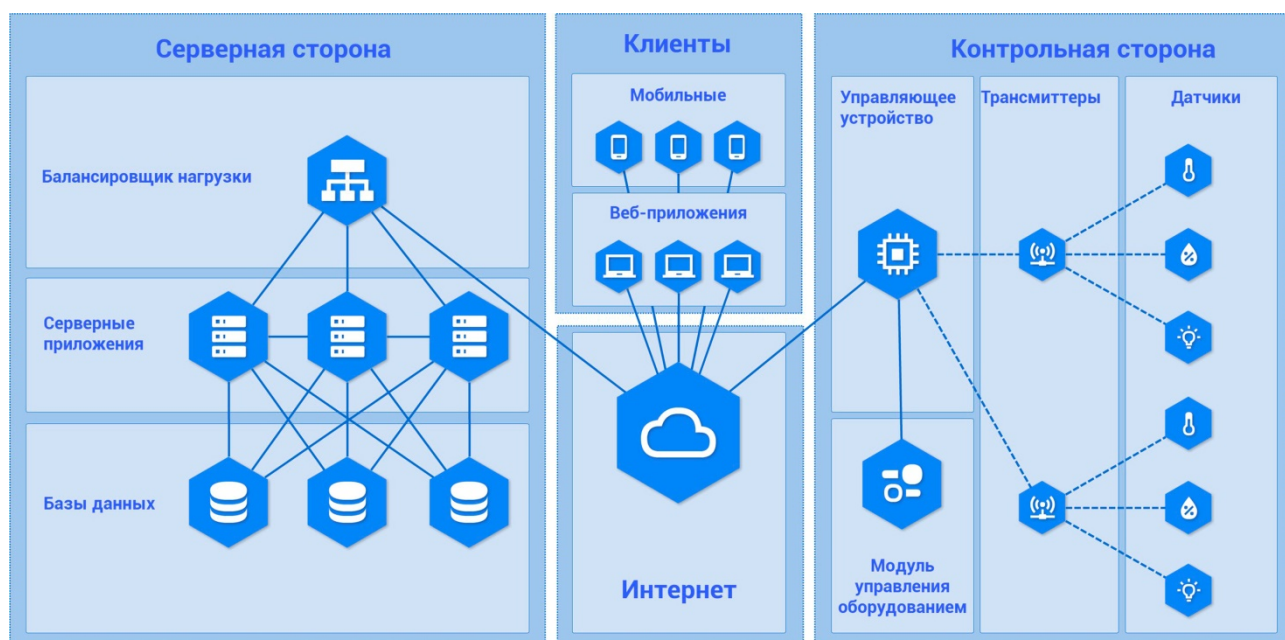


Рис. 2. Общая архитектура системы.

Базы данных - документно-ориентированные NoSQL БД, написанные на языке Erlang. Riak KV (Key-Value) - БД для хранения основных данных, таких как учетные записи пользователя, распределение прав пользователей, идентификаторы устройств, режимы выращивания для различных культур и т.д. Riak TS (Time Series) - для хранения показаний, специализированная БД для хранения временных рядов. Базы данных также являются распределенными, на которых можно развернуть дополнительные узлы и объединить узлы в кластер. Хранимая статистика обрабатывается, анализируется, и используется в дальнейшем для доработки и оптимизации алгоритмов управления и обучения нейронной сети.

Клиентская часть - это веб-приложение на JavaScript. Подключение к серверу осуществляется также за счет веб-сокетов с шифрованием трафика. Веб-приложение предоставляет быстрый доступ к информации о текущем состоянии климата в теплице и во внешней среде, принудительное включение-выключение оборудования, создание файлов настроек - сценариев управления, доступ к архивным записям показаний.

ПО для контроллеров - это Си-подобный язык с использованием AT-команд для управления Bluetooth передатчиком.

Данный проект - это система реального времени, с распределенной серверной частью, безопасной передачей данных, автономным принятием решений, использующая методы прогнозирования, обработки временных рядов, построения физической модели микроклимата. Система позволяет создавать пользовательские сценарии автоматизации, учитывает стадии роста, обеспечивает плавное изменение климата при переходе на следующую стадию. Архитектура системы гибкая - обновление софта на главном устройстве без перепрошивки в отличие от контроллеров, беспроводная передача данных с датчиков. При разработке нового модуля и наличии установленного обновления на главном устройстве его можно легко присоединить к остальной системе просто включив его, без лишних настроек. Система использует многокритериальный подход при принятии решения и выбирает наилучшую стратегию поведения, основываясь на текущем состоянии климата, состоянии и мощности оборудования, и учитывая предыдущие показания и результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешко М. С. Раскрытая математическая модель микроклимата грибной теплицы // Молодой ученый. — 2011. — №9. — С. 42-48.
2. Семенов, В.Г. Математическая модель микроклимата теплицы. / В.Г. Семенов, Е.Г. Крушель // Известия ВолгГТУ. – 2009. -№6. – с.32-35.
3. Галушкин А.И., Нейронные сети: основы теории // Издательство «Горячая линия – Телеком», М. 2010 г. – 496с.