Содержание

[Введение 2](#_Toc9897420)

[Анализ предметной области 3](#_Toc9897421)

[Постановка задачи 4](#_Toc9897422)

[Цель 4](#_Toc9897423)

[Априорные модельные представления 4](#_Toc9897424)

[1. Интеллектуальное управление в робототехнике и биосистемах 5](#_Toc9897425)

[1.1 Биотехнические системы управления 5](#_Toc9897426)

[1.2 Автоматические системы управления 6](#_Toc9897427)

[1.3 Системы управления с обратной связью 6](#_Toc9897428)

[2. Интеллектуальные системы управления (нейронные сети не четкая логика генетические алгоритмы) 12](#_Toc9897429)

[2.1 Не четкая логика 8](#_Toc9897430)

[2.2 Генетический алгоритм 9](#_Toc9897431)

[3 Структура программно-алгоритмического стенда 20](#_Toc9897432)

[3.1 Оборудование (какие устройства использую, изображения их характеристики 20](#_Toc9897433)

[3.1.2 Датчики 20](#_Toc9897434)

[3.1.2 Свет 23](#_Toc9897435)

[3.2 (тут описание стенда, и какие лабораторные практики мне на нем делать) 23](#_Toc9897436)

[3. Заключение 24](#_Toc9897437)

[4. Список литературы 24](#_Toc9897438)

[5. Приложение 1 24](#_Toc9897439)

Тема: Разработка структуры Программно-аппаратная поддержка интеллектуального управления в биосистемах и робототехнике.

Первоисточники про рыбку с аквариумом пункт 1 вставить

Про цветочек, который ездит под свет

# Введение

(Текст из нира от Решетникова раскидать по диплому, вставить в введение. Добавить в список литературы) нарезки из статей актуальность темы

Разработка программного базиса реализация

# Анализ предметной области

В соответствие с общероссийским классификатором видов экономической деятельности тепличный комплекс занимается производством продукции растениеводства.

Производством продукции растениеводства занимается персонал тепличного комплекса, а руководство осуществляет генеральный директор. В штат комплекса входят: агроном, завхоз и лаборант. Так как тепличный комплекс только начал свою работу, штат персонала будет расширяться.

Агроном разрабатывает план на сезон, определяет высаживаемые культуры, разрабатывает правила полива, удобрения и ухода за растениями, проводит анализ почвы и культур для проведения внеплановых работ.

Завхоз определяет необходимые затраты в соответствии с сезонным планом, закупает необходимые удобрения и средства для орошения, выдает необходимые удобрения лаборанту.

Лаборант исполняет необходимые процедуры согласно сезонному плану и внеплановые работы, определенные агрономом.

Выбранная тема считается актуальной на сегодняшний день, ведь сельское хозяйство крупная отрасль [российской экономики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8). Доля сельского хозяйства в валовой [добавленной стоимости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) в России — около 4,5 % (2016 г.). Доля занятых в сельском хозяйстве — около 9 % (2015 г.).

Объём сельскохозяйственного производства в России в 2017 году составил 5,7 трлн рублей. Ведущей отраслью является [растениеводство](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE), на которое приходится 54 % объёма сельхозпроизводства, доля [животноводства](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) — 46 %. Структура сельхозпроизводства по типам хозяйств: сельскохозяйственные организации — 53 %, хозяйства населения — 35 %, фермеры — 13 %.

Автоматизация тепличных комплексов приведет к снижению затрат на производство и повысит объем и качество производимой продукции, что является главным аргументом в споре о необходимости подключения информационных систем и автоматизации.

# Постановка задачи

## Цель

Целью работы является проектирование информационной системы, для автоматизации удобрения, орошения и формирования отчетности, ведение базы данных, определение внеплановых работ для повышения продуктивности производства.

## Априорные модельные представления

Предполагаемая система будет обеспечивать предоставление информации всем сотрудникам комплекса о необходимых работах, проделанных работах и затраченных ресурсах. Проектируемая система должна выполнять следующие функции каждого пользователя:

Функции агронома:

1. авторизация;
2. определения выращиваемых культур;

3) составление плана;

4) составление правил орошения и удобрения;

5) просмотр показателей датчиков;

6) просмотр автоматически-определенных процедур;

7) редактирование автоматически-определенных заданий;

8) просмотр имеющихся удобрений;

9) просмотр отчетов по выполненным процедурам.

Функции завхоза:

1. авторизация;

2) определение затрат на сезон;

3) просмотр имеющихся удобрений;

4) назначение удобрений лаборанту;

5) просмотр отчетов по выполненным процедурам;

Функции лаборанта:

1. просмотр заданий;
2. просмотр показателей датчиков;
3. просмотр правил;
4. формирование отчета по выполненным процедурам;
5. просмотр отчетов по выполненным процедурам;

# Интеллектуальное управление в робототехнике и биосистемах

## Биотехнические системы управления

Биотехнические системы управления. Это категория, в которой манипулятор робота в точности копирует движение руки оператора. Это довольно удобно, так как человек-оператор может находиться на достаточно большом расстоянии от зоны выполнения работ, где ему может угрожать как опасность самых низких уровней (обольёт водой), так и средних (попадет в глаза раствором), так и высокой, и смертельной (из-за аварии упадет какой-либо тяжелый агрегат). Также удобным фактором является то, что задачи можно выполнять с масштабированием (например, сантиметровое смещение руки оператора равно 5 см смещения манипулятора).

Командные - это подкатегория СУ, в которой управление реализуется при помощи рычагов и кнопок, каждая из которых отвечает за своё звено, или какую-либо функцию. Плюсы здесь являются обратной стороной минусов — с одной стороны можно очень точно выставить каждое звено в необходимое оператору положение, а с другой - сделать это занимает много сил, времени и усердия.

Копирующие - это подкатегория СУ, которые повторяют движения человека. Наиболее распространенным видом являются экзоскелеты, которые одеваются на всё тело, на несколько частей тела или на отдельную конечность. Обладают некоторой портативностью (хоть и далекой от идеала), что позволяет использовать их даже в повседневной жизни. Другой вид - это СУ, где движение передается задающим органом (например, рычагом) На данный момент, один из копирующих манипуляторов умеет поднимать до 3 тонн груза. Пример: экзоскелет *XOS* от компании *Sarcos*. Он увеличивает силу человека и позволяет с минимальной затратой сил переносить тяжелые физические нагрузки. *XOS* обладает продвинутой системой связи человека с механической частью, благодаря чему движения пилота и машины практически синхронны. Датчики мускульной активности со всех частей тела передают информацию на бортовой компьютер (находится на спине экзоскелета), который координирует все действия экзоскелета. В результате этого человек практически не испытывает усталости при физических нагрузках. Минус данной конструкции - огромное энергопотребление и ограниченность движений пилота.

Полуавтоматические - это подкатегория СУ, которая, по сути, является глубокой модернизацией предыдущих двух подкатегорий в том плане, что на систему устанавливается микро-ЭВМ, которая занимается вычислением движений робота, что позволяет с помощью одного рычага управлять всей кинематикой робота.

## Автоматические системы управления

Автоматические системы управления. Это те СУ, которые способны работать без участия человека вовсе. Им достаточно заранее заложить схему поведения («делать что-то пока не …», «если …, то …, иначе ...»), задать последовательность, задать координаты и т.п. Такие роботы очень удобны в тех случаях, когда работа постоянная, цикличная и не меняется в процессе её выполнения. А также не нужно тратить деньги на оператора, да и скорости автоматические СУ достигают более высокой, чем прочие (где участвует человек). Не менее важно то, что при работе таких роботов повышается безопасность, так как участие человека в техническом процессе либо минимально, либо отсутствует вовсе.

Программные - это подкатегория СУ, в которой роботы имеют заранее заданную последовательность действий - программу. Позволяют с высокой скоростью, надежностью и эффективностью выполнять повторяющиеся действия. Главный плюс - легко перепрограммируются, что повышает их адаптивность.

Адаптивные - это подкатегория СУ, которая является модифицированной версией программных. Главное отличие - это наличие адаптивного обеспечения: камер, ультразвуковых датчиков расстояния, датчиков касания, системы распознавания цвета/размера/образа и т.п. Всё это позволяет роботу самостоятельно корректировать свои действия и подстраиваться под изменения внешних условий.

Интеллектуальные - это подкатегория СУ, являющаяся еще более глубокой модернизацией предыдущих двух подкатегорий. Наиважнейшим отличием является возможность обратного общения с человеком, планирование и перепланирование поведения, навигация, самообучение и общение, взаимодействие с другими роботами и оборудованием, инструментами.

## Системы управления с обратной связью

Управление с обратной связью – это процесс в системе, где управляемая переменная (регулируемая переменная) постоянно контролируется и сравнивается с заданным значением (опорная переменная). В зависимости от результата такого сравнения входная переменная системы изменяется так, чтобы произошла регулировка выходной переменной до заданного значения независимо от всех отклонений. В результате такой реакции системы возникает замкнутый поток действий

В механизмах или системах часто необходимо установить предварительно заданные значения таких переменных, как давление, температура или расход. Боле того, такие установленные значения не должны изменяться даже в случае возникновения каких-либо возмущений. Выполнение данных функций обеспечивается управлением с обратной связью.

Управление с обратной связью позволяет устранять любые вопросы, связанные с данной задачей.

Чтобы переменной можно было управлять, и чтобы она была доступна регулятору с обратной связью в виде электрического сигнала, сначала ее необходимо измерить и соответствующим образом преобразовать.

Эту переменную необходимо сравнить с заданным значением или шаблоном значений в регуляторе. После чего по результатам этого сравнения следует определить требуемую реакцию в системе.

И наконец, в системе следует найти соответствующую точку, посредством которой можно регулировать данную переменную (например, привод нагревателя). Чтобы иметь такую возможность, важно обладать данными о поведении системы.

Технология управления с обратной связью предполагает попытку установления общеприменимых взаимосвязей, которые повсеместно возникают при применении различных технологий.

**Отрицательная ОС** изменяет входной сигнал таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала. Это делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров. Пример: усилитель звуковых частот (прибор для усиления электрических колебаний, соответствующих слышимому человеком звуковому диапазону частот).

**Положительная ОС**, наоборот, усиливает изменение выходного сигнала. Положительная обратная связь ускоряет реакцию системы на изменение входного сигнала, поэтому её используют в определённых ситуациях, когда требуется быстрая реакция в ответ на изменение внешних параметров. В то же время ПОС приводит к неустойчивости и возникновению качественно новых (автоколебательных) систем, называемых генераторы (производители). Пример: Автогенератор вырабатывает электрические (электромагнитные) колебания, поддерживающиеся подачей по цепи положительной обратной связи части переменного напряжения с выхода автогенератора на его вход. Это будет обеспечено тогда, когда нарастание колебательной энергии будет превосходить потери). При этом амплитуда начальных колебаний будет нарастать.

Отрицательная обратная связь широко используется в замкнутых автоматических системах с целью повышения устойчивости (стабилизации), улучшения переходных процессов, понижения чувствительности и т.п. (под чувствительностью понимается отношение бесконечно малого изменения выходного воздействия к вызвавшему его бесконечно малому входному воздействию). Положительная обратная связь усиливает выходное воздействие звена (или системы), приводит к повышению чувствительности и, как правило, к понижению устойчивости (часто к незатухающим и расходящимся колебаниям), ухудшению переходных процессов и динамических свойств и т.п.

## Не четкая логика

Основы нечёткой логики были заложены в конце 60-х годов 20 века в работах известного американского математика Латфи Заде [10]. Исследования такого рода было вызваны возрастающим недовольством экспертными системами. "искусственный интеллект", который легко справлялся с задачами управления сложными техническими комплексами, был беспомощным в простейших непредвиденных ситуациях. Ситуация отражается в высказываниях из повседневной жизни, типа: "Если в машине перед тобой сидит неопытный водитель - держись от нее подальше". Для создания действительно интеллектуальных систем, способных адекватно взаимодействовать с человеком, был необходим новый математический аппарат, который переводит неоднозначные жизненные утверждения в язык четких и формальных математических формул. Первым серьезным шагом в этом направлении стала теория нечетких множеств, разработанная Заде. Его работа "Fuzzy Sets", опубликованная в 1965 году в журнале "Information and Control", заложила основы моделирования интеллектуальной деятельности человека и стала начальным толчком к развитию новой математической теории интеллектуальных систем управления (ИСУ).

Нечёткие системы возникли благодаря желанию описывать стратегии управления на качественном лингвистическом уровне.

Построение терм множеств лингвистических переменных является важным этапом формирования баз знаний (БЗ) нечётких систем, и, в особенности, нечётких регуляторов (НР). Структура терм множества лингвистической переменной характеризуется числом и типом функции принадлежности, характеризующих элементы терм – множества данной переменной рис 3.1.

В практике создание БЗ нечётких систем, построение терм – множеств осуществляется экспертом на основании личного опыта. Либо БЗ интерактивно подбирается, до достижения ее оптимальной структуры. Выбор структуры лингвистических переменных косвенно влияет на объем и адекватность получаемой базы продукционных правил.

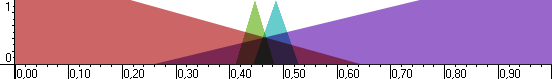


Рисунок 3.1. Лингвистическая переменная

Коротко перечислим преимущества fuzzy-систем по сравнению с другими:

1. Возможность оперировать нечёткими входными данными: например, непрерывно изменяющиеся во времени значения (динамические задачи), значения, которые невозможно задать однозначно (результаты статистических опросов, рекламные компании и т.д.);

2. Возможность нечёткой формализации критериев оценки и сравнения: оперирование критериями "большинство", "возможно", "преимущественно" и т.д.;

3. Возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выходных результатов: возможность оперировать не только значениями данных, но и их степенью достоверности и ее распределением.

На рис. 3.2 представлена типичная система управления с нечётким контроллером. На вход контроллеру поступают ошибка управления, ее интеграл и изменения. Выход контроллера - это ПИД – коэффициенты управления системой.

Рисунок 3.2. Структура САУ с нечётким регулятором

## Генетический алгоритм

Существовало несколько подходов к моделированию естественного эволюционного отбора. Одни из первых соображений высказывались А. Тюренгом еще в 40 годах 20 века, когда он определил три основных подхода, в рамках которых возможно использование методов поиска для автоматического создания "Разумной" компьютерной программы. Первый подход состоит в применении поиска в пространстве чисел, представляющих компьютерные программы кандидаты. Этот подход отражает предложенные Тюрингом идеи в области логического обоснования вычислительных алгоритмов. Второй подход Тюринг описал как "культурный" поиск, который опирается на знание экспертных систем. Третий подход Тюринг определил, как «Генетический или эволюционный поиск», при котором отыскивается комбинация генов, а критерием является «Значение выживания» [7].

В нашем случае интересен последний подход. Суть этого метода, названного "генетический алгоритм" (ГА), состоит в следующем. Пусть требуется найти экстремум некоторой неизвестной функции, определенной в пространстве нескольких переменных (параметров). Эта функция называется "фитнес - функцией" или "функцией приспособленности индивидов". Вычислим значения искомой функции для некоторого множества случайно выбранных вариантов пробных значений параметров. Это множество ГА есть "население" или "популяция индивидов", а каждый элемент — это множества есть "индивид". Каждое конкретное значение отдельного параметра у всякого индивида, представленное в некоторой системе кодировки, есть ген. Отберем несколько вариантов, давших наибольшее значение функции пригодности, и разобьем их произвольно на пары. Из каждой пары образуем новую пару вариантов путем обмена значениями некоторых параметров и таким образом получаем новую пару. Эта операция называется скрещивание, алгоритм этой операции представлен на рисунке 2.1. Затем случайным образом немного изменяем значения некоторых параметров в новой паре. Эта операция называется мутация (Рис. 2.1). Множество все новых индивидов - есть новая популяция, т.е. новое множество наборов пробных значений параметров - индивидов. Рассчитываем для них значения функции пригодности и повторяем скрещивание и мутацию до тех пор, пока не приблизимся с заданной точностью к искомому экстремуму функции. Правило остановки здесь четко не определенно, однако в теории ГА показано, что метод позволяет с заданной точностью приблизиться к экстремуму функции. Такой алгоритм дает возможность отыскивать экстремум даже изменяющейся со временем исследуемой функции.

ГА, относящиеся к поисковым эвристическим методам одно- и многокритериальной оптимизации, применимы для более широкого класса целевых функций, чем большинство стандартных методов, в частности, метод градиентного спуска. Большинство традиционных методов оптимизации оперируют с одним аргументом целевой функции, вычисляя новое значение аргумента на основании предыдущего его значения. ГА, напротив, оперирует с некоторым множеством аргументов и не использует свойства целевой функции.

Возможно огромное разнообразие ГА, но в целом математическое описание генетического алгоритма должно иметь следующую форму:

, где

 - система кодирования (Coding system);

 - функция пригодности (Fitness function);

 - начальная популяция (Initial population);

 - размер начальной популяции (Population size);

 - операция селекции (Selection operation);

 - операция скрещивания (Crossover operation), - вероятность скрещивания (Probability of crossover);

 - операция мутации (Mutation operation), - вероятность мутации (Probability of mutation);

 - условие остановки (Termination condition).

На рисунке 2.1 представлена схематичная структура генетического алгоритма.



Рисунок 2.1. Структура генетического алгоритма

Рассмотрим подробнее основные этапы работы ГА.

На рисунке 2.2 представлена блок-схема алгоритма, реализующего функцию оценки пригодности.

Рисунок 2.2. Блок-схема алгоритма функции пригодности*. I* – счетчик популяции.

После выполнения процедуры оценки, для каждого хранящегося решения имеется соответствующее значение функции пригодности.

Работа модели переходит во вторую стадию формирования массива новых решений. На этом этапе, генетический алгоритм случайным образом выбирает новое решение и добавляет в массив для скрещивания (рисунок 2.4), повторяя процедуру несколько раз, пропорционально пригодности данного решения. Такой метод перебора называется «Метод Монте - Карло». Схематично он представлен на рисунке 2.3.

Рис. 2.3. Блок-схема «Метода Монте – Карло».

Возможны и другие методы отбора, скрещивания, мутации и оценки пригодности, описанные в [26, 27]

Рисунок 2.4. Блок-схема алгоритма скрещивания

Рисунок 2.41. Блок-схема алгоритма мутации. Здесь Рmu – вероятность мутации, PS-размер популяции, CHR – хромосома

# Электрические сигналы у высших растений

Так программно алгоритмический стенд дает возможность создавать нейронные сети которые позволят людям с протезами быстрее адоптироваться к их нейроимпульсам. Для начала работы нужно понимать как снимать нужные нам сигналы с живого существа. В программно аппаратным стенде живых существ будет представлять растение.

Чем отличаются растения от животных? На этот вопрос биолог даст развернутый ответ, приведя ряд особенностей, свойственных только растениям, к примеру фотосинтез, Простой человек не приближенный к биологии отметит лишь одну наиболее яркую особенность – животные обладают чувствительностью и активно реагируют на внешние воздействия. Растения, как правило, ведут неподвижный или малоподвижный образ жизни и внешне не проявляют быстрых реакций на действие раздражителей. На самом деле это не так. Растениям, свойственна элементарная чувствительность, в осуществлении которой важную роль играет электрический тип сигнализации. По общим признакам он очень напоминает электрические процессы в нерве во время распространения нервного импульса.

Одним из первых мысль о том, что растения обладают раздражимостью, то есть способны быстро реагировать на внешние воздействия и передавать сигнал об этом воздействии от одного органа к другому, высказал Ч. Дарвин (1875) [1]. Его внимание привлекли насекомоядные растения, например мухоловка, которые могут с помощью специальных приспособлений захватывать мелких насекомых и использовать их в пищу. Ловчие органы этих растений очень быстро механически реагируют на прикосновение насекомого. В этом Ч. Дарвин увидел большое сходство с поведением животных. Однако он не знал, что является основой такой высокой чувствительности. В 1887 году Бердон-Сандерсон показал, что быстрое движение мухоловки сопровождается распространением в ее лопастях электрических импульсов, которые очень напоминают потенциалы действия в нерве. В начале XX века решающее значение в изучении процессов раздражимости и возбудимости у растений имели работы индийского ученого Джагдиш Чандра. Боса [2]. Д. Бос проводил опыты на мимозе, которая, так же как и насекомоядные растения, проявляет способность к быстрым движениям в ответ на механическое раздражение. Используя весьма чувствительную экспериментальную технику, Д. Бос установил, что раздражение листа мимозы вызывает возникновение в черешке электрических импульсов, которые, распространяясь до листовых подушечек, приводят к их сокращению и опадению листа. Электрические импульсы в черешке мимозы оказались очень похожими на те, которые возникают в ответ на раздражение у животных. Проводя многочисленные эксперименты с мимозой, Д. Бос все больше убеждался в сходстве восприятия и передачи раздражения у животных и растений. Этому сходству Д. Бос придавал большое значение, справедливо видя в нем убедительное подтверждение мысли о том, что растения и животные при всем кажущемся различии в их образе жизни, не отличаются принципиально своими реакциями на внешние воздействия. Для утверждения этой идеи было важно выяснить, является ли свойство раздражимости присущим только небольшой «экзотической» группе растений с быстрыми двигательными реакциями, или оно характерно для всех высших растений. Уже в опытах Д. Боса были получены данные, показывающие, что весьма быстрые электрические ответные реакции на внешние раздражители можно наблюдать и у некоторых высших растений. Если взять высшее растение, к примеру, тыкву и поднести к кончику листа горящую спичку и чуть-чуть подпалить его. Нам известно то, что растения внешним видом не отреагирует на это воздействие. Но если до этого подвести к стеблю растения два электрода и соединим их с устройством считывания электрических сигналов, то, будет видно, что спустя короткий промежуток времени после рaздражения устройство зарегистрирует электро-сигнал, распространяющийся от листьев к корню, который и является сигналом о внешнем воздействии. Похожий электрический сигнал, но проходящий от корня к листьям, можно получить, подействовав на корни. Возникает такой сигнал и при воздействие раздражителей на другие участки растений.

Набор раздражителей, на которые растение откликается, возникновением электро-сигнала, очень большой. К примеру, изменение показателей температурного режима, механические воздействия, облучения части растений светом разного спектрального состава. При этом неправильно предполагать, что растения меньше способны реагировать на внешние раздражения, нежели животные. Существуют случаи, когда клетки растений отвечают созданием электро-сигналов на такие раздражители, которые кажутся не существенными. Например, отрезок волоса весом всего в 0,0001 мг при соприкосновении с щупальцем росянки, вызывает ответную реакцию и заметное движение щупальца. В наших опытах понижение температуры от 23С вызывало создание распространяющихся электро-сигналов в стебле тыквы [4]. Так, в обычной обстановке появление электрических импульсов у растения должно быть связано с действиями не только сильных, раздражающих факторов, но и слабых изменениях в окружающей среде, которые наблюдаються в естественных условиях.

Удалось выявить по крайней мере три типа электрических сигналов, возникающих у растений в ответ на внешние воздействия. Первый тип – это потенциалы действия (ПД). Такое название этот тип электрических сигналов у растений получил благодаря тому, что по ряду признаков и механизму возникновения он соответствует ПД, возникающим в нервах животных. На рис. 1 представлены записи ПД стебля тыквы и аксона кальмара. Видно, что внешне они очень сходны и состоят из двух ветвей: восходящей (или фазы деполяризации, во время которой происходит уменьшение потенциала возбудимой мембраны) и нисходящей (или фазы реполяризации, в ходе которой мембранный потенциал восстанавливается до исходного уровня). Амплитуда обоих ПД составляет несколько десятков милливольт. Их внешнее отличие состоит в том, что в нервном волокне процессы деполяризации – реполяризации происходят значительно быстрее, что связано с особенностями строения возбудимых мембран. Поэтому общая длительность ПД в аксоне кальмара составляет всего несколько миллисекунд, в то время как длительность ПД в стебле тыквы достигает нескольких секунд и даже десятков секунд.

Второй тип электрических сигналов у высших растений – это так называемые вариабельные потенциалы (ВП), которые возникают при действии весьма сильных раздражителей (ожог, механическое повреждение ткани). Как видно из рис. 1, они лишь частично напоминают ПД. Как и у ПД, у них четко наблюдается фаза деполяризации. Однако фаза реполяризации очень растянута. ВП имеют природу, несколько отличную от природы ПД. Наконец, с помощью специальной чувствительной техники у высших растений были зарегистрированы микроритмы (рис. 1), которые имеют очень небольшую амплитуду (обычно несколько микровольт) и носят весьма нерегулярный характер. Природа микроритмов пока остается неясной. Из всех типов электрических сигналов у растений особое внимание уделяется ПД, поскольку его генерация и распространение представляют собой один из универсальных способов передачи информации о внешнем воздействии в живой природе.

Возникнув в той или иной части растения, ПД распространяются по нему обычно со скоростью нескольких сантиметров в 1 с (или в 1 мин) и таким образом передают известие о внешнем раздражении. Как известно, у животных проводниками ПД являются нервные волокна. Их возникновение в ходе эволюции было большим шагом вперед в развитии этих организмов. Есть ли что-то аналогичное нервам у высших растений? В поиске ответа на этот вопрос естественно обратить внимание на проводящие пучки («жилки»), которые пронизывают все ткани и органы растения. Давно известно, что проводящие пучки служат для транспортировки по рас

тению воды и питательных веществ. Но, может быть, они “по совместительству” могут служить каналом и для распространения ПД? Решение этого вопроса имеет принципиальное значение. Очень образно на этот счет высказался К.А. Тимирязев, который отметил, что “если у растений подтвердится (предполагаемое некоторыми учеными) существование известных путей, по которым раздражение сообщается быстрее, чем по другим, то в них придется признать нечто по крайней мере физиологически соответствующее нервам”. Д. Бос одним из первых экспериментально доказал причастность проводящих пучков высших растений к распространению ПД. Для этого он использовал разработанный им метод электродного зондирования. Суть метода состояла в том, что с помощью микровинтов в ткани растения погружали металлический микроэлектрод, который был соединен с измерительной установкой. Таким образом можно было отводить электрические сигналы от разных зон стебля или черешка. На основании этих опытов Д. Бос пришел к выводу, что только в проводящих пучках происходит распространение ПД. При этом важно, что электрические импульсы распространяются не по крупным сосудам, а по мелким пучковым клеткам (мелким клеткам флоэмы и протоксилемы). Это свидетельствует о том, что каналы передвижения веществ и распространения электрических импульсов в проводящих пучках пространственно разделены. Следовательно, у растений, хотя и отсутствуют специальные образования (наподобие нервов), приспособленные только для проведения ПД, в проводящих пучках имеются особые ткани, выполняющие эту функцию. С помощью современных экспериментальных приемов этот вопрос детально исследовали в нашей лаборатории. Применяя зондирование стебля тыквы микроэлектродом, мы установили, что в месте раздражения ПД возникают примерно одинаковой амплитуды не только в указанных выше мелких клетках пучка, но и в клетках окружающей его основной паренхимы (рис. 2). Однако на расстоянии от этого места ПД регистрируются только в проводящих пучках. Таким образом, ПД генерируют как пучковые, так и внепучковые клетки, но проводить его могут только первые. Как было нами показано [4], причина этих различий лежит в особенностях межклеточных связей. У мелких пучковых клеток такие связи (в частности, с помощью специальных пор-плазмодесм) выражены гораздо лучше, что и обеспечивает их лучшую способность проводить ПД.

Когда стало ясно, что ПД у высших растений – это весьма универсальное и широко распространенное явление, возник вопрос о том, что же они собой представляют. Конечно, они очень напоминают ПД

нервов. Но, может, это сходство чисто внешнее? Ведь очень уж отличаются по образу жизни животные и растения. В нашей лаборатории мы специально исследовали этот вопрос. Поскольку генерация ПД у животных связана с передвижением через возбудимую мембрану ионов натрия и калия, то поведение ионов при генерации ПД у растений естественно нас очень интересовало. Применяя различные методы исследования, в том числе и метод меченых атомов, мы показали, что, когда в растении генерируется ПД, так же как и в нерве, возникают ионные потоки (рис. 3

а

). Вначале под влиянием внешнего раздражителя увеличивается проницаемость мембраны для ионов кальция в результате открывания кальциевых каналов. Ионы кальция входят внутрь проводящих ПД клеток, поскольку их больше во внешней среде. Войдя внутрь возбудимых клеток, они активируют хлорные каналы, которые открываются. Это приводит к возникновению направленного наружу потока ионов хлора, так как их концентрация выше внутри клеток. Поток отрицательно заряженных ионов хлора наружу приводит к деполяризации мембраны, поскольку ее внешняя сторона заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно. Возникает восходящая ветвь ПД. Деполяризация мембраны способствует открыванию калиевых каналов и возникновению направленного наружу потока

ионов калия, которых, также как и ионов хлора, больше внутри клетки, чем в наружной среде. Нетрудно понять, что этот поток будет оказывать на мембранный потенциал реполяризующее действие, то есть приводить к восстановлению его исходного значения.

Нарисованная картина очень напоминает то, что происходит при генерации ПД в нерве, только вместо ионов натрия в качестве деполяризующего иона у высших растений выступают ионы хлора. Это представляется чрезвычайно важным заключением, поскольку свидетельствует об общности механизмов генерации ПД в живой природе. Что касается механизма распространения ПД у растений, то он также подобен таковому у животных. Деполяризация

, лежащих в основе генерации ПД у высших растений (объяснение в тексте), и схема распространения ПД в возбудимой мембране (

б

). При возбуждении между невозбужденными участками мембраны и возбужденным участком протекают местные токи, которые вызывают реполяризацию возбужденного участка. В то же время соседние с возбужденным участки деполяризуются. Когда величина деполяризации впереди фронта возбуждения достигает порогового уровня, здесь возникает ПД. Этот механизм обеспечивает его распространение. Сзади фронта возбуждения ПД не возникает, так как там имеется состояние невозбудимости (рефрактерности).

участка ткани в месте генерации ПД приводит к возникновению круговых местных токов, протекающих между деполяризованным возбужденным участком ткани и соседними участками, где мембранный потенциал клеток сохраняет нормальный уровень. Эти токи деполяризуют соседние с возбужденным участком области, что приводит к возникновению в них ПД и таким образом к его распространению от исходного места (рис. 3

б

). Ярким подтверждением такого механизма являются опыты с изменением электропроводности окружающей среды. Если вокруг участка проводящего пучка растения поместить раствор вазелинового масла (непроводящая среда, препятствующая возникновению круговых токов), то, дойдя до этого места, ПД дальше не распространяется.

Мы подошли к одному из самых важных вопросов проблемы потенциалов действия у растений. Для чего нужна генерация ПД растениям? Может быть, она представляет собой свойство, которое когда-то было позаимствовано ими от предков, но в дальнейшем получило развитие только у одной весьма специфической группы насекомоядных растений, а у остальных растений никакой функциональной нагрузки не выполняет? Очевидно, что ответ на этот вопрос имеет большое принципиальное значение не только для понимания жизнедеятельности растений, но и в общебиологическом аспекте. Полученные в настоящее время результаты позволяют утверждать, что у высших растений распространяющиеся ПД выполняют вполне определенную функциональную роль. Они служат наиболее быстрым сигналом об изменениях в среде их обитания. Однако при этом надо иметь в виду, что у растений нет центральной нервной системы – этой “диспетчерской”, откуда управляющие сигналы после поступления туда информации о внешнем раздражителе направляются к различным органам. У растений ПД сам несет в себе возможность непосредственно влиять на функции органов и тканей, по которым он распространяется. Это связано прежде всего с тем, что при прохождении ПД по данному участку ткани или в месте, до которого он дошел, сильно меняется ионный состав, в особенности содержание ионов калия и хлора, которые, как мы видели, выходят из возбудимых клеток при генерации импульса. В результате их концентрации в окружающих проводящий пучок тканях могут увеличиться. Меняется соотношение и других ионов, хотя и в меньшей степени. В то же время известно, что уровень обменных процессов в ткани сильно зависит от ионного состава. Поэтому ПД в состоянии оказывать влияние на органы или ткани, по которым они распространяются или которых они достигают. При этом следует иметь в виду, что возникновение ПД в ответ на действие внешнего раздражителя неспеци

фично, то есть самые разные воздействия вызывают, как правило, однотипную электрическую реакцию. Кроме того, у растений обычно в ответ на действие раздражителя генерируются одиночные импульсы (в отличие от животных, у которых возникают ритмически повторяющиеся ПД). Исходя из этого можно заключить, что у высших растений распространяющиеся ПД не имеют специфической информационной нагрузки, а являются скорее сигналом о каком-то внешнем воздействии. Сам по себе ПД как сигнал неспецифичен, но в тканях и органах наряду с общими неспецифическими явлениями он вызывает изменение некоторых специфических процессов, свойственных данному органу (например, в листьях изменение фотосинтеза, в корнях усиление поглощения веществ и т.д.). Сигнальная роль ПД проявляется прежде всего в ряде естественных процессов. Например, при попадании пыльцы на рыльце пестика в нем возникают многочисленные электрические импульсы, распространяющиеся по направлению к завязи. Это запускает цикл процессов, подготавливающих завязь к восприятию пыльцы и оплодотворению. ПД возникают и в усиках вьющихся растений при соприкосновении с механической опорой и, по-видимому, способствуют их лучшей ориентации в пространстве. При умеренных изменениях в состоянии окружающей среды также могут возникать ПД, причем они иногда генерируются в ответ на очень слабые воздействия (например, перепад температур всего 1 – 2

°

С). Генерация ПД растением в этом случае, казалось бы, лишена какого-либо смысла. Зачем применять экстренный тип сигнализации с помощью электрических сигналов на довольно слабые и не оказывающие существенного влияния внешние воздействия? Однако оказалось, что это не так. Для растения и в этом случае генерация электрических импульсов имеет определенный смысл, состоящий, как нам удалось показать, в своеобразном “предупреждении” его органов и тканей о вполне вероятных весьма существенных изменениях во внешних условиях. Например, незначительный перепад температур в сторону охлаждения сам по себе может быть и незначим для растения, однако он может свидетельствовать о возможном предстоящем заметном понижении температуры окружающей среды. “Предупреждающая” роль ПД сводится, как оказалось, к временному повышению устойчивости органов и тканей растения к неблагоприятным воздействиям. Это временное повышение устойчивости носит, по-видимому, неспецифический характер (то есть проявляется по отношению к разным воздействиям) и может рассматриваться как своеобразная предадаптация. Она служит как бы подготовкой к глубокой адаптации, если вслед за “предупреждением” действительно наступит усиление данного внешнего фактора (например, вслед за незначительным понижением температуры резкое похолодание).

Таким образом, можно считать, что при действии слабых и умеренных раздражителей мы имеем дело с ролью ПД, которая связана с опережающим отражением действительности. Отсюда нами было сделано заключение, что растениям свойственна элементарная недифференцированная чувствительность. Постулируя у высших растений наличие определенной чувствительности, было бы неверно утверждать вслед за Бекстером, что эта чувствительность соответствует эмоциональным восприятиям животных (например, что растения чувствуют человека, который повредил их, и при его появлении реагируют усиленной генерацией электрических импульсов). Это именно элементарная чувствительность, но она, очевидно, играет существенную роль во взаимоотношениях растения со средой. Наконец, при действии сильных раздражителей ПД выполняют роль первичной экстренной сигнальной связи, которая позволяет растению оперативно начать перестройку жизненных функций в экстраординарных условиях. Итак, по современным представлениям сигнальной функции ПД принадлежит вполне определенная роль в осуществлении быстрых взаимодействий высших растений с окружающей средой.

Данный обзор современных представлений о сигнальной роли электрических импульсов у расте

ний раскрывает, как нам кажется, новую, ранее почти неизвестную для неискушенного читателя сторону в жизнедеятельности этих организмов. Ее дальнейшее изучение позволит не только глубже ответить на сакраментальный вопрос: “Как живет растение?” – но и лучше понять, что общего в поведенческих реакциях животных и растений.

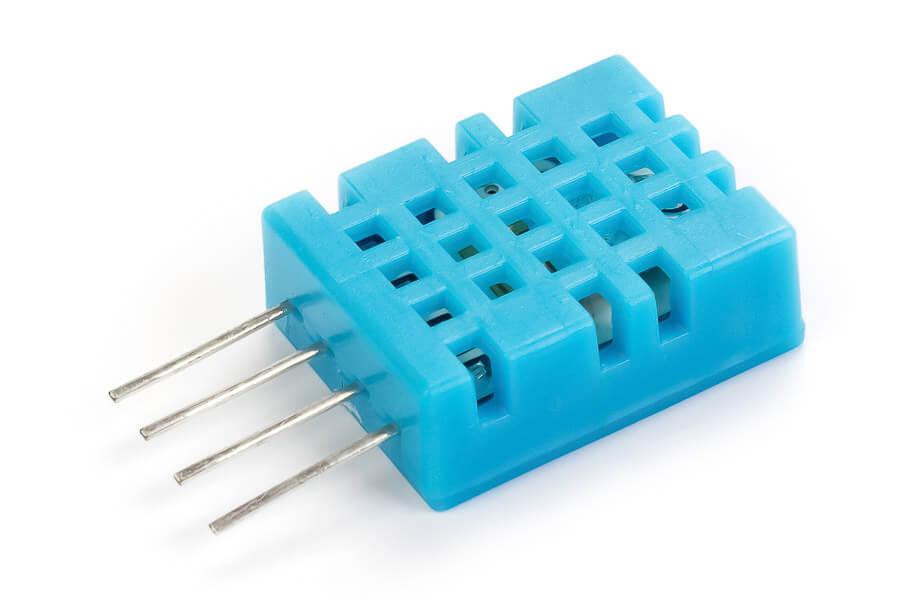
# Структура программно-алгоритмического стенда

## Оборудование (какие устройства использую, изображения их характеристики

### 3.1.2 Датчики

Датчик давления

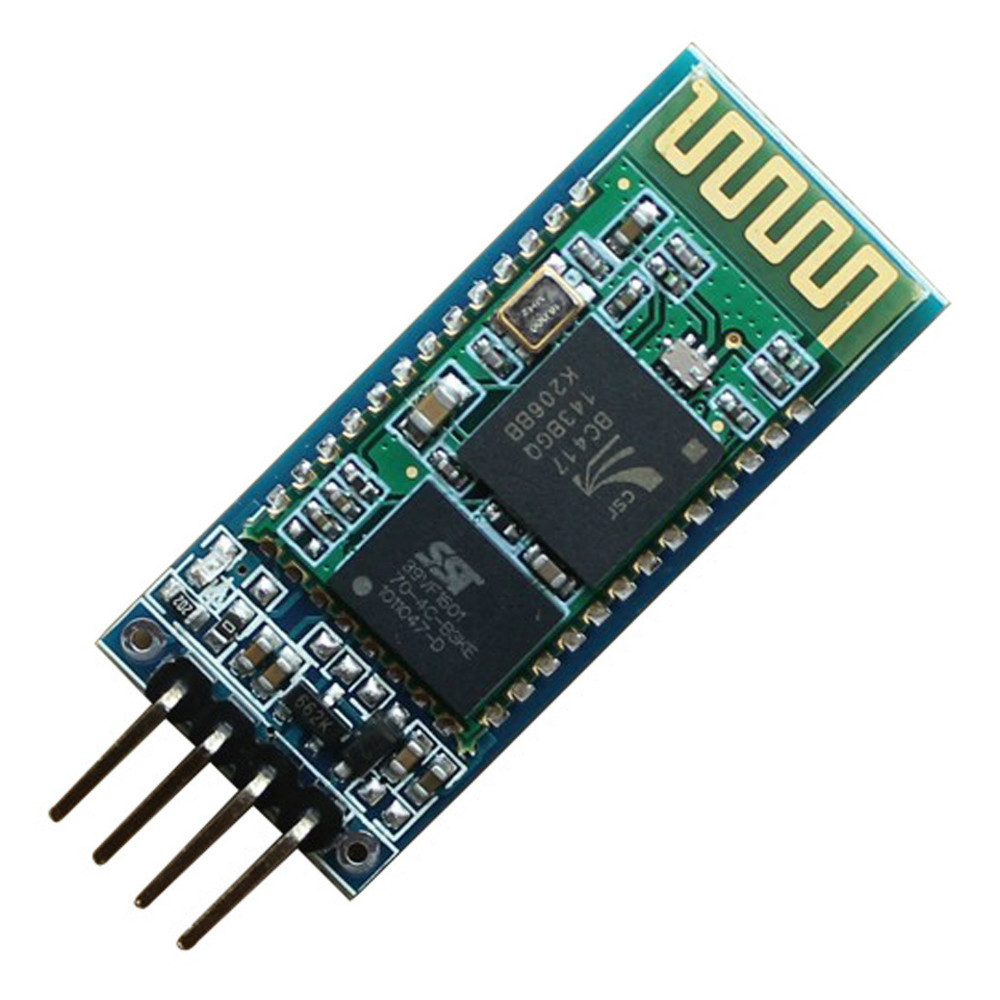
*DHT*11 — это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе аналого-цифровой преобразователь для преобразования аналоговых значений влажности и температуры.



|  |  |
| --- | --- |
| Датчик влажности и температуры | *DHT*11 |
| Напряжение питания | 3-5 В |
| Потребляемый ток при запросе данных | 2,5 мА |
| Потребляемый ток в режиме ожидания | 100 мкА |
| Частота опроса | 1 Гц |
| Диапазон температур | 0-50 °С |
| Погрешность | ±2 °С |
| Диапазон влажности | 20-90% |
| Погрешность влажности | ±5% |
| Габариты | 25 х 25 мм |

*HC*-05 - Технология *Bluetooth* используется для передачи данных между двумя устройствами, которые находятся в непосредственной близости друг с другом, причем необязательна прямая видимость. Технология *Bluetooth* обеспечивает хорошую устойчивость к широкополосным помехам, что позволяет множеству устройств, находящихся в одном месте, одновременно общаться между собой, не мешая друг другу. Очень широко данная технология используется в телефонах, планшетах, ноутбуках.

Одно из лучших решений для организации двусторонней связь по *Bluetooth* вашего *Arduino*-устройства с планшетом, ноутбуком или другим *Bluetooth*-устройством – *Bluetooth*-модуль *HC*-05, который может работать как *master* (осуществлять поиск *Bluetooth*-устройств и инициировать установку связи), так и *slave* (ведомое устройство).

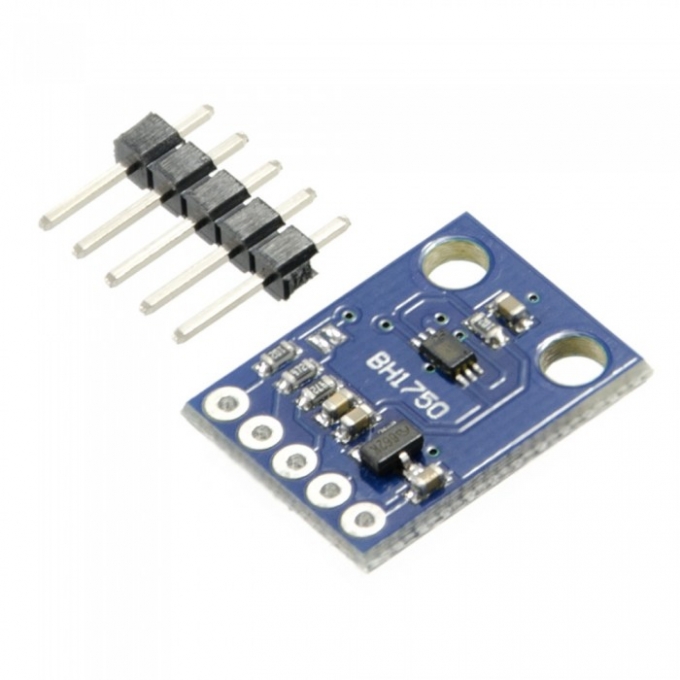


|  |  |
| --- | --- |
| Чип Bluetooth | HC-05(BC417143) |
| Диапазон частот радиосвязи | 2,4–2,48 ГГц |
| Мощность передачи | 0,25–2,5 мВт |
| Чувствительность | –80 dBм |
| Напряжение питания | 3,3–5 В |
| Потребляемый ток | 50 мА |
| Радиус действия | до 10 метров |
| Интерфейс | последовательный порт |
| Режимы | master, slave |
| Температура хранения | –40…85 °C |
| Рабочий диапазон температур | –25…75 °C |
| Габариты | 27 x 13 x 2,2 мм |

Сенсор *BH*1750 представляет собой цифровой 16-битный цифровой датчик освещённости, что задаёт диапазон его измерений: от 1 до 65535 люкс. Согласно техническому описанию, датчик *BH*1750 чувствителен к видимому свету и практически не подвержен влиянию инфракрасного излучения, т.е. реагирует примерно на тот же спектральный диапазон, что и человеческий глаз. Вследствие этого такие сенсоры получили широкое распространение в современной электронной аппаратуре – мобильных устройствах, фото- и видеокамерах, в системах «умный дом» и многих других.

Подключение модуля производится по двухпроводному интерфейсу I2C, а питание осуществляется от +5 В.

Люкс — единица измерения освещённости в Международной системе единиц (СИ). Люкс равен освещённости поверхности площадью 1 м² при световом потоке падающего на неё излучения, равном 1 лм. 1 лк = 1 лм/м2



|  |  |
| --- | --- |
| Модель | GY-302 |
| размеры | 13.9 х 18.5 мм |
| Чип | BH1750FVI |
| Питание | 3-5 В |
| Диапазон измерений | 1-65535 lux |
| Шина передачи данных | I2C |
| Единица измерения датчика | lux |

### 3.1.2 Свет

**Для стенда требуется освещение** с наступлением весны световой день и увеличился, иногда растениям все же не хватает солнечного света. В этом случае на помощь придет фитолампа для рассады. Она потребляет немного электроэнергии и позволяет "досвечивать" растения в один из самых уязвимых периодов их роста и развития.

1. **Лампа биколорная**. Самый простой вид, включающий всего два типа ламп – синего и красного цвета. Эти цвета благотворно влияют на рост и развитие растений и важны для активизации фотосинтеза. Такая лампа подходит для любых растений, которые выращивают на подоконнике, в качестве дополнения к естественному освещению.
2. **Лампа мультиспектровая**. В ней сочетаются теплый белый, красный, синий и дальний красный цвета. Такой световой "микс" максимально стимулирует цветение и плодоношение. Мультиспектровую лампу используют для загущенных посадок и взрослых комнатных растений (если стоит пасмурная погода, например). Для рассады такая фитолампа подходит в меньшей степени, зато с ее помощью можно получить урожай перца, лука и т.д.
3. **Лампа полного спектра.** В таком светильнике собраны все цвета радуги (пиковая яркость – у красного и синего светодиодов). Поэтому иногда лампы полного спектра называют "личным солнцем". Используя полноспектральную подсветку, можно выращивать растения от стадии семян до получения урожая при полном отсутствии солнца и света (даже в темной кладовке). Такое "агрессивное" свечение идеально подходит для выращивания острого красного перца, который иногда получается не слишком жгучим из-за "вялого" северного солнца.

## (тут описание стенда, и какие лабораторные практики мне на нем делать)

Прога будет считывать инфу с растения, просто считывать.

Обработкой занимаюсь не я

Прога по синезубу получает данные сует их в бд строит по ним график всё

Разработанное программное средство будет осуществлять, полив растения, включения света, а также считывание нейронных сигналов с растения и выведение графика, отображающего реакцию растения на внешние раздражители

Полив растения будет осуществлен с помощью отправляемых сигналов с компьютера, по com порту на плату ардуино. Плата ардуино будет обрабатывать полученный сигнал, преобразовывать его в управл

ДАТЧИК ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ С РАСТЕНИЯ ПРИЕДЕТ ПОТОМ ЕГО ОПИСАТЬ НУЖНО БУДЕТ

# 3. Заключение

# 4. Список литературы

# 5. Приложение 1