



جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)

ساخت و ارزیابی سامانه خورشیدی کنترل فازی سیستم آبیاری و کوددهی نرخ متغیر

شماره ثبت:



جمهوری اسلامی ایران
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز آموزش عالی امام خمینی^(ره)

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی
ساخت و ارزیابی سامانه خورشیدی کنترل فازی سیستم آبیاری و کوددهی نرخ متغیر

مجری:
محمد یونسی الموتی

شماره ثبت:

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز آموزش عالی امام خمینی^(ره)

عنوان پروژه: ساخت و ارزیابی سامانه خورشیدی کنترل فازی سیستم آبیاری و کوددهی نرخ متغیر

شماره مصوب: 24-97-27-017-981239

نگارندگان:

مجری مسئول:

مجری: محمد یونسی الموتی

ویراستار: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

همکاران: حمید خفاجه، سید مرتضی صداقت حسینی، ارژنگ جوادی، سید داوود حاجی میررحیمی، حسین دهقانی

ساینچ

مشاوران: ---

محل اجرا: کرج

تاریخ شروع: شهریور ماه ۱۳۹۸

مدت اجرا: ۲۵ ماه

ناشر: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان:

سال انتشار: ۱۴۰۱

چکیده

در مناطق خشک و بیش از حد خشک مانند ایران به دلیل محدودیت منابع آبی، مستلزم استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی است در این راستا استفاده از تکنولوژی‌های جدید باعث افزایش راندمان آبیاری می‌شود. در این تحقیق یک سامانه آبیاری و کوددهی جدید با استفاده از تکنیک منطق فازی با بهره‌گیری از دانش و تجربه کشاورز طراحی شد. لذا در این پژوهش بعد از احداث باغ در مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) به مساحت ۵۰۰ مترمربع، و نصب تجهیزات مربوط به آبیاری و کوددهی، سامانه کنترل فازی به منظور بهینه‌سازی مصرف آب و نهاده‌ها سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند طراحی شد. این تحقیق یک راه حل عملی مبتنی بر هوش مصنوعی ارائه می‌دهد که در آن تمام مراحل طراحی و اجرا شرح داده شده است. ابتدا، این سیستم مبتنی بر میکروکنترلر را توصیف می‌کند که رطوبت خاک، دمای محیط و تابش خورشید را جمع‌آوری می‌کند. سپس کنترل‌کننده منطق فازی این سه ورودی را می‌گیرد و بر اساس جدول قوانین ایجاد شده برای یک محصول مشخص، زمان و مدت زمان آبیاری مورد نظر را تولید می‌کند. همچنین، به منظور نظارت بر عملکرد سیستم و صرفه جویی در قرائت حسگر، زمان آبیاری و در طی آن و مقدار آب توزیع شده است. این اساس تجزیه و تحلیل آینده و مطالعات اقتصادی و زیست محیطی است. نتایج تجربی نشان داد که سیستم توسعه یافته مقدار آب از دست رفته از طریق تبخیر و تعرق را همانطور که توسط مدل پنمن-مونیتیت پیش‌بینی شده است، که توسط FAO اقتباس شده است، به دقت جبران می‌کند. به نظر می‌رسد که استفاده از کنترل فازی تأثیر زیادی در مدیریت و برنامه ریزی آبیاری در آینده نزدیک دارد. در این طراحی نرخ آبیاری و کوددهی درختان با توجه به نواحی تفکیک شده نقشه بافت خاک و همچنین حسگر رطوبت رخ داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، انرژی خورشیدی، هوشمند سازی، سیستم فازی، کنترل

فهرست مطالب:

عنوان	صفحه
فهرست مطالب:.....	۵
فهرست شکل‌ها:.....	ط
فهرست جدول‌ها:.....	ک
۱ فصل اول : مقدمه و اهداف.....	۲
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ تعریف مساله.....	۳
۳-۱ اهداف تحقیق.....	۴
۲ فصل دوم: پیشینه ی پژوهش.....	۶
۱-۲ مقدمه.....	۶
۲-۲ روش های مدرن آبیاری.....	۷
۱-۲-۲ روشهای آبیاری نرخ متغیر درخت.....	۸
۱-۲-۲-۱ روشهای زمانبندی کردن آبیاری.....	۹
۲-۲-۲-۱ سنجش یا اندازه گیری رطوبت خاک.....	۹
۲-۲-۲-۲ پایگاه های قرار دادن دستگاه های رطوبت سنج خاک.....	۱۰
۳-۲-۲ جمع آوری اطلاعات هوا سنجی.....	۱۱
۳-۲ کود آبیاری.....	۱۱
۱-۳-۲ مزایای کود آبیاری.....	۱۳
۲-۳-۲ روشهای مختلف کود آبیاری.....	۱۳
۴-۲ تأسیسات آبیاری قطره ای و کود آبیاری.....	۱۴
۵-۲ نحوه بر آورد نیاز آبی گیاه.....	۱۵
۱-۵-۲ حداکثر نیاز آبی روزانه گیاه.....	۱۶
۲-۵-۲ حداکثر عمق آب آبیاری.....	۱۷
۳-۵-۲ حداکثر دور آبیاری و دور آبیاری طراحی.....	۱۹
۴-۵-۲ نیاز خالص آبیاری.....	۲۰
۵-۵-۲ راندمان آبیاری قطره ای.....	۲۰

۲۰	۶-۵-۲ نیاز نا خالص و حجم ناخالص آبیاری
۲۱	۷-۵-۲ ظرفیت سیستم آبیاری
۲۲	۸-۵-۲ مدت آبیاری و ساعات آبیاری شبانه روز
۲۲	۹-۵-۲ طراحی هیدرولیکی لوله‌ها
۲۳	۱۰-۵-۲ محاسبه افت درلوله های فرعی ولاترالها
۲۵	۱۱-۵-۲ فشار مورد نیاز در لوله‌های فرعی
۲۵	۱۲-۵-۲ هیدرولیک لوله اصلی
۲۶	۱۳-۵-۲ حداکثر سرعت مجاز
۲۶	۱۴-۵-۲ ایستگاه پمپاژ
۲۷	۶-۲ مشخصات فنی تجهیزات الکتریکی و تاسیسات سیستم آبیاری هوشمند
۲۷	۱-۶-۲ ساختمان سیم های عایق دار و اندازه های استاندارد
۲۷	۲-۶-۲ جریان مجاز سیم ها و کابل های فشار ضعیف
۲۸	۳-۶-۲ تعیین مقاطع سیم های عایق دار و کابل ها
۲۸	۴-۶-۲ روش محاسبه شدت جریان مصرف کننده در سیستم تک فاز
۲۹	۵-۶-۲ سیستمهای ایمنی و حفاظتی
۳۰	۶-۶-۲ فیوزها
۳۰	۷-۶-۲ تابلوی اصلی دستگاه
۳۷	۷-۲ مراحل کاشت نهال درخت
۳۷	۱-۷-۲ آماده سازی زمین
۳۷	۱-۱-۷-۲ تسطیح زمین
۳۸	۲-۱-۷-۲ کود پاشی
۳۸	۳-۱-۷-۲ شخم عمیق
۳۸	۴-۱-۷-۲ دیسک زدن
۳۹	۵-۱-۷-۲ ماله کشی
۳۹	۶-۱-۷-۲ گونیا کردن زمین
۳۹	۷-۱-۷-۲ ایجاد چاله
۳۹	۲-۷-۲ انتخاب نهال مرغوب
۴۰	۸-۲ منطق و کنترل فازی
۴۱	۱-۸-۲ کنترل فازی
۴۲	۲-۸-۲ فازی سازها
۴۴	۳-۸-۲ پایگاه دانش
۴۷	۴-۸-۲ غیر فازی سازها
۴۹	۹-۲ پژوهشهای انجام شده در خصوص آبیاری هوشمند
۵۴	۱۰-۲ نتیجه گیری

۳ فصل سوم: مواد و روشها.....	۴۷
۳-۱ مقدمه.....	۴۷
۳-۲ مراحل ساخت و نصب تجهیزات آبیاری هوشمند.....	۴۸
۳-۳ آماده سازی زمین.....	۵۰
۳-۴ تأسیسات آبیاری قطره ای و کود آبیاری.....	۵۱
۳-۴-۱ کود آبیاری.....	۵۱
۳-۴-۲ سیستم آبیاری قطره‌ای.....	۵۲
۳-۵ سیستم فتوولتائیک.....	۵۳
۳-۵-۱ مفاهیم اولیه و اصطلاحات فتوولتائیک.....	۵۴
۳-۵-۲ انواع سیستم‌های فتوولتائیک.....	۵۸
۳-۵-۳ طراحی سیستم فتوولتائیک.....	۶۳
۳-۶ واحد کنترل مرکزی.....	۶۵
۳-۶-۱ جعبه قرارگیری سامانه کنترلی.....	۶۶
۳-۶-۲ طراحی و نصب سامانه کنترلی آبیاری و کوددهی.....	۶۷
۳-۶-۳-۱ منبع تغذیه.....	۷۰
۳-۶-۳-۲ برد رله ها.....	۷۰
۳-۶-۳-۳ برد پردازشگر اصلی.....	۷۰
۳-۶-۳-۴ برد ورودی حسگرها.....	۷۱
۳-۶-۳-۵ حسگرها.....	۷۲
۳-۶-۳-۶ حسگر رطوبت سنج خاک.....	۷۲
۳-۶-۳-۷ حسگر دما و رطوبت محیط.....	۷۵
۳-۶-۳-۸ حسگر نور.....	۷۷
۳-۶-۴ نحوه عملکرد سامانه کنترلی.....	۷۸
۳-۶-۵ توسعه سامانه کنترل فازی برای سامانه آبیاری.....	۸۰
۳-۶-۵-۱ جمع‌آوری داده‌ها.....	۸۱
۳-۶-۵-۲ تعیین ورودی و خروجیهای کنترل کننده.....	۸۱
۳-۶-۵-۳ اختصاص توابع عضویت به هریک از ورودیها و خروجیها (فازسازها).....	۸۳
۳-۶-۵-۴ قوانین فازی.....	۸۵
۳-۶-۵-۵ موتور استنتاج فازی.....	۸۹
۴ فصل چهارم: یافته‌ها و بحث.....	۹۱
۴-۱ مقدمه.....	۹۱
۴-۲ طراحی سیستم فتوولتائیک.....	۹۱

۹۱	 ۱-۲-۴ برآورد انرژی مورد نیاز سیستم
۹۲	 ۲-۲-۴ ارزیابی منبع خورشید
۹۴	 ۳-۲-۴ اندازه‌گذاری آرایه و باتری‌های فتوولتاییک
۹۴	 ۱-۳-۲-۴ آرایه فتوولتاییک
۹۴	 ۲-۳-۲-۴ اندازه‌گذاری باتری
۹۴	 ۴-۲-۴ انتخاب اجزاء
۹۴	 ۱-۴-۲-۴ مازول
۹۵	 ۲-۴-۲-۴ شارژ کنترلر
۹۶	 ۳-۴-۲-۴ اینورتر
۹۷	 ۴-۴-۲-۴ باتری
۹۷	 ۳-۴ عملکرد سامانه کنترلی فازی
۹۹	 ۴-۴ نتایج تجربی

۵ فصل پنجم: جمع‌بندی..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱۰۱	 ۱-۵ نتیجه گیری
-----	----------------------

۲-۵ تقدیر و تشکر..... Error! Bookmark not defined.

فهرست شکل‌ها:

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: توزیع منابع آب روی کره زمین.....	۲
شکل ۱-۲: ساختار یک سیستم کنترل فازی.....	۴۲
شکل ۲-۲: نمایش گرافیکی غیر فازی ساز میانگین مراکز.....	۴۹
شکل ۱-۳: سامانه آبیاری هوشمند کنترل فازی.....	۴۸
شکل ۲-۳: باغ احداث شده مرکز علمی و کاربردی امام خمینی (ره).....	۵۰
شکل ۳-۳: مخزن کود آبیاری سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند.....	۵۲
شکل ۴-۳: محل نصب نازل پایه دار در باغ.....	۵۳
شکل ۵-۳: نمایش سلول، ماژول و آرایه خورشیدی.....	۵۵
شکل ۶-۳: اصول کار یک سلول خورشیدی.....	۵۶
شکل ۷-۳: سیستم فتوولتائیک مستقل DC.....	۵۸
شکل ۸-۳: سیستم فتوولتائیک مستقل DC-AC.....	۵۹
شکل ۹-۳: سیستم فتوولتائیک مستقل AC.....	۶۰
شکل ۱۰-۳: سیستم فتوولتائیک ترکیبی ژنراتور - PV.....	۶۱
شکل ۱۱-۳: سیستم فتوولتائیک مشترک با شبکه برق عمومی.....	۶۲
شکل ۱۲-۳: سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه.....	۶۲
شکل ۱۳-۳: بلوک دیاگرام سامانه کنترلی.....	۶۶
شکل ۱۴-۳: جعبه قرارگیری سامانه کنترلی.....	۶۶
شکل ۱۵-۳: سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند.....	۶۸
شکل ۱۶-۳: برد کنترلی ساخته شده.....	۶۸
شکل ۱۷-۳: برد سامانه کنترلی.....	۶۹
شکل ۱۸-۳: PCB برد کنترلی.....	۶۹

- شکل ۳-۱۹: ماژول سنجش رطوبت خاک خازنی..... ۷۴
- شکل ۳-۲۰: محل قرارگیری حسگر رطوبت خاک در باغ..... ۷۵
- شکل ۳-۲۱: حسگر دما و رطوبت DHT22 بکار رفته در سامانه کنترلی..... ۷۶
- شکل ۳-۲۲: تصویر حسگر نور GY-302 سامانه کنترلی..... ۷۷
- شکل ۳-۲۳: عملگر شیر برقی سامانه آبیاری قطره ای..... ۷۸
- شکل ۳-۲۴: عملگر شیر برقی سامانه کوددهی..... ۷۹
- شکل ۳-۲۴: اجزای مختلف سامانه آبیاری و کوددهی باغ احداث شده..... ۸۰
- شکل ۳-۲۶: نمودار روند نمای سامانه کنترل فازی محیط گلخانه..... ۸۱
- شکل ۳-۲۷: سیستم کنترل فازی..... ۸۲
- شکل ۳-۲۸: توابع عضویت دما..... ۸۴
- شکل ۳-۲۹: توابع عضویت نور..... ۸۴
- شکل ۳-۳۰: توابع عضویت رطوبت خاک..... ۸۵
- شکل ۳-۳۱: توابع عضویت رطوبت خاک..... ۸۵
- شکل ۳-۳۲: پنجره قوانین کنترلر دما، رطوبت و نور..... ۸۶
- شکل ۳-۳۳: قوانین کنترلر دما، رطوبت و نور..... ۸۶
- شکل ۴-۱: ماژولهای فتوولتائیک..... ۹۵
- شکل ۴-۲: شارژ کنترلر نصب شده در سیستم فتوولتائیک..... ۹۶
- شکل ۴-۳: اینورتر ۱۲V DC به ۲۲۰V AC در سیستم فتوولتائیک..... ۹۶
- شکل ۴-۴: باطری نصب شده در سیستم فتوولتائیک..... ۹۷
- شکل ۴-۵: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات رطوبت خاک و دما..... ۹۸
- شکل ۴-۶: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات رطوبت خاک و نور..... ۹۸
- شکل ۴-۷: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات دما و نور..... ۹۹

فهرست جدول‌ها:

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳: مشخصات فنی حسگر دما و رطوبت DHT22	۷۶
جدول ۲-۳: مشخصات فنی حسگر نور GY-302	۷۷
جدول ۳-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت مرطوب خاک	۸۷
جدول ۴-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت متوسط خاک	۸۷
جدول ۵-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت خشک خاک	۸۷
جدول ۱-۴: بارهای AC مورد استفاده	۹۲
جدول ۱-۴: بارهای DC مورد استفاده	۹۲
جدول ۳-۴: متوسط ماهانه تابش روزانه خورشید ($kWh/m^2 \cdot day$) (NASA)	۹۳
جدول ۴-۴: مشخصات ماژولهای انتخاب شده	۹۴

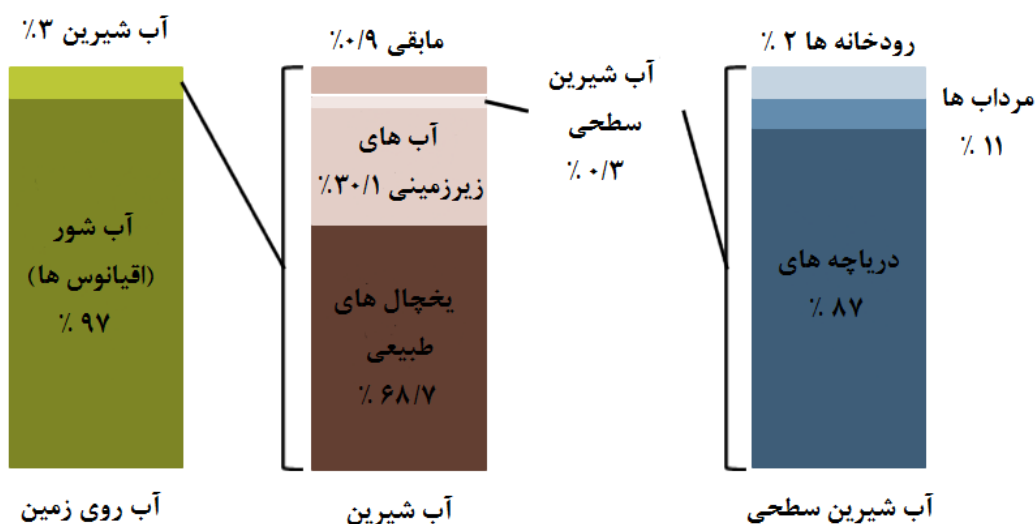
فصل اول

مقدمه و اهداف

فصل اول : مقدمه و اهداف

۱-۱ مقدمه

آب یک ماده حیاتی است که به طور یکنواخت در سراسر کره زمین پراکنده نمی‌باشد. اگر چه سه چهارم کره زمین را آب تشکیل داده است، اما فقط درصد کوچکی از آن آب شیرین و قابل استفاده است. ۹۷ درصد آبهای زمین در اقیانوسها و دریاها جای دارد. از ۳ درصد باقیمانده، حدود ۲ درصد به صورت یخچال‌ها و یا یخهای نواحی قطبی تجمع یافته است. مابقی عمدتاً به صورت آبهای زیرزمینی هستند که دسترسی به آنها گاهی غیر ممکن است. دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، بزرگترین منابع آب آشامیدنی دنیا را تشکیل می‌دهند که کمتر از ۰/۰۱ درصد از کل آبهای زمین را شامل می‌شوند. شکل (۱-۱) نماینگر این موضوع است (بی نام ۱).



شکل ۱-۱: توزیع منابع آب روی کره زمین

مسئله کمبود آب و حساسیت‌های قابل‌درکی که در سالیان اخیر در قبال موضوع حفظ محیط زیست و حفظ منابع انرژی شده است و نظر به اینکه سامانه‌های سنتی کشاورزی با مدیریت نامناسب آب و از طرفی مصرف بی‌رویه کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی از مهم‌ترین منابع آلودگی محیط‌زیست بوده است. لذا متخصصین علوم زراعی و باغی در سالیان اخیر به دنبال شیوه‌های نوینی در مدیریت مزرعه بوده‌اند که علاوه بر بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها، عملکرد را نیز افزایش داده و در نهایت بازده اقتصادی تولید را بالا ببرد. یکی از مهم‌ترین رمزهای موفقیت کشاورزی دقیق استفاده از فناوری نرخ متغیر در اعمال نهاده‌ها در مزرعه است. فناوری نرخ متغیر فناوری است که نهاده‌ها را با نرخ متغیر و متناسب با نیاز محصول در اختیار زمین قرار می‌دهد و نرخ تغییرات بر اساس اطلاعات نقشه یا حسگر حاصل می‌گردد. فناوری نرخ متغیر در عملیات زراعی و باغی همچون کودپاشی، سم‌پاشی، بذروپاشی و آبیاری و غیره کاربرد دارد که در این تحقیق از سامانه‌های هوشمند برای آبیاری و کود دهی در باغات طراحی و ارزیابی شد.

۱-۲ تعریف مساله

در دهه‌های اخیر با توجه به مطرح‌شدن کم‌آبی در کشور، کشاورزان به‌واسطه محدودیت آن، ارزش این ماده حیاتی را درک نموده و با سخت‌کوشی و تلاش فراوان در توزیع آب در مزرعه موفق‌تر عمل می‌نمایند. آبیاری غرقابی شبانه باهدف استفاده حداکثر از آب به دلیل تبخیر کمتر آن از سطح خاک، اتخاذ قوانین سخت‌گیرانه از طرف دولت در بین کشاورزان در جهت انطباق الگوی کشت همراه با

ظرفیت آبی موجود و ایجاد مخازن کوچک آب در باغ و مزارع برای ذخیره آب مازاد در گذشته‌های نه‌چندان دور در ایران نشانگر سخت‌کوشی نیاکان ما در مدیریت مصرف بهتر آب بوده است (شایان فر، ۱۳۸۲). محدودیت منابع تولید به‌خصوص محدودیت منابع آبی، افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیر کشت را محدود می‌سازد. خشک‌سالی‌های اخیر این موضوع را حادثر می‌نماید به‌نحوی که با افزایش روزافزون کمبود آب خطر کاهش سطح زیر کشت نیز روبه‌روز افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر در شرایط کنونی، در درجه اول حفظ و پس‌از آن افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی مستلزم استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی است. در این راستا استفاده از فناوری‌های جدید به‌منظور افزایش راندمان آبیاری اجتناب‌ناپذیر و ترویج این فناوری‌ها مستلزم انجام تحقیقات چندجانبه (ازلحاظ فنی و اقتصادی) بر روی سامانه‌های ارائه‌شده می‌باشد (صدرقاین و همکاران، ۱۳۸۱). با توجه به مسئله بحران آب در کشور و عدم مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، تلاش شد که با ساخت سامانه هوشمند مدیریت آبیاری گامی مؤثر در حفظ منابع آبی و خاکی و نیز افزایش راندمان کشاورزی برداشته شود.

۱-۳ اهداف تحقیق

۱- طراحی و ساخت برد کنترل فازی آبیاری و کوددهی

۲- ارزیابی سامانه کنترل فازی آبیاری در باغ

فصل دوم

پیشینه‌ی پژوهش

فصل دوم: پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱ مقدمه

اهمیت آب در سراسر جهان و به ویژه در سرزمین های خشک قابل بحث نیست. به طور معمول، مناطق خشک سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی متر بارندگی دارند (Kanzari et al., 2012). در ایران، آبهای زیرزمینی (منبع اصلی آبیاری) در حال تخلیه مداوم است زیرا برداشت سالانه همیشه بیشتر از میزان شارژ مجدد بارندگی است (حافظنیا و نیکبخت، ۱۳۹۰). آبیاری سطحی قدیمی ترین و در عین حال رایج ترین شکل آبیاری در سراسر جهان است این روش بر اساس توزیع آب توسط نیروی جاذبه بر روی خاک است. هدر رفتن آب در آبیاری عمدتاً به دلیل استفاده از روش های های سنتی در آبیاری (روش های آبیاری غرقابی و جوی-پشته‌ای) ایجاد می شود. این روش ها باید عوامل آب و هوایی را که تأثیر زیادی در روند آبیاری دارند در نظر بگیرند. در دهه‌های اخیر با توجه به مطرح شدن کم‌آبی در کشور، کشاورزان به واسطه محدودیت آن، ارزش این ماده حیاتی را درک نموده و با سخت‌کوشی و تلاش فراوان در توزیع آب در مزرعه موفق‌تر عمل می‌نمایند. آبیاری غرقابی شبانه با هدف استفاده حداکثر از آب به دلیل تبخیر کمتر آن از سطح خاک، اتخاذ قوانین سخت‌گیرانه از طرف دولت در بین کشاورزان در جهت انطباق الگوی کشت همراه با ظرفیت آبی موجود و ایجاد مخازن کوچک آب در باغ و مزارع برای ذخیره آب مازاد در گذشته‌های نه‌چندان دور در ایران نشانگر سخت‌کوشی نیاکان ما در مدیریت مصرف بهتر آب بوده است.

۲-۲ روش های مدرن آبیاری

در اینجا ، نیاز آبی محصولات به عوامل زیادی بستگی دارد (Gillies and Smith., 2005):

- منابع آب در دسترس.
- نوع محصول و مرحله رشد.
- طبیعت و حالت خاک.
- اطلاعات اقلیمی مربوط به منطقه در حال رشد (دما ، بارندگی ، آفتاب ، باد و غیره).
- فرآیند های تبخیر خاک و تعرق گیاهان (تبخیر و تعرق).
- شرایط آب و هوایی تأثیر مستقیم بر تبخیر و تعرق دارد. تبخیر و تعرق به عنوان یکی از مؤلفه-های مؤثر در چرخه هیدرولوژی، نقش قابل ملاحظه‌ای در اقلیم منطقه‌ای و جهانی دارد. ترکیب دو فرآیند جداگانه که آب به وسیله آن از سطح خاک به صورت تبخیر و از گیاه به صورت تعرق تلف شده، تبخیر - تعرق نامیده می‌شود. تبخیر - تعرق به طور هم‌زمان صورت گرفته و روش ساده‌ای برای تفکیک این دو فرآیند وجود ندارد. علاوه بر آب در دسترس، تبخیر از سطح کشت، به طور عمده، تابع بخش (کسر) تابع ورودی به خاک است. در آبیاری مدرن میتوان مقدار تبخیر و تعرق را با استفاده از معادله پنمن - مونتیث فائو نیز به صورت زیر بدست آورد (Gharaman & Spaskhah, 2004).

$$ET_0 = \left[\frac{0.408 \Delta (R_n - G) + Y \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \right] \quad (1-2)$$

ET_0 = تبخیر و تعرق مرجع؛ R_n = تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگا ژول بر متر مربع بر روز)؛ G = شار گرمای خاک (مگا ژول بر متر مربع بر روز)؛ T = میانگین دمای روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متر (درجه سلسیوس)؛ U_2 = میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)؛ e_s = فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)؛ e_a = فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)؛ $e_s - e_a$ = کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)؛ γ = ضریب ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس).

در زمین های خشک ، ET_0 حداقل ۱۰ میلی متر بر روز (mm/day) است (Mughrabi., 2011) (برابر با ۱۰ لیتر در هر متر مربع در روز). برای به حداقل رساندن تبخیر و تعرق ، باید آبیاری صبح حدود زمان طلوع آفتاب یا شب باشد (Car., 2012). این استراتژی حتی میزان هدر رفته آب را با روشهای سنتی نیز کاهش می دهد.

۲-۲-۱ روشهای آبیاری نرخ متغیر درخت

چهار روش برای آبیاری نرخ متغیر درختی پیشنهاد می شود عبارتند از:

آبیاری نرخ متغیر زمانی

آبیاری نرخ متغیر بارانی بر پایه حسگر

آبیاری نرخ متغیر میکرو (قطره ای) بر پایه حسگر

آبیاری نرخ متغیر میکرو (قطره ای) مجهز به دوربین سنجش از دور

۱-۲-۲ روش‌های زمانبندی کردن آبیاری

زمان بندی آبیاری یک روش سیستماتیک، اصولی و منظم است که از طریق آن تولید کننده می-تواند زمان آبیاری و مقدار آب مورد نیاز را مشخص نماید. هدف یک برنامه زمان بندی موثر، فراهم کردن آب کافی برای گیاهان است، درحالیکه به توان زیان‌های ناشی از جریان آب بر روی گیاه رابه حداقل رساند. زمان بندی کردن آبیاری وابسته به عواملی چون خاک، گیاه، شرایط جوی، سیستم آبیاری و فاکتورهای عملی می باشد. یک برنامه زمان بندی آبیاری مناسب مستلزم نظراتی سازنده و بی عیب برای تصمیم گیری می‌باشد. سطح این نظرات و تجربیات شامل بازه‌ای است از تجربیات شخصی تا دنبال کردن تکنیک‌ها و راهکارهای دیگران، که بر پایه تجهیزات کامپیوتری گران قیمتی که می توانند آب، خاک و پارامترهای آب و هوایی را ارزیابی کنند، بنا شده است.

تکنیک‌های زمان بندی کردن آبیاری می توانند براساس، میزان آب موجود در خاک، اطلاعات آب و هوایی و یا زیر نظر داشتن کمبود های گیاهان، باشند. روش های زمان بندی معمولی شامل سنجش مقدار آب موجود در خاک یا محاسبه میزان تبخیر و تعرق گیاهان است. تحقیق درباره فیزیولوژی گیاه منجر به پیدایش روش‌های زمانبندی بر اساس محاسبه فشار درون برگ‌ها، قطر و ضخامت تنه درختان و جریان آب (شیره) موجود درون گیاه شد.

۲-۲-۱-۲ سنجش یا اندازه گیری رطوبت خاک

روش های مختلف سنجش رطوبت خاک شامل:

پروب نوترونی (neutron probe)

TDR

حجم سنج (gravimetric)

کشش سنج (tensiometers)

پروب آبی (aquaterr probe)

بلوک گچی (blocks electrical resistancer)

و روش لامسه (hand feel method)

۲-۲-۲ پایگاه های قرار دادن دستگاه های رطوبت سنج خاک

یک محل مناسب برای قرار دادن دستگاه باید جایی باشد که وضعیت آن مشابه وضعیت اکثریت جاهای دیگر زمین باشد. یا به نوعی دیگر اکثریت شرایط محلی را داشته باشد. در زمین هایی که دارای ۲ یا چند نوع خاک مختلف می باشند.

باید از محل های بیشتری برای قرار دادن دستگاه ها استفاده کرد. بهتر است هر محل جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به حداکثر عمق ریشه و نوع خاک موجود، ممکن است به بیش از یک حسگر نیاز داشته باشیم. تمای گیاهانی که دارای ریشه های عمیق هستند مانند درختان میوه، باید دارای دو دستگاه رطوبت سنج در هر محوطه کاری برای بررسی داشته باشند. یکی در عمق ۳۰ سانتی (۱۲ اینچ) و دیگری در عمق ۶۰ سانتیمتری (۲۴ اینچ).

میزان رطوبت خاک باید در فاصله ای به اندازه ۲/۳ فاصله بین تنه درخت و خطوط آبرسانی، از محل درخت باشد. به طور معمول برای توسعه کنترل بهتر رطوبت یک بخش، تانسیومترها و واترمارک ها در دو عمق متفاوت نصب می شوند. برای بیشتر گیاهان، با ریشه هایی به عمق بیشتر از ۲ فوت، رطوبت باید در عمق ۱/۴ تا ۲/۳ عمق ریشه سنجیده شود. در حالیکه دو رطوبت سنج، یکی در عمق حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر و دیگری در فاصله ۲/۳ عمق ریشه نصب شوند.

یک سیستم آبیاری باید با استفاده از اطلاعاتی زمانبندی شود که از یک قسمت زمین که بیشترین تشابه را با قسمت های دیگر دارد، به دست می آید، نه از خشک ترین محل زمین .

۲-۲-۳ جمع آوری اطلاعات هوا سنجی

جیره بندی و تنظیم آب یک روش پیشرفته زمانبندی آبیاری است. این روش شامل بررسی افزایش و کاهش منطقه گیاهی و ثابت نگه داشتن رطوبت خاک به میزان داخواه است. مهمترین مولفه جیره بندی آب، محاسبه دقیق میزان آب مصرفی توسط گیاه یا تبخیر و تعرق آب (ET) گیاه است

۲-۳ کود آبیاری

با توجه به افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر مواد غذایی احساس می گردد. بهترین راه برای نیل به این هدف و همچنین تامین قسمتی از ارز مورد نیاز، افزایش تولید در واحد سطح است. در بین نهادهای کشاورزی، اضافه نمودن متعادل کودهای شیمیایی بیشتر از سایر نهادها در افزایش تولید محصولات کشاورزی موثر است. از طرف دیگر افزایش تولید در واحد سطح و بهبود کمی و کیفی عملکرد هرچه بیشتر محصولات زراعی و باغی، نیاز به توجه خاصی دارد که مدرنیزه کردن سیستم های آبیاری و تبدیل آنها از روشهای رایج زارعین(سطحی) به سیستم های تحت فشار(قطرهای) میتواند نقش مهمی را در این مسئله داشته باشد چرا که استفاده از این سیستم ها باعث افزایش راندمان مصرف آب شده و به عبارت دیگر میزان تولید محصول را به ازای هر واحد آب افزایش میدهد.

ترکیب این دو فاکتور (آب و کود) و یا به اصطلاح کود دهی با آبیاری از محاسن ویژه ای برخوردار میباشد که موفقیت در این روش مستلزم داشتن آگاهی کافی در رابطه با نیاز آبی و نیاز کودی هر

محصول است. در این روش به دلیل استفاده بهینه از مصرف آب و کود، آلودگی محیط زیست به حداقل رسیده و تقسیط مصرف کودها در مراحل حساس و مورد نیاز گیاه به سهولت انجام میپذیرد. همچنین از هدر رفتن کود بدلیل کنترل غلظت عناصر غذایی در خاک جلوگیری شده و مطابق با نیاز رشد گیاه، در اختیار آن قرار داده میشود از طرف دیگر به دلیل حلالیت یکنواخت کودها در آب آبیاری، جذب آن بهتر صورت میگیرد.

تزریق کود به آب آبیاری، شامل حل کردن کودهای محلول در آب و کاربرد آن از طریق سیستم های قطره‌ای و بارانی میباشد که روشی موثر، آسان و اقتصادی است. و مناسب بودن آن به شرایط خاک و محصول، روش آبیاری، کیفیت آب، نوع کود و مسایل اقتصادی بستگی دارد. این روش معمولاً در خاکهای درشت بافت دارای امتیاز بیشتری نسبت به خاکهای ریز بافت است. این مساله به نوع کود و چگونگی حرکت آن در خاک بستگی دارد.

کود آبیاری کاربرد کود مایع در یک سیستم آبیاری می باشد. میکروآبیاری و کود آبیاری امکان کنترل دقیق آب و مواد مغذی را ارائه می کنند سود عمده ی کود آبیاری این است که نسبت به لوازم پراکنده سنتی، انعطاف پذیری بیشتر دارد و مواد مغذی به کار گرفته شده را بهتر کنترل میکند. در این روش کودها هنگامی مصرف می شوند که لازم است و در مقادیر کم به کار گرفته می شوند در نتیجه مواد مغذی قابل حل در آب ، کمتر در معرض فرو شسته شدن به وسیله بارندگی زیاد یا آبیاری بیش از حد میباشند. با کودآبیاری، گیاه هرزمان که آبیاری شود تغذیه هم میشود، و مواد مغذی لازم را تا آبیاری بعدی دریافت میکند. رایج ترین ماده مغذی به کار گرفتهشده در کود آبیاری نیتروژن است. سایر عناصر شامل فسفر، پتاسیم، سولفور، روی و آهن به مقدار کمتر مصرف میشوند.

۱-۳-۲ مزایای کود آبیاری

- کاهش مقدار کود مصرفی
- کاهش مصرف آب با کود آبیاری
- کاهش هزینه‌های کارگری
- باعث کاهش آلودگی محیط زیست
- سهولت دسترسی به مواد غذایی مورد نیاز گیاه در هر زمان

۲-۳-۲ روشهای مختلف کود آبیاری

همه‌ی فواید کود آبیاری زمانی آشکار می‌گردد که یک روش آبیاری صحیح برای برآورد نیاز گیاه بکار گرفته شود. در کود آبیاری، کود به حالت محلول در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. بنابر این مدیریت آبیاری بسیار مهم و از عوامل کلیدی موثر بر کارایی کود آبیاری است. مقدار رطوبت قابل دسترسی برای ریشه گیاه در روشهای مختلف آبیاری متفاوت است راندمان آبیاری، یکنواختی پخش و توزیع آب، عواملی مهم در کود آبیاری هستند. بالا بردن راندمان آبیاری و پخش و توزیع یکنواخت آن، کارایی این روش را افزایش می‌دهد. در روشهای مختلف آبیاری، میزان این عوامل متفاوت هستند به این دلیل کارایی کود آبیاری در روشهای مختلف آبیاری متغیر است. کود آبیاری با روشهای آبیاری زیر اجرا می‌شود:

۱- یارانی

۲- قطره‌ای

۳- زیر زمینی

۴- سطحی

۲-۴ تأسیسات آبیاری قطره ای و کود آبیاری

در این روش آبیاری ، آب با فشار کم (حدود یک اتمسفر) پس از گذشتن از دستگاه کنترل مرکزی (در صورت نیاز توام با کود محلول) بوسیله لوله‌هائی که در سطح زمین پخش شده، پس از عبور از قطره چکان‌هایی که در محل‌های مناسب در مجاورت گیاه قرار داده شده اند، بصورت قطره قطره و بطور ممتد به اندازه نیاز گیاه به خاک داده می‌شود .

این سیستم دارای واحد کنترل مرکز است که آب پمپاژ شده را پس از تصفیه و افزایش کود (در صورت لزوم) و با کنترل دقیق میزان دبی جریان و تنظیم فشار وارد لوله اصلی شبکه آبیاری قطره‌ای می‌نماید .

۱. پمپ

۲. پایه شیر تنظیم فشار

۳. شیر تخلیه هوا

۴. شیر کنترل

۵. تانک کود یا دستگاه تزریق کود

۶. شیر لوله اصلی

۷. فشار سنج

۸. صافی

۹. دبی سنج

۱۰. لوله اصلی

۱۱. شیرهای قطعات (اتوماتیک یا دستی)

۱۲. لوله نیمه اصلی

۱۳. لوله های لترال

۱۴. بست ابتدائی

۱۵. شیرهای شستشو دهنده

۱۶. واحد کنترل

۵-۲ نحوه برآورد نیاز آبی گیاه

برآورد نیاز آبی براساس روابط ذیل وبا استفاده از سند ملی آب وهمچنین دوجلد کتاب منتشره ازسوی مرکز تحقیقات خاک وآب کشور(نیاز آبی گیاهان زراعی وباغی کشور) تعیین گردیده است . بدین منظور به کمک روش پیشنهادی نشریه شماره ۲۴، سازمان خواربار جهانی (FAO) با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی و بررسی های صحرائی مربوط به تقویم زراعی ومراحل مختلف رویش گیاهان ، پارامترهای تبخیروتعرق بالقوه سطح استاندارد گیاه (ETO) که قدرت تبخیر کنندگی هوا است برآورد شده و سپس با معرفی ضریب گیاهی (Kc) برحسب نوع گیاه، مرحله و

طول دوره رشد و تأثیر آن بر (ETO)، تبخیر و تعرق گیاهی (ETc) محاسبه شده است. نهایتاً با کم نمودن بارندگی موثر، نیازخالص آب آبیاری (In) که همان کمبود رطوبت اقلیم است و بایستی با آبیاری جبران گردد برآورد می شود.

$$Etc = ETo * Kc \quad (2-2)$$

ETc : تبخیر و تعرق واقعی گیاه mm/day

ETo : تبخیر و تعرق گیاه مرجع mm/day

Kc : ضریب گیاهی

۱-۵-۲ حداکثر نیاز آبی روزانه گیاه

از آنجا که در روش های آبیاری موضعی تمام سطح زمین خیس نمی شود، تبخیر نیز از تمام سطح صورت نمی گیرد. بنابراین نیاز آبی روزانه گیاه عمدتاً به میزان تعرق از قسمت های هوایی که در معرض تابش نور خورشید قرار دارند محدود می باشد. به همین جهت در آبیاری موضعی درصد سطح سایه انداز که نماینده سطحی است که تعرق از آن صورت می گیرد، در محاسبات نیاز آبی گیاه دخالت داده می شود.

بهترین راه برای تعیین درصد سایه انداز، اندازه گیری مساحت سایه تاج گیاه بر روی زمین هنگام ظهر می باشد. درصد سطح سایه انداز گیاه در سال های اولیه رشد کم بوده و به تدریج با مسن تر شدن درخت زیاد می شود. بنابراین برای طراحی سیستم حداکثر درصد سطح سایه انداز (درخت بالغ) در نظر گرفته می شود.

با توجه به موارد فوق حداکثر نیاز آبی روزانه گیاه از رابطه زیر که توسط FAO پیشنهاد شده محاسبه می گردد:

$$Tr = [Ps + 0.15 * (1 - Ps)] * ETc \quad (3-2)$$

Tr = حداکثر نیاز آبی روزانه گیاه (mm/day).

ETc = حداکثر تبخیر و تعرق روزانه گیاه (mm/day).

Ps = حداکثر درصد سطح سایه انداز (%).

۲-۵-۲ حداکثر عمق آب آبیاری

حداکثر عمق آب آبیاری میزان آبی است که می توان آن را در منطقه توسعه ریشه گیاه ذخیره

نمود. مقدار حداکثر عمق آب آبیاری از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Ix = Aw * Z * MAD * Pw \quad (4-2)$$

Ix = حداکثر عمق آب آبیاری (mm).

Aw = ظرفیت ذخیره آب در خاک (mm/m).

Z = عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه (m).

MAD = درصد تخلیه مجاز رطوبت خاک.

Pw = درصد سطح خیس شده خاک.

ظرفیت ذخیره آب در خاک: ظرفیت ذخیره آب در خاک تفاوت بین نقاط رطوبتی ظرفیت

زراعی (F_c) و نقطه پژمردگی (PWP) بوده و نشان دهنده حجم آبی است که خاک می تواند در خود

ذخیره کند. این مقدار عمدتاً بستگی به بافت خاک داشته و با انجام آزمایش در مزرعه قابل

اندازه گیری می باشد.

عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه : عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه، عمقی از منطقه ریشه است که حدود ۸۰ درصد مواد غذایی مورد نیاز گیاه از آن تأمین می‌شود. بدیهی است آن قسمت از آب که در این منطقه ذخیره شود برای گیاه قابل استفاده خواهد بود.

درصد تخلیه مجاز رطوبت خاک : با وجود اینکه هر خاکی می‌تواند مقدار A_w را بعنوان حداکثر ظرفیت ذخیره آب در خود نگهدارد، ولی عملاً تمام این مقدار برای گیاه قابل استفاده نبوده و بسته به نوع گیاه ۴۰ تا ۷۵ درصد آن قابل جذب است که به آن آب سهل الوصول یا درصد تخلیه مجاز رطوبت گفته می‌شود.

درصد مساحت خیس شده : یکی از خصوصیات مهم روش‌های آبیاری موضعی این است که در آنها بخشی از زمین خیس می‌شود و به همین جهت است که تلفات نفوذ عمقی و تبخیر از سطح خاک در این روش‌ها به مقدار قابل ملاحظه‌ای کمتر از روش‌های دیگر می‌باشد.

این مسئله که درصد مساحت خیس شده دقیقاً چه مقدار باشد بدرستی مشخص نشده است ولی هر چه مقدار آن زیادتر باشد، آب بیشتری در خاک ذخیره شده و در مواقع اضطراری آسیب کمتری به گیاه وارد خواهد شد. با اطلاعات امروزی درصد مساحت خیس شده مناسب بین ۳۰ تا ۷۰ درصد بسته به شرایط آب و هوایی، نوع گیاه و ... می‌باشد. در مناطقی که امکان استفاده از بارندگی به مقدار کافی وجود دارد درصد مساحت خیس شده را می‌توان کمتر از ۳۰ درصد نیز در نظر گرفت. نکته قابل توجه اینکه درصد سطح خیس شده در باغات نباید آنقدر زیاد باشد که باعث ایجاد مشکل رفت و آمد ماشین‌آلات کشاورزی در بین ردیف‌ها و نیز افزایش تلفات نفوذ عمقی و تبخیر و تعرق گردد و از طرفی نباید آنقدر کم باشد که به تولید بهینه محصول لطمه وارد نماید.

۳-۵-۲ حداکثر دور آبیاری و دور آبیاری طراحی

حداکثر دور آبیاری با توجه به حداکثر عمق آب آبیاری و نیاز آبی روزانه گیاه از رابطه زیر

بدست می آید:

$$Fx = \frac{Ix}{Tr} \quad (۵-۲)$$

Fx = حداکثر دور آبیاری (day).

Ix = حداکثر عمق آب آبیاری (mm).

Tr = حداکثر تعرق روزانه گیاه (mm/day).

در روش‌های آبیاری موضعی امکان انجام آبیاری با تواتر زیاد (دور کم) وجود داشته و این مسئله یکی از مزایای استفاده از این روش‌ها می‌باشد. زیرا همواره منطقه توسعه ریشه‌ها رطوبت کافی داشته و تنش کمتری به گیاه وارد می‌شود.

لازم به ذکر است که با توجه به شرایط، دور آبیاری در طول دوران رشد متفاوت می‌باشد. انتخاب دور آبیاری در این مرحله صرفاً دور آبیاری طراحی بوده و در عمل مدیریت بهره‌برداری از شبکه با توجه به شرایط موجود از جمله دوره رشد گیاه، عمق توسعه ریشه و خصوصیات گیاه می‌تواند دوره‌ها و ساعات آبیاری متناسب را اعمال نمایند. از نظر طراحی با تغییر دور و مدت آبیاری تعداد نوبت‌ها که اساس تقسیم‌بندی واحدهای آبیاری است ثابت می‌ماند.

۴-۵-۲ نیاز خالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری برابر مقدار آبی است که بایستی در هر آبیاری در منطقه توسعه ریشه گیاه ذخیره شود تا نیاز گیاه در طول یک دوره آبیاری را برآورده سازد. این مقدار از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$In = F * Tr \quad (۶-۲)$$

In = نیاز خالص آبیاری (mm).

F = دور آبیاری طراحی (day).

Tr = حداکثر تعرق روزانه گیاه یا نیاز آبی روزانه گیاه (mm/day).

۵-۵-۲ راندمان آبیاری قطره ای

با توجه به اینکه در هر روش آبیاری، تلفات آب به شکل های مختلف اجتناب ناپذیر می باشد، بنابراین برای ذخیره نیاز خالص آبیاری در خاک بایستی با دخالت دادن راندمان آبیاری، مقدار آب آبیاری بیشتری در نظر گرفته شود. به همین منظور در مرحله طراحی راندمان آبیاری انتخاب شده و پس از اجرای طرح با تعیین راندمان واقعی، برنامه ریزی آبیاری اصلاح می گردد.

۶-۵-۲ نیاز ناخالص و حجم ناخالص آبیاری

نیاز ناخالص آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Ig = \frac{In}{Ea} \quad (۷-۲)$$

Ig = نیاز ناخالص آبیاری (mm).

In = نیاز خالص آبیاری (mm).

Ea = راندمان آبیاری طراحی (%).

حجم ناخالص آبیاری برای هر درخت با توجه به نیاز ناخالص آبیاری و فواصل کشت درختان

از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V = Ig * Sp * Sr \quad (۸-۲)$$

V = حجم ناخالص آبیاری برای هر درخت (lit).

Ig = نیاز ناخالص آبیاری (mm).

Sr = فاصله درختان روی ردیف (m).

Sp = فاصله ردیف درختان (m).

۷-۵-۲ ظرفیت سیستم آبیاری

ظرفیت سیستم معرف میزان دبی است که بایستی پمپاژ شود و در شبکه اصلی توزیع گردد .

$$Q = A * Ig / (F * T * N) \quad (۹-۲)$$

Q : ظرفیت (دبی) سیستم Lit/s

A : مساحت کل زمین ha

Ig : نیاز ناخالص آب آبیاری mm/day

F : دور آبیاری انتخابی day

T : مدت آبیاری hr

N : تعداد قطعاتی که در یک شیفت آبیاری می شوند.

محاسبه واقعی ظرفیت سیستم آبیاری، پس از ارائه برنامه آبیاری طرح و تعیین تعداد ایستگاه-

های آبیاری و همچنین میزان دبی هر ایستگاه اصلاح می گردد.

۸-۵-۲ مدت آبیاری و ساعات آبیاری شبانه روز

با توجه به مقدار حجم ناخالص آب آبیاری مورد نیاز برای هر درخت (V) و دبی و تعداد لوله-های اسپاگتی برای هر درخت، مدت زمان آبیاری از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$t = \frac{v}{n * q} \quad (۱۰-۲)$$

t = مدت زمان آبیاری (hr).

v = حجم ناخالص آب آبیاری مورد نیاز برای هر درخت (lit).

n = تعداد گسیلنده برای هر درخت.

q = دبی (Lit/hr).

تعداد نوبت آبیاری در هر دور

$$N = \frac{F * T}{t} \quad (۱۱-۲)$$

N = تعداد نوبت یا تعداد ایستگاههای آبیاری.

F = دور آبیاری (day).

T = کل ساعات آبیاری در شبانه روز (hr).

۹-۵-۲ طراحی هیدرولیکی لوله‌ها

شبکه آبیاری قطره ای از مجموعه‌ای از لوله‌های اصلی، نیمه اصلی، مانیفولد و جانبی تشکیل شده است. آب از خط اصلی وارد لوله مانیفولد و از آنجا وارد خطوط جانبی (لاترالها) شده، سپس بین قطره چکان‌ها توزیع و به پای گیاه می‌رسد. برای محاسبه

افت اصطکاک و انتخاب قطرلوله ها در سیستم، معادلات مختلفی بکار گرفته می شود. از معروفترین و پرکاربردترین معادلات افت، معادله هیزن ویلیامز می باشد:

$$hf = \frac{Q}{C \times D \times L} \quad (12-2)$$

hf = افت اصطکاک m

Q = دبی لوله Lit/s

D = قطر داخلی لوله mm

C = ضریب زبری لوله

L = طول لوله m

در مراجع و استانداردهای مختلف براساس عمر و قطر لوله ضریب C را بین ۱۰۰ تا ۱۴۰ پیشنهاد نموده اند. طبق مراجع معتبر این ضریب در لوله های آذبت سیمان ۱۱۰، لوله های آلومینیومی ۱۲۰ و برای لوله های پلی اتیلن ۱۴۰ می باشد.

۱-۵-۲ محاسبه افت در لوله های فرعی و لاترال ها

طراحی لوله فرعی شامل دو قسمت است: یکی قطر لوله و دیگری طول لوله فرعی. قطرلوله معمولاً "برحسب نوع قطره چکان استفاده شده، تقریباً" ثابت می باشد. در روش های آبیاری قطره ای در ایران بیشتر از لوله پلی اتیلن نرم ۱۶ میلی متری استفاده می شود. بنابراین مهمترین کار در طراحی لوله فرعی، طول آن خواهد بود. طول لوله فرعی می بایست طوری انتخاب شود که مقدار افت درکل واحد آبیاری بیشتر از ۲۰٪ فشارکارکرد قطره چکان نباشد و توصیه می شود که افت کل واحد آبیاری بصورت زیر تقسیم شود:

$$H_s = 0.2 H_a \quad (13-2)$$

$$HL = 0.5 H_s - H_e \text{ (سر بالایی)}$$

$$HL = 0.5 H_s - H_e \text{ (سر پایینی)}$$

$$H_m = 0.55 H_s \pm 1/2 H$$

H_a : فشار کارکرد قطره چکان m

H_s : حداکثر افت مجاز در واحد آبیاری m

HL : افت مجاز در لایه ترال m

H_m : افت مجاز در لوله‌های نیمه اصلی m

H_e : اختلاف ارتفاع (سر پایینی + و سر بالایی -)

با داشتن طول لوله فرعی L و دبی عبوری و قطر لوله می‌توان افت رادر طول لوله از

رابطه hf محاسبه کرد. در صورتیکه افت محاسبه شده بیش از افت مجاز باشد، با تغییر طول

لوله (L) و سعی و خطا مقدار افت را به حد مجاز کاهش می‌دهیم. افت واقعی در لوله‌های

فرعی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H_f = hf * F \quad (14-2)$$

H_f : افت واقعی در لوله‌های فرعی m

F : ضریب کاهنده

ضریب کاهنده (F) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = (m+1) + (n) + (m+1)n \quad (15-2)$$

m : نمای دبی یا سرعت جریان (در معادله هیزن ویلیامز برابر با 1.852)

n : تعداد قطره چکان‌ها در طول لوله فرعی

مقدار ضریب (F) با توجه به تعداد خروجی از جداول مربوطه قابل دستیابی است.

۱۱-۵-۲ فشار مورد نیاز در لوله‌های فرعی

فشار مورد نیاز در محل اتصال لوله جانبی به لوله مانیفولد با توجه به فشار متوسط مورد نیاز قطره چکان‌ها و افت اصطکاکی مسیر محاسبه می‌شود. در صورتیکه زمین شیب دار باشد و لوله‌های جانبی از یک قطر ثابت استفاده شده باشند، فشار ورودی لوله فرعی از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$HL = h_a + h_f \pm h_e \quad (۱۶-۲)$$

HL: فشار ورودی m

h_a : فشار متوسط پاشنده m

h_f : افت اصطکاکی m

h_e : اختلاف ارتفاع (سربالایی + و سرباينی -) m

۱۲-۵-۲ هیدرولیک لوله اصلی

افت فشار لوله اصلی یکی از عوامل موثر در انتخاب قطر لوله اصلی است. چرا که علاوه بر اینکه در انتخاب پمپ تاثیر می‌گذارد، در فشار لوله‌های جانبی و مانیفولد جانبی موثر است. افت فشار در لوله اصلی علاوه بر افت اصطکاکی مسیر، شامل افت زانوها، اتصالات، شیر فلکه‌ها و... می‌باشد که تحت عنوان افت جزیی بحث می‌شود. آرایش و برنامه کاری لوله جانبی عامل عمده‌ای در طراحی لوله اصلی است. آرایش لوله‌های جانبی (مانیفولد) باید طوری باشد که مقدار افت اصطکاکی در لوله اصلی به حداقل برسد.

۱۳-۵-۲ حداکثر سرعت مجاز

تعیین میزان حداکثر سرعت در خطوط انتقال آب با توجه به ملاحظات فنی اقتصادی و محدودیت‌های طراحی صورت می‌گیرد لیکن بر اساس استانداردهای فنی، این میزان برای شبکه‌های آبرسانی حداکثر ۲ متر بر ثانیه می‌باشد.

۱۴-۵-۲ ایستگاه پمپاژ

پمپ در سیستم آبیاری بارانی باید طوری انتخاب شود که فشار لازم ابتدای خط اصلی را تامین کند. این فشار از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TDH = H_{cm} + H_{em} + H_{mm} + (H_{cm} + H_{em}) \quad (17-2)$$

TDH: ارتفاع دینامیک کل m

H_{cm}: افت فشار در ایستگاه پمپاژ و کنترل مرکزی m

H_{em}: افت فشارهای جزئی m

H_{mm}: فشار لازم در ابتدای خط اصلی m

$$H_{mm} = H_f + H_m \pm H_e \quad (18-2)$$

H_e: افت فشار در خط اصلی m

H_m: فشار لازم در مانیفولد بحرانی m

که خود از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$H_m = H_l + m H_f \pm 1/2 H_e \quad (19-2)$$

فشار ابتدای بال آبیاری HI:

۲-۶ مشخصات فنی تجهیزات الکتریکی و تاسیسات سیستم آبیاری هوشمند

۲-۶-۱ ساختمان سیم های عایق دار و اندازه های استاندارد

ولتاژهای مورد استفاده در برق رسانی یک فاز ۲۲۰ ولت است که به فشار ضعیف معروف می باشد. هادی سیم های عایق دار فشار ضعیف باید از رشته های بهم تابیده تشکیل شده و روی آن عایق PVC قرار گرفته باشد. سطح مقطع هادی کابل باید طوری انتخاب شود که بتواند جریان لازم را بدون افزایش درجه حرارت از حد مجاز عبور دهد و ضخامت PVC نیز طوری انتخاب شود که بتواند ولتاژ موجود را تحمل کند. همچنین دارای استحکام مکانیکی کافی باشد. مشخصات سیم های عایق دار باید مطابق جدول شماره ۱ باشد. که در این تحقیق با توجه به آمپر مورد نیاز از و پمپ های تخت فشار از سیم ۲/۵ استفاده می شود.

۲-۶-۲ جریان مجاز سیم ها و کابل های فشار ضعیف

جریان برق در اثر عبور از سیم ها و کابل ها ایجاد حرارت می نماید و سبب افزایش درجه حرارت اجزاء متشکله آنها می گردد. در صورتی که این افزایش درجه حرارت ادامه یابد موجب خرابی عایق سیم ها و کابل ها می شود. بنابراین برای حفاظت عایق ها لازم است در حالت تعادل درجه حرارت آنها از حداکثر مجاز متجاوز نگردد. بنابراین جریان مجاز

سیم ها و کابل ها نباید از مقادیر ذکر شده در جدول جریان مجاز مندرج در جدول شماره ۲ بیشتر باشد.

۳-۶-۲ تعیین مقاطع سیم های عایق دار و کابل ها

سطح مقطع سیم های عایق دار و کابل ها براساس جریان مجاز و حداکثر افت ولتاژ مجاز باید انتخاب شود. انتخاب مقاطع صحیح براین اساس تنها مستلزم محاسبه جریان مصرف کننده یا مصرف کننده ها می باشد. مصرف کننده های کوچک با قدرت کمتر از ۳ اسب بخار عموماً از سیستم تک فاز تغذیه می شوند و برای قدرت های بالاتر از آن می بایستی از سیستم سه فاز استفاده نمود که در این سامانه قدرت پمپ ها کمتر از ۳ اسب بخار است و از سیستم تک فاز استفاده می شود.

۴-۶-۲ روش محاسبه شدت جریان مصرف کننده در سیستم تک فاز

برای محاسبه جریان الکتروموتورهای تک فاز با ظرفیت اسمی (توان خروجی) P بر حسب وات باید از رابطه زیر استفاده گردد.

$$I = P / (V \cdot \cos \phi) \quad (2-20)$$

در رابطه بالا P توان خروجی موتور بر حسب وات ، V ولتاژ مدار تغذیه بر حسب ولت و $\cos \phi$ راندمان موتور و ضریب قدرت موتور می باشد . راندمان این موتور ها حدود ۹۰ در صد و ضریب قدرت آنها ۰,۶ تا ۰,۷ می باشد . تنها دریک نوع از این موتور ها که در حالت کار، خازنی در مدار دارند ضریب قدرت تا ۰,۹ افزایش می یابد.

معمولا در ایستگاه های پمپاژ سیستم های آبیاری تحت فشار با مساحت کمتر از یک هکتار ازالکتروموتورهای یک فاز از نوع القایی با رتور قفسی استفاده می شود. در طراحی این سامانه مساحت سیستم آبیاری کمتر از یک هکتار می باشد (۲۰۰۰ متر مربع) از اکتروموتورهای تک فاز نیم اسب بخار استفاده خواهد شد.

۵-۶-۲ سیستم های ایمنی و حفاظتی

برای اینکه استفاده از برق بطور صحیح و با ایمنی لازم انجام شود، استفاده از وسائل کنترل و حفاظت الزامی است. وسائل کنترل، قطع و وصل مدارها را در هر زمان امکان پذیر می کند و وسائل حفاظت در هنگام بروز خطر مدار را بطور خودکار قطع می کنند. سیم ها و کابل ها بسته به اندازه ونحوه نصب آنها قادرند جریان معینی را بدون ایجاد خطر حمل کنند که جریان مجاز نامیده می شود. در صورتیکه جریان بیشتر از جریان مجاز و برای مدت قابل ملاحظه ای از سیم عبور نماید حرارت اضافی تولید شده موجب افزایش درجه حرارت سیم یا کابل و خرابی عایق آن و اتصال کوتاه و ایجاد حریق می گردد. بنابراین باید یک وسیله حفاظتی که مانع افزایش جریان از حد مجاز گردد در مدارهای الکتریکی نصب گردد. جریان مدار بوسیله بارهای متصل به مدار معین می شود وسیله حفاظتی نمی تواند در تنظیم جریان نقش ایفا کند و باید در صورت افزایش جریان از حد مجاز مدار را قطع کرده و باین ترتیب مانع خرابی سیم ها و یا کابل ها گردد.

۶-۶-۲ فیوزها

ساده ترین و قدیمی ترین وسائل حفاظتی فیوزها هستند. علاوه بر فیوزها باید برای حفاظت بیشتر از رله های حرارتی، رله ها الکترومکانیکی و رله های القایی نیز مورد استفاده قرار می گیرند که به کنتاکتورها و دیژنکتورها فرمان قطع می دهند در مدارهای الکتریکی استفاده می شوند. فیوزها و پایه آنها بایستی طبق استاندارد DIN49515 یا IEC ۹۷۱ با ولتاژ اسمی ۵۰۰ ولت باشد. حداکثر جریانی را که فیوز بدون آسیب رساندن به پایه و حامل خود می تواند حمل می کند قدرت قطع فیوز نامیده می شود و بر حسب کیلو آمپر اندازه گیری می شود. گاهی نیز با ضرب این مقدار جریان در مقدار اسمی ولتاژ مدار قدرت قطع فیوز بر حسب کیلو ولت آمپر یا مگا ولت آمپر مشخصی گردد. در انتخاب فیوز لازم است جریان اتصال کوتاه مدار در محل استقرار فیوز محاسبه شود و فیوزی که قدرت لازم را دارا می باشد انتخاب شود. در سامانه طراحی شده از ۵ فیوز برای محافظت مدارها و پمپ استفاده می شود. که یک فیوز برای سیستم فتوولتاییک، یک فیوز برای برق اصلی تابلو برق، یک فیوز برای سیستم کنترل هوشمند و دو فیوز برای پمپ ها به صورت جداگانه نصب می شود.

۷-۶-۲ تابلوی اصلی دستگاه

این تابلو باید روی پایه دستگاه آبیاری نصب و توسط آن فرمان های لازم برای حرکت دستگاه ارسال شود. کابل برق ورودی (تغذیه) نیز به این تابلو متصل می گردد. در این تابلو کلیدها و شستی های مختلفی باید وجود داشته باشد تا امکان بهره برداری و استفاده صحیح از دستگاه را فراهم کند. در هر تابلوی کنترل باید متعلقاتی نظیر ترمینال های برق، کلید حرارتی، کنتاکتور و بی متال

وجود داشته باشد تا مدار الکتریکی تابلو کامل گردد. علاوه بر آن وجود قطعاتی نظیر نوار آب بندی و گلندهای کابل‌ها نیز موجب شوند تا تابلو در برابر رطوبت و ریزش مداوم آب نفوذ ناپذیر باشد.

۲-۷ آبیاری هوشمند

روش آبیاری قطره‌ای از نظر اقتصادی مناسب نیست. زیرا نیاز به هزاران متر کابل و چندین مخزن آب داریم. همچنین هنگام شخم زدن باید شبکه آبیاری را جمع‌آوری کنیم. در روش بارانی نیز چون قطرات آب در هوا پخش می‌شود سبب تبخیر آب و در نتیجه هدررفت آب می‌گردد. از طرفی در این روش نیاز به منبع انرژی قوی برای پخش آب در هوا داریم.

در بحث آبیاری زمین کشاورزی مسأله‌ای که حائز اهمیت است بازه زمانی آب دادن به زمین است. رطوبت موجود در خاک مسأله‌ای است که زمان آبیاری را مشخص می‌کند. یعنی رطوبت خاک نباید از حد مجاز کمتر باشد و همچنین نباید زمانی که خاک رطوبت لازم را دارد اقدام به آبیاری کنیم. در این بین آگاهی از رطوبت خاک از عوامل مهم در مصرف آب می‌تواند باشد.

سیستم آبرسانی و آبیاری هوشمند سیستمی است که می‌تواند با برنامه‌های از پیش تعریف شده توسط کاربر، گیاه یا گیاهانی را در هر نوع توپوگرافی زمین متناسب با نوع نیاز آن گیاه آبیاری کند. از مزیت‌هایی که باعث می‌شود تا این سیستم در آبیاری انواع زمین‌ها و گلخانه‌ها، باغات، فضای سبز و ... مورد استفاده قرار گیرد اولاً صرفه‌جویی بالای آب و ثانیاً انعطاف‌پذیری این نوع سیستم‌ها با شرایط گوناگون زمین و منطبق شدن با نوع نیاز گیاه در مصرف آب است. همچنین با نصب سیستم در فضاهای سبز می‌توان پخش‌کننده‌های آب نصب شده در محیط (سیستم قطره‌ای، بارانی و ...) را نیز کنترل نمود. در بخش فضای سبز و باغداری می‌توان با مجهز کردن زمین‌ها به تجهیزات آبیاری

تحت فشار و نصب سیستم هوشمند آبیاری بر روی تجهیزات آبیاری تحت فشار فرآیند هوشمندسازی و مکانیزه کردن آبیاری را انجام داد. با نصب ایستگاه‌های سیستم هوشمند آبیاری و تقسیم زمین مورد نظر به چندین واحد آبیاری، می‌توان فرآیند آبیاری را حتی با سرانه کم آب (حقابه) انجام داد. به وسیله سامانه بی‌سیم سیستم هوشمند آبیاری و برقراری ارتباط بی‌سیم ایمن و بدون نویز هیچ‌گونه محدودیتی در مساحت و هکتار زمین یا باغ تحت پوشش سیستم هوشمند آبیاری وجود نخواهد داشت. این سیستم‌ها کاربر را قادر می‌سازد تا به راحتی فضای سبز یا زمین مورد نظر را در هر زمانی که تمایل داشتند آبیاری کرده و از آسیب دیدن گیاهان بر اثر بی‌آبی یا کم‌آبی ممانعت به عمل آورند. به دلیل آبیاری منظمی که سیستم در اختیار می‌گذارد با کمترین آب بیشترین بهره‌وری را خواهید داشت. با توجه به وضعیت فعلی آب کشور و این نکته که تقریباً ۸۰ درصد از هدر رفت آب در بخش کشاورزی است، استفاده از راه‌حل‌های هوشمندسازی می‌تواند یک راه حل مطمئن و مطلوب برای برون رفت از بحران آب و مدیریت مناسب آن باشد.

۱-۷-۲ امکانات سیستم آبیاری هوشمند

۱- قابلیت اتصال به انواع حسگرها:

حسگر رطوبت: با نصب این حسگر سیستم این قابلیت را داراست که با تنظیم مقدار رطوبت خاک توسط اپراتور آبیاری را آغاز کرده و هنگامی که رطوبت خاک به میزان کافی رسید سیستم آبیاری غیر فعال شود.

حسگر باران: با نصب این حسگر در هنگام بارندگی سیستم آبیاری را غیر فعال می‌کند تا از آب باران نیز حد اکثر استفاده انجام شود و در مصرف منابع آب صرفه‌جویی شود.

- ۲- بر اساس نیاز هر گیاه مقدار آب لازم و روزهای آبیاری در دستگاه تعریف شده که کار آبیاری به صورت خودکار و بر اساس تنظیمات از پیش تعریف شده انجام می‌گیرد.
- ۳- به دلیل نصب سوییچ فشار در سیستم‌های سنتی آبیاری، پمپ تعبیه شده در سیستم با افت فشار آب حتی در مواقعی که نیاز به آبیاری نیست روشن شده و مصرف بی‌دلیل برق را در پی دارد، که در سیستم آبیاری هوشمند با ایجاد قابلیت کنترل پمپ توسط دستگاه در مصرف جریان برق به طور چشمگیری صرفه‌جویی خواهد شد.
- ۴- امکان کنترل سیستم توسط ریموت کنترل و نرم‌افزار از راه دور وجود دارد.
- ۵- امکان کنترل دستی سیستم در مواردی که آبیاری بیشتر بعضی قسمت‌ها نیاز باشد.
- ۶- امکان نصب و کنترل (master valve) برای کنترل ورودی اصلی آب به کل شبکه و قطع جریان آب در مواقعی که سیستم غیرفعال می‌باشد.
- ۷- امکان خارج کردن روزهای مختلف از مدار آبیاری برای زمین‌هایی که در روزهایی خاصی آب به طرق دیگری وارد سیستم باغ یا فضای سبز می‌شود.
- ۸- کلیه شیر برقی‌ها ضد آب بوده و به دلیل کارکرد دستگاه و کل سیستم با برق ۲۴ ولت هیچ‌گونه خطر جانی ناشی از برق گرفتگی وجود نداشته و سیستم کاملاً ایمن می‌باشد.
- ۹- قابلیت تعریف سناریوهای مختلف آبیاری برای فصل‌های مختلف سال که با توجه به مقدار ریزش آب در فصول مختلف آبیاری انجام و در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود.
- ۱۰- در مواقعی که در عملکرد سیستم و تجهیزات مشکلی به وجود بیاید از طریق دستگاه و نرم‌افزار به کاربر اطلاع داده می‌شود.

۲-۷-۲ تجهیزات و اجزای سیستم آبیاری هوشمند

پس از نصب کامل سیستم آبیاری هوشمند به دو روش می‌توان از آن استفاده کرد. اولین روش می‌تواند با استفاده از رایانه داده‌های مربوط به قسمت‌های مختلف مزرعه را به صورت دستی به واحد مرکزی کنترل وارد کرد و زمان‌های مشخص را برای آبیاری انتخاب کرد و سیستم براساس زمان‌های تعیین شده، موتور را به حرکت درمی‌آورد و آبی که از طریق واتر پمپ پمپاژ می‌شود، با میله افقی متحرک سوراخ‌دار روی زمین زراعی ریخته می‌شود و سیستم با استفاده از داده‌های موجود می‌تواند دور موتور را تنظیم کند و به این وسیله می‌توان قسمت‌های مختلف را به اندازه مورد نیاز آبیاری کرد. روش دوم که بسیار راحت‌تر از روش قبل است، اطلاعات به وسیله حسگرها و ایستگاه‌های هواشناسی جمع‌آوری و با استفاده از شبکه ارتباطی داده‌ها به واحد کنترل مرکزی ارسال می‌شود و این واحد به صورت هوشمند داده‌ها را پردازش می‌کند و زمان و دور موتور را برای آبیاری انتخاب کرده و در زمان مقرر، سیستم به صورت خودکار و بدون دخالت نیروی انسانی به شکل روش اول شروع به آبیاری می‌کند. این سیستم دارای یک تایمر قابل برنامه‌ریزی با حداکثر ۳۰ برنامه مختلف در طول روز و هفته بر اساس ساعات مشخص شده سیستم آبیاری را کنترل، روشن و خاموش خواهد نمود. همچنین این سیستم مجهز به سیستم مدیریت در بستر GSM بوده که قابلیت کنترل سیستم آبیاری با تلفن همراه را میسر می‌سازد. در این سیستم با نصب یک عدد سیم کارت که به عنوان شماره ارتباط با سیستم شناخته خواهد شد و معرفی شماره تلفن‌های موبایل افراد مجاز به سیستم امکان مدیریت سیستم آبیاری در بستر موبایل فراهم خواهد شد. افرادی که شماره تلفن همراه آنها برای سیستم معرفی گردیده‌اند، با یک پیامک یا تماس از دست رفته (miss call) با متن ON یا OFF قادر خواهند بود، از هر مکان (حتی کیلومترها دورتر) سیستم آبیاری را روشن یا خاموش نمایند. در

این سیستم تماس از دست رفته مرتبه اول به منزله استارت سیستم آبیاری و تماس از دست رفته مرتبه دوم به منزله توقف آبیاری می‌باشد. همچنین سامانه هوشمند در هر مرحله پیام تاییدی مبنی بر روشن شدن یا خاموش شدن سیستم آبیاری به شماره‌های مجاز تعریف شده ارسال خواهد کرد که اپراتور را در جریان وضعیت پمپ قرار خواهد داد.

۲-۷-۳ پارامترهای موثر در سیستم آبیاری هوشمند و تحلیل آنها

- ✓ بررسی داده‌ها و آمارهای اقلیمی در آبیاری هوشمند در آمار چندین ساله هواشناسی مانند دما، بارندگی، رطوبت، سرعت باد، تابش آفتاب برای محاسبه نیاز روزانه آبیاری هر محصولی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ✓ داده‌های زراعی در آبیاری هوشمند
- ✓ الگو و تراکم کشت مورد نظر و مناسب بودن گیاهان انتخاب شده برای طرح از نظر اقلیمی
- ✓ بررسی خاک عملیات زراعی و آبیاری اتوماتیک
- ✓ اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ضریب گیاهی Kc در هر محصول آبیاری اتوماتیک
- ✓ خصوصیات فنولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه بذرکاری شده
- ✓ ارتفاع گیاه و مراحل حساس به تنش آبی. ضرایب حساسیت به شوری و کم آبی، حساسیت به کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف
- ✓ داده‌های مربوط به خاک آبیاری هوشمند
- ✓ بافت و ساختمان خاک، عمق خاک، نقاط پتانسیلی خاک

✓ ظرفیت زراعی، وزن مخصوص منحنی رطوبت خاک در آبیاری هوشمند نقطه پژمردگی

و حد اشباع قابل استخراج توسط گیاه، شوری و سدیمی بودن خاک

✓ ظرفیت نگهداری آب در خاک، نفوذپذیری و شماره منحنی نفوذ و محل خروجی زه-

آب‌ها

✓ داده‌های مربوط به آب محل اصلی برداشت آب، مقدار حجمی آب در طول سالی که

آبیاری هوشمند انجام شده است.

✓ دبی جریان آب و تغییرات احتمالی آن، شوری آب، ارتفاع منبع آب نسبت به زمین،

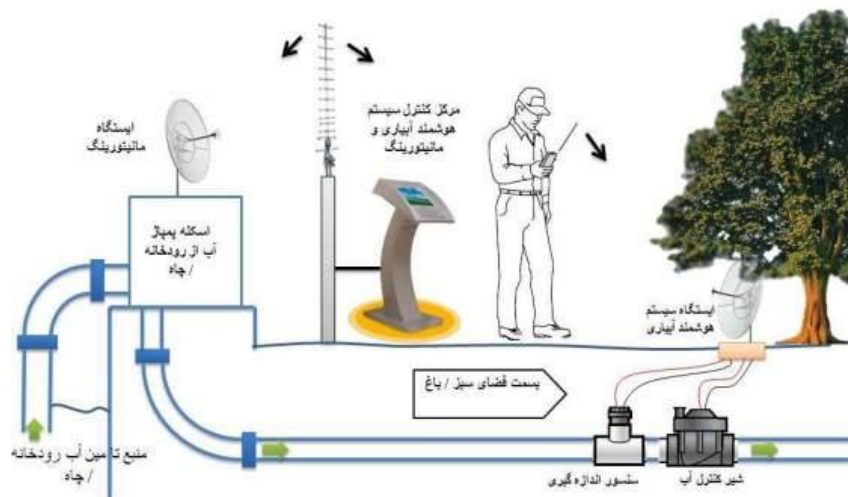
فاصله منبع آب تا زمین، درجه تناسب آب با گیاهانی که در طرح وجود دارند. حقایقه‌ها

و مسایل قانونی و حقوقی آب

✓ نقشه‌های توپوگرافی زمین. نقشه‌های موقعیت. راه‌ها موارد ترجیحی زارع و وضعیت

مالی او. سایر عوامل فیزیکی که به نحوی در اجرا آبیاری هوشمند موثر است.

در کشاورزی هوشمند با استفاده از سیستم‌های آبیاری هوشمند که دارای حسگرهایی برای تعیین کیفیت آب و رطوبت خاک می‌باشند، عملیات بسیار دقیقی در برنامه‌ریزی و مدیریت آب صورت می‌گیرد. این سیستم هوشمند می‌تواند تبخیر- تعرق گیاه را اندازه گرفته و مقدار دقیق آب مورد نیاز گیاه را در اختیار آن قرار دهد. انرژی الکتریکی مورد نیاز این سیستم نیز از طریق انرژی خورشیدی تامین می‌گردد. سامانه‌های آبیاری هوشمند نه تنها برای کنترل نیاز آبی گیاه بلکه برای پایش و کنترل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک طراحی گردیده‌اند. این سیستم‌ها توانایی پایش و کنترل هر یک از عناصر غذایی در حدود تعیین شده (به وسیله نمونه‌گیری‌های خاک در آن منطقه) را دارند و در نتیجه باعث افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد مزرعه می‌شوند.



شکل ۲-۱: طرح‌واره کلی آبیاری هوشمند مزارع

۲-۸ مراحل کاشت نهال درخت

۲-۸-۱ آماده سازی زمین

نحوه و مراحل تهیه زمین برای کاشت درختان میوه عبارت است از:

۲-۸-۱-۱ تسطیح زمین

برای آماده کردن زمین برای احداث باغ الزم است قبل از اجرای هر نوع عملیات دیگر در روی زمین، آن را تسطیح و ترازبندی نمود؛ زیرا درختان میوه به دلیل اینکه مدت زیادی در یک محل باقی می‌مانند، بنابراین باید کلیه عملیات مربوط به تهیه و آماده کردن زمین به خوبی انجام گیرد. تسطیح عبارت است از صاف و

هموار کردن زمین بهمنظور بهتر شدن وضع آبیاری و سایر عملیات کاشت و داشت.

۲-۸-۱-۲ کود پاشی

تنظیم میزان مواد آلی خاک مطابق با جدول تجزیه خاک انجام شده و توصیه متخصص تغذیه درختان میوه نیز در مصرف مقدار کود آلی خاک که شامل کود دامی و کود سبز می‌شود، مؤثر است.

۲-۸-۱-۳ شخم عمیق

پس از انجام عمل کودپاشی، به وسیله تجهیزات و ادوات شخم زنی، شخم عمیقی در حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر در خاک زده خواهد شد که اولاً کود به طور کامل با خاک مخلوط شود و ثانیاً خاک زمین مورد کاشت نرم شده تا عملیات بعدی به طور آسانتری انجام گیرد.

۲-۸-۱-۴ دیسک زدن

بر اثر شخم زدن عمیق در زمین مقداری کلوخ بزرگ به وجود می‌آید که در موقع کاشت و پیاده کردن نقشه و غیره اشکالاتی بهوجود می‌آورند. برای خرد کردن این کلوخها احتیاج به دیسک عمود برجهت شخم زده میشود.

۵-۱-۸-۲ ماله کشی

ماله پس از دیسک زدن، زمین را ماله میکشند. ماله ممکن است چوبی یا آهنی باشد. ماله شیارهای کوچک حاصله از عملیات قبل را هموار و مسطح می‌نماید.

۶-۱-۸-۲ گونیا کردن زمین

برای اینکه عملیات کشاورزی در باغ به صورت مکانیزه و با استفاده از ماشین آلات انجام شود، باید درختان بر روی ردیف و با فواصل مناسب کشت شوند.

۷-۱-۸-۲ ایجاد چاله

پس از آنکه محل درختان در زمین اصلی مشخص شد آنها را با آهک و یا کوبیدن میخ چوبی علامتگذاری و سپس گودها یا چاله‌ها ایجاد می‌شوند. چاله‌ها به‌صورت دستی یا مته چاله‌کنی ایجاد می‌گردند.

۲-۸-۲ انتخاب نهال مرغوب

نهال گواهی شده و مرغوب نهالی است که از نظر نوع رقم پایه و پیوندک، کاملاً مشخص و عاری از هر گونه آفت، بیماری، نماتد، و علفهای هرز انگلی باشد و از هر نظر مورد تأیید کمیته فنی نظارت بر تهیه و توزیع نهال سازمان جهاد کشاورزی و دارای گواهی سلامت و بهداشت و کنترل کیفیت باشد. تهیه نهال باید با توجه به شرایط محیطی منطقه، عوامل اقتصادی، نوع و رقم میوه انجام گیرد تا بهترین

سازگاری و کیفیت را داشته باشد. بیشتر درختان میوه از طریق پیوند و تعدادی نیز از راه قلمه، خوابانیدن و بذر تکثیر میشوند.

۹-۲ منطق و کنترل فازی

نظریه فازی برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ به وسیله یک دانشمند ایرانی به نام پروفسور لطفعلی عسکرزاده تحت عنوان "نظریه مجموعه‌های فازی" به جامعه علمی معرفی شد که علت و انگیزه اصلی آن ابراز عدم رضایت از ناتوانی و ضعف منطق کلاسیک دو مقداری (دودویی) در نظریه مجموعه‌ها و ریاضیات بسیار دقیق در برخورد با دنیای واقعی و نادقیق بود. گرچه این نظریه در ابتدا با مخالفت‌هایی در جوامع علمی مواجه گشت، ولی به مرور ارزش و اعتبار آن مشخص شد و کاربردهای آن نیز معلوم گردید، به طوری که امروزه در تمامی زمینه‌ها کاربرد پیدا کرده است و انگ، ۱۳۸۵. مهم‌ترین کاربرد منطق فازی در سیستم‌های کنترل پیشرفته نظیر کنترل فرآیندهای صنعتی، کنترل خودرو، کنترل ترافیک، کنترل سرعت قطار، سیستم‌های نظامی، همچنین لوازم خانگی نظیر ماشین‌های لباسشویی، یخچال‌ها، اجاق‌های میکروویو و دوربین‌های تصویربرداری می‌باشد. به دلیل گسترش و اهمیت روزافزون سیستم‌های فازی، حتی تراشه‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که قواعد فازی را به صورت سخت‌افزاری اجرا می‌کنند. از سیستم‌های فازی می‌توان به عنوان کنترل کننده مدار باز یا مدار بسته استفاده کرد. هنگامی که به عنوان کنترل کننده مدار باز استفاده می‌شود، سیستم فازی معمولاً بعضی پارامترهای کنترل را معین کرده و آنگاه سیستم مطابق با این پارامترهای کنترل کار می‌کند. بسیاری از کاربردهای سیستم فازی در الکترونیک به این دسته تعلق دارند. هنگامی که سیستم

^۱Chips

فازی به عنوان یک کنترل کننده مدار بسته به کار می‌رود، کنترل کننده فازی خروجی‌های فرآیند را اندازه‌گیری کرده و به طور هم‌زمان عملیات کنترل را انجام می‌دهد. کاربرد سیستم فازی در فرآیندهای صنعتی به این دسته تعلق دارند (وانگ، ۱۳۸۵).

۲-۹-۱ کنترل فازی

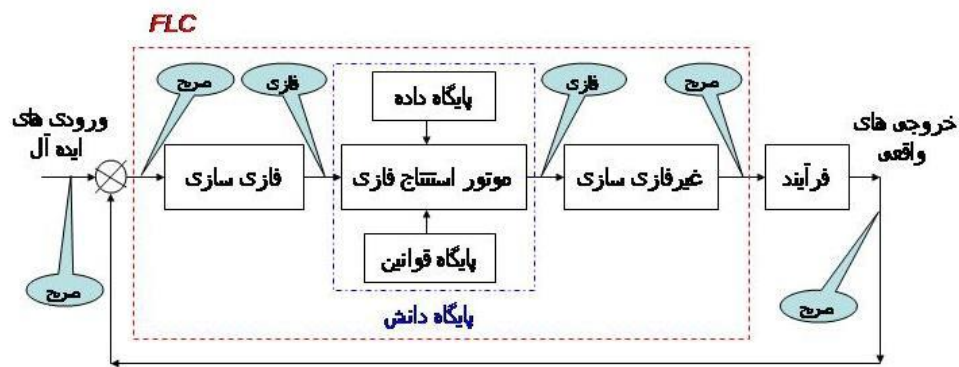
منطق فازی با هدف مطالعه دانش غیر دقیق و استدلال نزدیک به زبان بشر مورد بررسی قرار گرفته است. منطق فازی یک قانون کترلی موثر بدون توسعه تئوری‌های بزرگ است. در واقع، کنترل کننده‌های فازی عمدتاً در شرایطی که معادله ریاضی حاکم بر یک فرآیند به خوبی شناخته نشود و یا زمانی که رفتار فرایند غیر خطی باشد، عملکرد قوی‌تری نسبت به تکنیک‌های سنتی نشان می‌دهند. این مزیت شامل ارائه دانش زبانی در مورد چگونگی کنترل یک فرآیند غیرخطی مانند گلخانه، با توجه به تجارب تولیدکنندگان است. استفاده از کنترل کننده‌های منطقی فازی (FLCs) نشان دهنده یک روش قدرتمند برای به حداقل رساندن و تسهیل مدیریت شرایط آب و هوایی گلخانه‌های مدرن است (Candido et al., 2007). با استفاده از الگوریتم‌های منطق فازی ماشین‌ها قادر به درک و پاسخ به مفاهیم مبهم انسانی مانند گرم، سرد، خشک و غیره می‌باشند (El Aoud et al., 2007).

یک سیستم کنترل فازی یا کنترل کننده منطق فازی (FLC) از سه قسمت اصلی فازی سازها^۱ پایگاه دانش^۲ و غیر فازی سازها^۳ تشکیل گردیده است. پایگاه دانش خود از پایگاه قواعد^۴ پایگاه داده‌ها^۵ و موتور استنتاج فازی تشکیل شده است (شکل ۲-۱) (وانگ، ۱۳۸۵).

^۱Fuzzifiers

^۲Knowledge Base

^۳Defuzzifiers



شکل ۲-۲: ساختار یک سیستم کنترل فازی.

۲-۹-۲ فازی سازها

اطلاعات ورودی به یک FLC اطلاعات صریح می‌باشند که توسط فازی سازها در قالب مجموعه‌های فازی بیان می‌گردند. این قسمت بین ورودی (دنیای واقعی مثلاً حسگر) و موتور استنتاج فازی قرار دارد. اگر $U \in R^n$ و $V \in R$ دو مجموعه فازی باشد، آنگاه فازی ساز به عنوان نگاشتی از یک نقطه $x \in U$ به یک مجموعه فازی A در U تعریف شده است. چه معیاری در طراحی فازی ساز وجود دارد؟ اول اینکه فازی ساز باید این حقیقت را در نظر بگیرد که ورودی در نقطه x قطعی است، بدین معنی که مجموعه فازی A باید در نقطه x مقدار تعلق بزرگی داشته باشد. دوم اینکه، اگر ورودی سیستم فازی به وسیله نویز خراب شود، فازی ساز باید بتواند تأثیر نویز را کاهش داده یا حذف کند و سوم اینکه فازی ساز باید بتواند در ساده‌تر کردن محاسبات مربوط به

*Rule Base

*Data Base

موتور استنتاج فازی نقش داشته باشد. فازی سازها انواع مختلفی مثل فازی ساز منفرد، فازی سازی گوسی شکل^۲ و فازی ساز مثلثی^۳ دارند.

الف- فازی ساز منفرد: فازی ساز منفرد یک نقطه $x^* \in U$ با مقدار حقیقی را به یک منفرد فازی A در U می نگارد که مقدار تعلق در نقطه x^* برابر با یک و در سایر نقاط U برابر با صفر می باشد، یعنی:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & : x = x^* \\ 0 & : x \neq x^* \end{cases} \quad (21-2)$$

ب- فازی ساز گوسی: فازی ساز گوسی نقطه $x^* \in U$ را به مجموعه فازی A در U با تابع تعلق گوسی زیر می نگارد:

$$\mu_A(x) = e^{-\left[\frac{x_1 - x_1^*}{a_1}\right]^2} \times \dots \times e^{-\left[\frac{x_n - x_n^*}{a_n}\right]^2} \quad (22-2)$$

که a_i ها ($i=1,2,\dots,n$) پارامترهای مثبت و $\times$ نشان دهنده اشتراک فازی (مینیم) بوده که معمولاً از نوع ضرب یا min انتخاب می شود.

ج- فازی ساز مثلثی: فازی ساز مثلثی نقطه $x^* \in U$ را به مجموعه فازی A در U با تابع تعلق مثلثی زیر می نگارد:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \left[1 - \frac{|x_1 - x_1^*|}{b_1}\right] \times \dots \times \left[1 - \frac{|x_n - x_n^*|}{b_n}\right] & : |x_i - x_i^*| \leq b_i \\ 0 & : |x_i - x_i^*| > b_i \end{cases} \quad (23-2)$$

^۱Singleton Fuzzifier

^۲Gaussian Fuzzifier

^۳Triangular Fuzzifier

که b_i ها پارامترهای مثبت و $\times$ نشان‌دهنده اشتراک فازی بوده که معمولاً از نوع ضرب جبری یا $\min$ انتخاب می‌شود.

۳-۹-۲ پایگاه دانش

پایگاه دانش عمل استنتاج خروجی (ورودی سیستم اصلی) با توجه به عدد فازی ورودی (خطای سیستم مدار بسته) را انجام می‌دهد و از سه بخش تشکیل شده است:

الف- پایگاه قواعد: راهبرد کنترل کلامی عموماً در قالب یک مجموعه قواعد شرطی به فرم رابطه شرطی (اگر - آنگاه) فازی مطابق فرم زیر بیان می‌گردند:

اگر مجموعه‌ای از شرایط برقرار باشد (فرض) آنگاه مجموعه‌ای از نتایج قابل استنتاج هستند (نتیجه).

این قواعد که از تجربیات کارشناس خبره یا روش‌های آماری و غیره استخراج گردیده‌اند به صورت یک پایگاه قواعد، مبین راهبرد کنترلی فازی بوده و یکی از بخش‌های مهم کنترل‌کننده فازی به شمار می‌روند.

ب- پایگاه داده: قواعد شرطی فازی که در بخش پایگاه قواعد وجود دارند، بر اساس مفاهیم مبهم و متغیرهای زبانی که در قالب اعداد فازی بیان گردیده‌اند، استوارند. فرم توابع تعلق این متغیرها و فضاهای مرجع آنها همگی به صورت یک پایگاه داده در کنترل‌کننده فازی وجود دارند.

ج- موتور استنتاج فازی: موتور استنتاج که هسته اصلی کنترل‌کننده فازی می‌باشد، با توجه به قواعد شرطی فازی موجود در پایگاه قواعد و اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها و دریافت ورودی از

^۱Antecedent

^۲Consequent

بخش فازی‌ساز، عمل استنتاج فازی را انجام داده و خروجی نهایی را که ورودی کنترلی به سیستم اصلی می‌باشد، در قالب یک مجموعه فازی تعیین می‌نماید. موتور استنتاج فازی، نگاشتی از مجموعه فازی A در U به مجموعه فازی B در V است طوری که اصول منطق فازی برای ترکیب قواعد اگر-آنگاه در پایگاه قواعد فازی استفاده شده باشد. برای نتیجه‌گیری از روی یک مجموعه از قواعد دو روش استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد و استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه وجود دارد. در استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد، تمامی قواعد موجود در پایگاه قواعد فازی در یک رابطه فازی $U \times V$ ترکیب شده و آنگاه به دیده یک قاعده اگر-آنگاه فازی تنها نگریسته می‌شود. در استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه، هر قاعده در پایگاه قواعد فازی یک خروجی فازی را معین کرده و خروجی نهایی، ترکیب M خروجی جداگانه (M همان تعداد قواعد می‌باشد) مجموعه‌های فازی خواهد بود، عمل ترکیب را می‌توان به وسیله اجتماع یا اشتراک انجام داد.

موتور استنتاج نیز شامل انواع مختلفی مثل موتور استنتاج حاصل ضرب، موتور استنتاج لوکاس ویز^۱، موتور استنتاج زاده، موتور استنتاج دینس^۲ و موتور استنتاج مینیم (ممدانی)^۳ می‌باشند. موتورهای استنتاج حاصل ضرب و مینیم مهم‌ترین موتورهای استنتاج مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی هستند. مهم‌ترین مزیت آنها در سادگی محاسباتشان می‌باشد. سایر موتورهای استنتاج ذکر شده به خاطر حجم عملیات محاسباتی بالا، کمتر به کار می‌روند. لذا ما موتورهای استنتاج حاصل ضرب و مینیم را تعریف می‌کنیم (وانگ، ۱۳۸۵).

^۱ Lukasiewicz

^۲ Dienes

^۳ Mamdani

۱- موتور استنتاج حاصل ضرب: در موتور استنتاج حاصل ضرب از استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع، استلزام حاصل ضرب ممدانی، ضرب جبری برای اشتراک فازی و ماکزیمم برای اجتماع فازی استفاده می شود. اگر A و B مجموعه های فازی و x و y نیز به ترتیب عضوهای از این مجموعه های فازی باشند و n تعداد عضوهای مجموعه A و M نیز تعداد عضوهای مجموعه فازی B باشند، استلزام حاصل ضرب ممدانی (Q_{MP}) به صورت زیر می باشد (وانگ، ۱۳۸۵):

$$\mu_{Q_{MP}}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad (24-2)$$

و موتور استنتاج حاصل ضرب نیز به صورت زیر می باشد:

$$\mu_B(y) = \max_{l=1}^M \left[\sup_{x \in U} (\mu_A(x) \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \mu_{B^l}(y)) \right] \quad (25-2)$$

که در آن؛ $\prod_{i=1}^n$: تابع حاصل ضرب می باشد.

Sup: تابعی است که مقدار حداکثر را می دهد.^۱

۲- موتور استنتاج مینیمم: در موتور استنتاج مینیمم یا به اختصار روش ممدانی از استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع، استلزام مینیمم ممدانی عملگر $\min$ برای اشتراک فازی و ماکزیمم برای اجتماع فازی استفاده می شود.

استلزام مینیمم ممدانی (Q_{MM}) به صورت زیر می باشد:

$$\mu_{Q_{MM}}(x, y) = \min[\mu_A(x), \mu_B(y)] \quad (26-2)$$

و موتور استنتاج مینیمم نیز به صورت زیر می باشد:

^۱ Superior

$$\mu_B(y) = \max_{l=1}^M \left[\sup_{x \in U} \min (\mu_A(x), \mu_{A_1^l}(x_1), \dots, \mu_{A_n^l}(x_n), \mu_{B^l}(y)) \right] \quad (27-2)$$

۴-۹-۲ غیر فازی سازها

خروجی پایگاه دانش که ورودی کنترلر به سیستم اصلی یا فرآیند تحت کنترل می باشد در قالب یک مجموعه فازی ارائه می گردد که این مجموعه فازی باید به یک عدد غیر فازی (صریح) برای استفاده سیستم اصلی، تبدیل گردد. غیر فازی سازها بین موتور استنتاج فازی و خروجی (دنیای واقعی) قرار دارند. غیر فازی ساز به عنوان نگاشتی از مجموعه فازی B در $V \subset R$ (که خروجی موتور استنتاج فازی است) به یک نقطه قطعی $y^* \in V$ تعریف می گردد. به طور مفهومی، وظیفه غیر فازی ساز مشخص کردن نقطه ای است که بهترین نماینده مجموعه فازی B باشد. این موضوع مشابه مقدار میانگین یک متغیر تصادفی می باشد. با این حال از آنجا که مجموعه فازی B به طرق مختلفی ساخته می شود، ما نیز انتخاب های مختلفی برای تعیین این نقطه داریم.

غیر فازی سازی به روش های مختلف مثل غیر فازی سازی مرکز ثقل^۱، غیر فازی سازی میانگین مراکز^۲، غیر فازی سازی ماکزیمم^۳، روش مرکز مجموعه ها^۴، روش ارتفاع^۵ و روش اولین ماکزیمم^۶

^۱ Center of Area/Gravity Defuzzifier

^۲ Average Defuzzifier

^۳ Maximum Defuzzifier

^۴ Center of Sums

^۵ Height

^۶ First of maxima

انجام می‌گیرد. فرض کنید که B، اجتماع یا اشتراک M مجموعه فازی جداگانه است، حال سه نوع غیر فازی ساز که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند را معرفی می‌کنیم.

الف- غیر فازی ساز مرکز ثقل (CoG) یا مرکز مساحت^۱ (CoA): غیر فازی ساز مرکز ثقل، نقطه y^* را به عنوان مرکز ناحیه‌ای که به وسیله تابع تعلق B پوشش داده شده، تعریف می‌کند. بدین معنا که:

$$y^* = \frac{\int_V y \mu_B(y) dy}{\int_V \mu_B(y) dy} \quad (28-2)$$

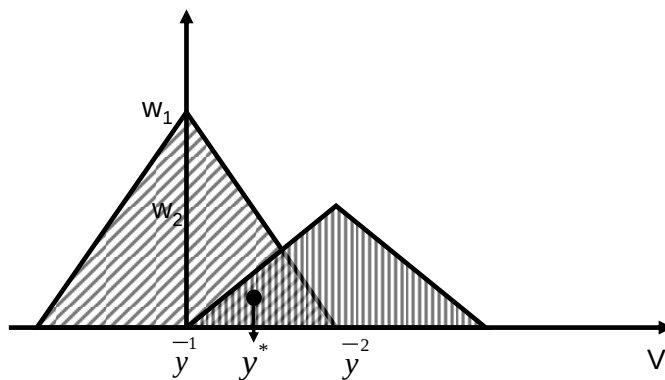
که $\int_V$ نشان‌دهنده عمل انتگرال می‌باشد.

ب- غیر فازی ساز مرکز ماکزیمم^۲ یا میانگین مراکز (CoM): از آنجا که مجموعه فازی B، اجتماع یا اشتراک M مجموعه فازی می‌باشد، یک تقریب وزنی خوب رابطه (۲-۹) میانگین وزنی مراکز M مجموعه فازی با وزنهایی برابر با ارتفاع مجموعه‌های فازی متناظر می‌باشد. فرض کنید $\bar{y}^n$ ، مرکز مجموعه فازی n ام و w_n درجه ارتفاع آن باشد، غیر فازی ساز میانگین مراکز، y^* را بدین ترتیب معرفی می‌کند (شکل ۲-۲).

$$y^* = \frac{\sum_{e=1}^M \bar{y}^n \cdot w_n}{\sum_{e=1}^M w_n} \quad (29-2)$$

^۱Center of Area

^۲Center of Maximum



شکل ۳-۲: نمایش گرافیکی غیر فازی ساز میانگین مراکز.

غیر فازی ساز میانگین مراکز، متداول‌ترین غیر فازی ساز مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی می‌باشد. از لحاظ محاسباتی ساده بوده ضمن اینکه از نظر شهودی توجیه‌پذیر می‌باشد. هم‌چنین تغییرات کوچک در $\bar{y}^n$ و w_n تغییرات کوچکی را در y^* نتیجه می‌دهد.

ج- غیر فازی ساز وسط ماکزیمم^۱ (MoM): غیر فازی ساز ماکزیمم نقطه y^* را به عنوان نقطه‌ای در V که $\mu_B(y)$ به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد، تعریف می‌کند. این غیر فازی ساز، ضمن داشتن توجیه‌پذیری شهودی و محاسبات ساده، فقط در حالت‌های خاص به کار می‌رود.

۲-۱۰ پژوهش‌های انجام شده در خصوص آبیاری هوشمند

یکی از مهمترین رمزهای موفقیت کشاورزی دقیق استفاده از تکنولوژی نرخ متغیر در اعمال نهاده‌ها در مزرعه است. تکنولوژی نرخ متغیر تکنولوژی است که نهاده‌ها را با نرخ متغیر و متناسب با نیاز محصول در اختیار زمین قرار می‌دهد و نرخ تغییرات بر اساس اطلاعات نقشه یا حسگر حاصل می‌گردد. در بسیاری از روش‌های تامین حد نیاز آبی گیاه به‌صورت هوشمند، با به‌کارگیری تعداد

^۱Mean of Maximum

زیادی از پارامترهایی وجود دارد که باید مورد اندازه‌گیری قرار گیرند. زیاد بودن پارامترهای تاثیر گذار بر نیاز آبی گیاه موجب افزایش تعداد حسگرها در مزرعه و نهایتاً باعث افزایش هزینه‌های ثابت خواهد شد (Bhosale and Dixit, 2012). تعداد پارامترهای یک عامل اساسی در انتخاب روش مناسب برای هوشمند نمودن سیستم آبیاری می‌باشد. آنچه در برآورد نیاز آبی گیاه به‌صورت هوشمند حایز اهمیت است ارائه روشی کارا و ساده برای تعیین زمان آبیاری را براساس تنش رطوبتی اطراف ریشه گیاه در نظر می‌گیرند، آن‌ها محدوده رطوبتی مطلوب رشد گیاه را در نظر داشته و با اندازه‌گیری مداوم آن اقدام به زمان‌بندی خودکار آبیاری می‌نمایند (Angelopoulos, 2011).

در زمینه کنترل هوشمند سیستم‌های آبیاری قطره‌ای عبدالرحمانی رزکه و فرخی تیمورلو در سال (۱۳۹۲)، پس از طراحی و ساخت سخت افزار واحد کنترل و بررسی عملکرد سامانه در گلخانه مشخص شد که این حسگر قابلیت کنترل رطوبت و دقت خوبی را دارا می‌باشد و سامانه به‌صورت خودکار محدود رطوبتی اطراف ریشه را کنترل می‌نماید. داده‌های دریافتی از دو شیوه دستی و خودکار حاکی از آن بود که هیچ تفاوت بخصوصی در عملکرد محصول وجود ندارد بلکه آنچه به‌عنوان یک تفاوت مهم در بررسی دو سامانه مشهود بود میزان مصرف آب می‌باشد (عبدالرحمانی و تیمورلو، ۱۳۹۳). در تحقیقی که در سال ۲۰۱۲ توسط موحصالح و همکاران انجام گرفته است یک سیستم آبیاری مجهز به تزریق کود بصورت خودکار ابداع گردیده است. در این پژوهش از حسگرهای اندازه‌گیری خصوصیات خاک نظیر رطوبت، قابلیت هدایت الکتریکی و PH، سطح آب در مخزن استفاده گردیده که این امر موجب پیچیده شدن سیستم می‌شود. خصوصیات مختلف خاک در مزرعه محدودیت استفاده از سیستم‌های که چندین حسگر لازم دارد را به وجود می‌آورد. چنانچه

برای هر قسمت از زمین که دارای خصوصیات متفاوتی می باشد از حسگرهای بیان شده استفاده گردد موجب افزایش تعداد حسگرها و افزایش هزینه می گردد (Mohd Salih., 2012).

شرکت FAMOSA در کشور ایتالیا ، یک سامانه آبیاری هوشمند را با استفاده از اینترنت اشیا مبتنی بر شبکه حسگر بی سیم ادر باغ کیوی و به منظور بهبود تولید محصول طراحی و پیاده سازی کرده است. در این سامانه از حسگرهای وضعیت آبی خاک در عمق های مختلف، همچنین حسگرهای قطر میوه، دما و رطوبت نسبی هوا استفاده شده است. امکان مقایسه اثر استراتژی های آبیاری، اعلام هشدار فوری در خصوص هرگونه شرایط تنش آبی، و کمک به باغدار در خصوص تصمیم گیری برای آبیاری و فعال یا غیرفعال کردن سیستم آبیاری از نتایج این سامانه بوده است.

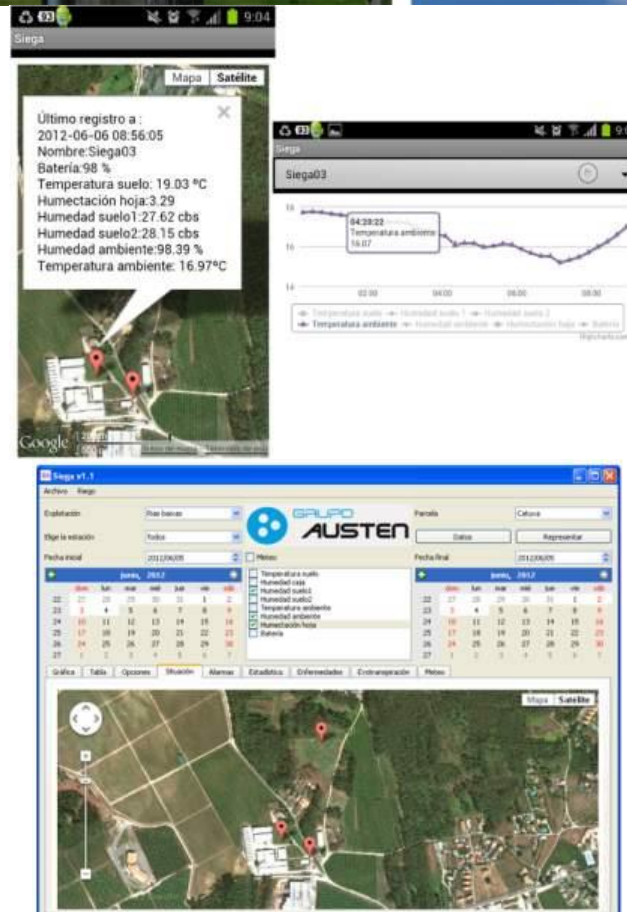


⁴ Wireless Sensor Network



شکل ۲-۴: سامانه آبیاری هوشمند باغ کیوی مبتنی بر اینترنت اشیا (Libelium, 2017)

اسپانیا نیز کشور اروپایی دیگری است که در زمینه کشاورزی هوشمند پیشرفت‌های خوبی داشته و در حوزه باغبانی هوشمند نیز به صورت عملی پایلوت‌هایی را اجرا کرده است. شرکت Grupo Austen در اسپانیا یک سامانه هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا و شبکه حسگر بی‌سیم طراحی و در تاکستانی واقع در شمال این کشور پیاده‌سازی کرده است.



شکل ۵-۲: سامانه هوشمند مدیریت تاکستان در اسپانیا مبتنی بر اینترنت اشیا (Bielsa, 2012)

۱۱-۲ نتیجه گیری

در این تحقیق یک سامانه آبیاری و کوددهی جدید با استفاده از تکنیک منطق فازی با بهره‌گیری از دانش و تجربه کشاورز را توسعه داده شد. در بین نهادهای کشاورزی، اضافه نمودن متعادل کودهای شیمیایی بیشتر از سایر نهادهای در افزایش تولید محصولات کشاورزی موثر است. از طرف دیگر افزایش تولید در واحد سطح و بهبود کمی و کیفی عملکرد هرچه بیشتر محصولات زراعی و باغی، نیاز به توجه خاصی دارد که هوشمند کردن سیستم‌های آبیاری و تبدیل آنها از روش‌های رایج زارعین (سطحی) به سیستم‌های تحت فشار (قطرهای) می‌تواند نقش مهمی را در این مسئله داشته باشد چرا که استفاده از این سیستم‌ها باعث افزایش راندمان مصرف آب شده و به عبارت دیگر میزان تولید محصول را به ازای هر واحد آب افزایش می‌دهد. ترکیب این دو فاکتور (آب و کود) و یا به اصطلاح کود دهی با آبیاری از محاسن ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که موفقیت در این روش مستلزم داشتن آگاهی کافی در رابطه با نیاز آبی و نیاز کودی هر محصول است. در این روش به دلیل استفاده بهینه از مصرف آب و کود، آلودگی محیط زیست به حداقل رسیده و تقسیم مصرف کودها در مراحل حساس و مورد نیاز گیاه به سهولت انجام می‌پذیرد. همچنین از هدر رفتن کود بدلیل کنترل غلظت عناصر غذایی در خاک جلوگیری شده و مطابق با نیاز رشد گیاه، در اختیار آن قرار داده می‌شود از طرف دیگر به دلیل حلالیت یکنواخت کودها در آب آبیاری، جذب آن بهتر صورت می‌گیرد. با این توصیف در این میان مساله کمبود آب و حساسیت‌های قابل درکی که در سالیان اخیر در قبال موضوع حفظ محیط‌زیست و حفظ منابع انرژی ایجاد شده است و نظر به اینکه سیستم‌های سنتی کشاورزی با مدیریت نامناسب آب و از طرفی مصرف بی‌رویه کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی از

مهم‌ترین منابع آلودگی محیط‌زیست بوده است لذا در این پژوهش به منظور بهینه‌سازی مصرف آب و نهاده‌ها سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند طراحی شد.

فصل سوم

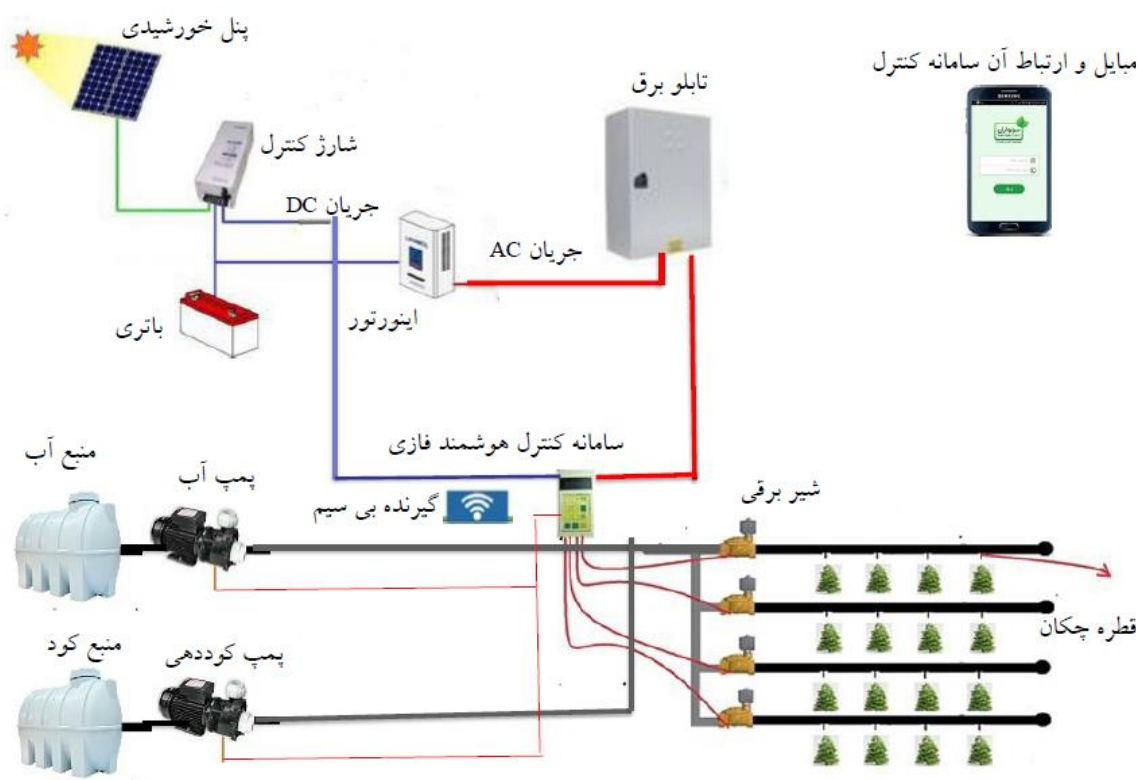
مواد و روش‌ها

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ مقدمه

در این مطالعه ، ما یک سیستم مبتنی بر روش کنترل فازی طراحی خواهیم کرد که به منظور کاهش از دست دادن آب از طریق تبخیر و تعرق در حالی که آب مورد نیاز محصول را تأمین می کند ، کاهش می یابد. این سیستم با نظارت بر فاکتورهای بحرانی در زمان واقعی (به عنوان مثال ، رطوبت خاک ، دما ، تابش خورشید و مقدار آب مصرفی) بهبود می یابد.

در این فصل ابتدا مراحل طراحی و نصب تجهیزات آبیاری هوشمند باغ توضیح داده شده است. ساخت آبیاری هوشمند شامل آماده سازی زمین، کاشت نهال، نصب حسگرها، طراحی و ساخت سامانه کنترلی، سامانه کنترل فازی است. سپس به ارزیابی سامانه پرداخته شد شکل (۳-۱).



شکل ۳-۱: سامانه آبیاری هوشمند کنترل فازي

۳-۲ مراحل ساخت و نصب تجهیزات آبیاری هوشمند

❖ آماده سازی زمین

۱- عمیات آماده سازی زمین از قبیل شخم و کندن گودال

۲- خرید نهال از نهالستان مرکز علمی و کاربردی امام خمینی (ره)

۳- کاشت نهال

❖ تأسیسات آبیاری تحت فشار و کود آبیاری

۱- طراحی سامانه آبیاری قطره ای

۲- نصب تاسیسات سامانه آبیاری قطره ای

❖ سامانه فتوولتاییک

۱- طراحی سامانه فتوولتاییک

۲- انتخاب سامانه فتوولتاییک

❖ انتخاب و تجهیز حسگرهای گلخانه

۱- حسگر رطوبت خاک

۲- حسگر نور

۳- حسگر دما و رطوبت نسبی هوا

❖ طراحی و نصب سامانه کنترلی گلخانه

۱- طراحی برد منبع تغذیه خطی

۲- طراحی برد رله‌ها

۳- طراحی برد پردازشگر اصلی

۴- طراحی برد ورودی حسگرها

❖ توسعه سامانه کنترل فازی

۱- طراحی سامانه کنترل فازی

۲- قوانین فازی

۳-۳ آماده سازی زمین

هدف اصلی در احداث باغ میوه، توسعه حداکثر باروری در حداقل زمان در هر هکتار زمین می‌باشد. در این مورد شرایط اقلیمی منطقه، نوع خاک، نوع پایه و عملیات زراعی موثر می‌باشند. همان طور که در فصل دو، احداث باغ نیازمند آمادگی های بسیاری است که لازم از است قبل از هر اقدامی به صورت اصولی بررسی و اجرا شود. مراحل آماده سازی زمین شامل: تسطیح زمین، کود پاشی، شخم عمیق، دیسک زدن، ماله کشی، گونیا کردن زمین و ایجاد چاله است. در این تحقیق ابتدا زمینی به مساحت ۵۰۰ متر مربع انتخاب شد. خرید نهال از نهالستان مرکز علمی و کاربردی امام خمینی (ره) صورت گرفت و بر اساس تقسیم بندی در شش ۵ ردیف و در هر ردیف ۶ عدد با فاصلهای استاندارد کاشته شدند.



شکل ۳-۲: باغ احداث شده مرکز علمی و کاربردی امام خمینی (ره)

۳-۴ تأسیسات آبیاری قطره‌ای و کود آبیاری

۳-۴-۱ کود آبیاری

کودآبیاری عبارت است از افزودن کود کشاورزی به آب آبیاری برای تامین همزمان آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه. این روش در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا بویژه در جاهایی که سیستم های آبیاری قطره ای وجود دارد متداول است. این روش معمولاً برای تامین نیتروژن بکار گرفته می شود. فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و آهن نیز به صورت کودآبیاری مصرف می شوند.. در این پژوه از یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری به منظور کودآبیاری استفاده شد شکل (۳-۲). به منظور خروج ثقلی کود از مخزن سازه ای جهت استقرار مخزن در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح باغ طراحی و ساخته شد.



شکل ۳-۳: مخزن کود آبیاری سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند

۳-۴-۲ سیستم آبیاری قطره‌ای

در این روش آبیاری، آب با فشار کم (حدود یک اتمسفر) پس از گذشتن از دستگاه کنترل مرکزی (در صورت نیاز توام با کود محلول) بوسیله لوله‌هایی که در سطح زمین پخش شده، پس از عبور از قطره چکان‌هایی که در محل‌های مناسب در مجاورت درخت قرار داده شده اند، بصورت قطره قطره و بطور ممتد به اندازه نیاز درخت به خاک داده می‌شود.

در این پژوهش از نازل پایه‌دار مدل MB06 یا همان مینی بابلر که دبی خروجی آن قابل تنظیم است استفاده شد (شکل ۳-۴). دبی خروجی نازل پایه دار براساس نیاز آبی درخت و باغ خاک تنظیم شد. این مینی بابلر دارای پایه میخی می باشد که این قابلیت را دارد در خاک تثبیت شود. ورودی نازل مینی بابلر ۱۰ میلی متر هست. هر چقدر فشار آب ورودی بیشتر باشد دبی خروجی مینی بابلر بیشتر می شود و در فشارهای زیاد حالت پخش آب به صورت قارچی اما اگر فشار آب کم باشد حالت پخش آب به صورت قطره ای می باشد.



شکل ۳-۴: محل نصب نازل پایه دار در باغ

۳-۵ سیستم فتوولتائیک

از سیستم‌های فتوولتائیک به عنوان یک منبع تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. این سیستم‌ها از لحاظ اتصال به شبکه عمومی برق دارای دو نوع متصل به شبکه ۱ و جدا از شبکه ۲ می‌باشند. سیستم‌های متصل به شبکه به طور عمده در مناطق شهری و صنعتی کاربرد دارد. در این سیستم برق تولیدی از پنل‌های خورشیدی توسط اینورترهای مخصوصی به برق AC تبدیل شده و به

۱. On Grid
۲. Off Grid

مصرف بارهای AC می‌رسد. هرگاه برق تولیدی توسط پنل‌ها بیش از نیاز باشد، مازاد بر مصرف تحویل شبکه عمومی می‌شود و بر عکس هرگاه برق تولیدی کفاف نیاز بارهای AC را ندهد، از شبکه عمومی مابقی نیاز بارهای AC تامین می‌گردد. سیستم‌های جدا از شبکه بیشتر در مناطق دور از خطوط نیرو و یا به عنوان برق اضطراری در مکان‌های حساس به کار می‌روند و دارای یک مجموعه باتری جهت ذخیره انرژی الکتریکی می‌باشند. استفاده از سیستم های فتوولتائیک به طور کلی دارای مزایای فراوانی است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (موسی زاده، ۱۳۸۹):

۱- عدم ایجاد آلودگی محیط زیست و آلودگی صوتی جهت تولید برق بر خلاف سیستم‌های مبتنی بر سوخت فسیلی.

۲- طول عمر مفید بالا (بیش از ۱۵ سال) و دوره سرویس طولانی (هر سال یک یا دو بار شستشو و بازرینی).

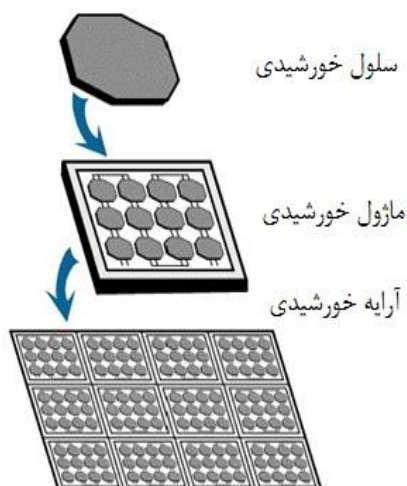
۳- سرعت نصب و بهره‌برداری بالا و عدم نیاز به تاسیسات زیاد جهت نصب.

۴- هزینه جاری بسیار ناچیز و عدم نیاز به هیچ نوع مواد مصرفی.

۵- قابل نصب در فضاهای بلا استفاده مانند پشت بام‌ها، نمای ساختمان‌ها، و زمین‌های بایر.

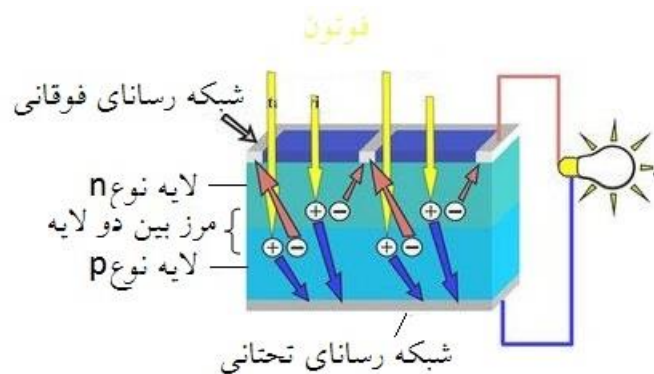
۱-۵-۳ مفاهیم اولیه و اصطلاحات فتوولتائیک

عنصر اولیه یک سیستم فتوولتائیک، سلول خورشیدی یا سلول فتوولتائیک است. اگر سلول‌های خورشیدی در مجاورت نور قرار بگیرند برق DC تولید می‌کنند. سلول‌های خورشیدی در قابی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و یک ماژول فتوولتائیک را تشکیل می‌دهند که معمولاً به آن ماژول خورشیدی یا پنل خورشیدی می‌گویند. تمامی ماژول‌های فتوولتائیک متصل به هم که در یک سیستم به کار برده می‌شوند، به عنوان آرایه فتوولتائیک یا آرایه خورشیدی تلقی می‌شوند (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵ نمایش سلول، ماژول و آرایه خورشیدی.

بیشتر سلول‌های خورشیدی از سیلیکون بلورین با خلوص بسیار بالا (از همان نوعی که برای تولید نیمه رساناها در صنعت الکترونیک به کار می‌روند) ساخته شده‌اند. ماده خام اصلی آن ماسه کوارتر (SiO_2) می‌باشد. سیلیکون خام بدست آمده قبل از این که استفاده شود، باید از نظر شیمیایی کاملاً خالص گردد. اولین مرحله در تولید سلول‌های خورشیدی، تولید ویفرهای بسیار باریک سیلیکون (Si) با ضخامتی بین $0.2-0.3$ میلیمتر از سیلیکون با درجه خلوص بالا است. سپس عملیات پردازش بیشتری بر روی این ویفرها انجام می‌شود. در حین تولید، سلول‌ها به مقادیر کمی از اتم‌های دیگر، معمولاً بور و فسفر آغشته می‌شوند تا دو لایه از سیلیکون با خواص الکتریکی متفاوت: یک لایه مثبت از سیلیکون نوع p و یک لایه منفی از سیلیکون نوع n تولید کنند. یک شبکه رسانا در بالا و پایین آن به منظور برقراری جریان الکترون، قرار می‌گیرد. در مرز بین این دو لایه (که پیوند p-n نامیده می‌شود) یک میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. با قرار گرفتن سلول در مجاورت نور، بارهای موجود در میدان الکتریکی از هم جدا می‌شوند. این امر منجر به تولید یک اختلاف پتانسیل VDC 0.5 بین اتصالات الکتریکی روی سلول می‌شود (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶ اصول کار یک سلول خورشیدی.

ویژگی‌های الکتریکی اصلی یک سلول فتوولتائیک، جریان و ولتاژ است. جریان تولید شده توسط سلول به مقدار نور تابیده شده به سلول، اندازه سطح مساحت سلول و ولتاژی که سلول در آن کار می‌کند، بستگی دارد. ولتاژ خروجی سلول، نسبتاً مستقل از سطح تشعشعات خورشیدی تابیده شده به سلول است. ولتاژ خروجی مشخصه‌ای از جنس سلول است که برای سیلیکون تقریباً برابر با $0.6 - 0.5$ VDC می‌باشد. ولتاژ بالاتر با سری کردن سلول‌ها بدست خواهد آمد.

بانک باتری: مجموعه‌ای از باتری‌ها که برای دستیابی به ولتاژ و جریان موردنیاز بصورت سری و موازی بهم متصل می‌شوند.

شارژ کنترلر: وسیله‌ای که بین ماژول‌های فتوولتائیک و بانک باتری قرار می‌گیرد و جریان الکتریکی ورودی به باتری را کنترل می‌کند و هدف از نصب آن، جلوگیری از شارژ بیش از اندازه باتری‌ها و قطع ارتباط برای جلوگیری از تخلیه باتری در شب است. کنترل‌کننده‌های دیگری هم به هنگام خالی شدن بانک باتری ارتباط بین بانک باتری و بارهای مصرف کننده را قطع می‌کند.

^۱. Battery Bank

^۲. Charge Controller

اینورتر^۱: وسیله‌ای که برای تبدیل جریان مستقیم DC به جریان متناوب و استاندارد AC استفاده می‌گردد. اینورترها دارای راندمان بیش از ۹۰٪ می‌باشند.

ماژول خورشیدی^۲: یک قاب خورشیدی متشکل از مجموعه‌ای سلول خورشیدی که بصورت سری و موازی در کنار هم قرار گرفته اند می‌باشد.

فتوولتائیک^۳: فتو (نور)، ولتائیک (تولیدکردن ولتاژ)؛ یعنی تولیدکردن ولتاژ به کمک نور که به سلولهای خورشیدی یا پنل‌های خورشیدی اطلاق می‌گردد.

بازده سلول، بازده ماژول و بازده سیستم:

لازم است بین بازده سلول، بازده ماژول و بازده سیستم تفاوت قائل شد. حداکثر بازده سلول‌ها ۲۰ درصد می‌باشد، یعنی ۲۰ درصد نور خورشید تابیده شده به سطح سلول به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. بازده ماژول کمتر است؛ زیرا تمامی سطح ماژول توسط سلول پوشانده نشده است. بین سلول‌ها فاصله وجود دارد و همچنین قاب ماژول نیز خود فضایی را اشغال می‌کند. تلفات جابجایی اندکی نیز در گرفتن برق از سطوح سلول و ارسال آن به کابل‌های خروجی ماژول وجود دارد. بازده سیستم به کل بازده تأسیسات اشاره دارد. تلفات سیستم می‌تواند ناشی از به کار بردن انواع مختلف ماژول در یک آرایه، سایه‌اندازی آرایه فتوولتائیک، افت ولتاژ در سیم‌ها، تلفات اینورتر و مقاومت‌ها در اتصالات، سویچ‌ها، کلید قطع کننده و فیوزها، می‌باشد.

^۱. Inevrtor

^۲. Solar Module

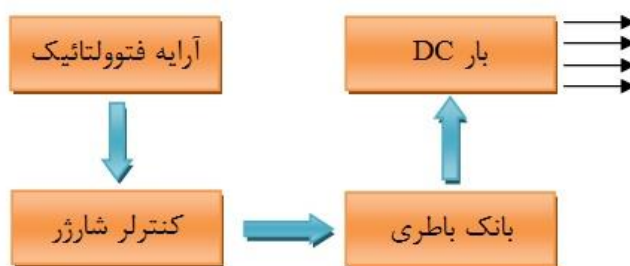
^۳. Photo voltaic

۲-۵-۳ انواع سیستم‌های فتوولتائیک

شکل یک سیستم فتوولتائیک تابع شرایطی همچون نوع بارهای متصل به سیستم (AC یا DC یا هر دو) وجود یا عدم وجود تولیدکننده کمکی برق، اتصال یا عدم اتصال به شبکه محلی یا سراسری و چگونگی ارتباط با آن شبکه (یک طرفه یا دو طرفه) می‌باشد (جمشیدی، ۱۳۸۴). در ادامه به توضیح انواع سیستم‌های فتوولتائیک که در شرایط مختلف از آنها استفاده می‌گردد می‌پردازیم.

سیستم مستقل DC :

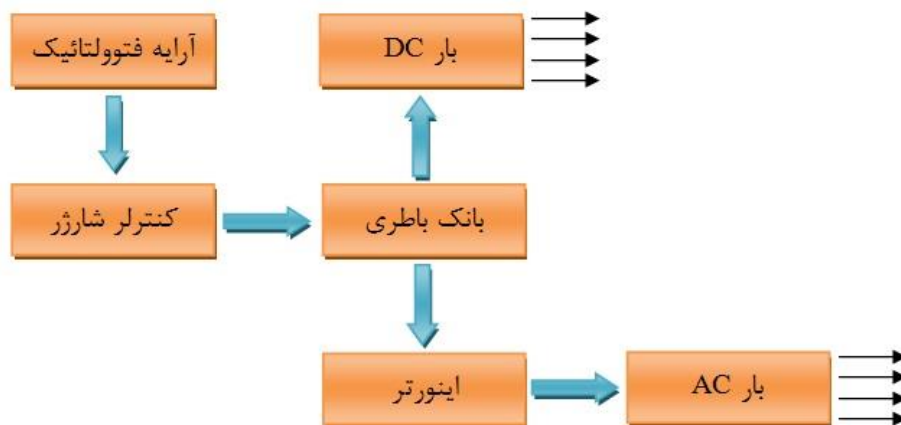
این سیستم وظیفه تامین انرژی مورد نیاز بارهایی که مصرف‌کننده جریان DC می‌باشند را به عهده دارد. در این سیستم برق تولید شده توسط ماژول‌های خورشیدی در بانک باطری ذخیره شده و در موقع لزوم به مصرف بارهای DC می‌رسد (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷ سیستم فتوولتائیک مستقل DC.

سیستم مستقل DC-AC :

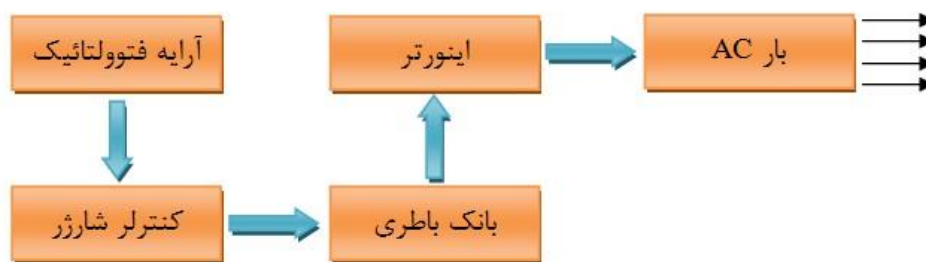
این سیستم شبیه سیستم قبلی بوده بجز اینکه دارای اینورتر یعنی تبدیل کننده جریان DC به جریان AC می باشد. این سیستم توانایی تغذیه بارهای AC و DC را همزمان دارد. از این سیستم می توان به نحو مطلوبی برای تغذیه وسایل برقی خانگی استفاده کرد (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸ سیستم فتوولتائیک مستقل DC-AC.

سیستم مستقل AC :

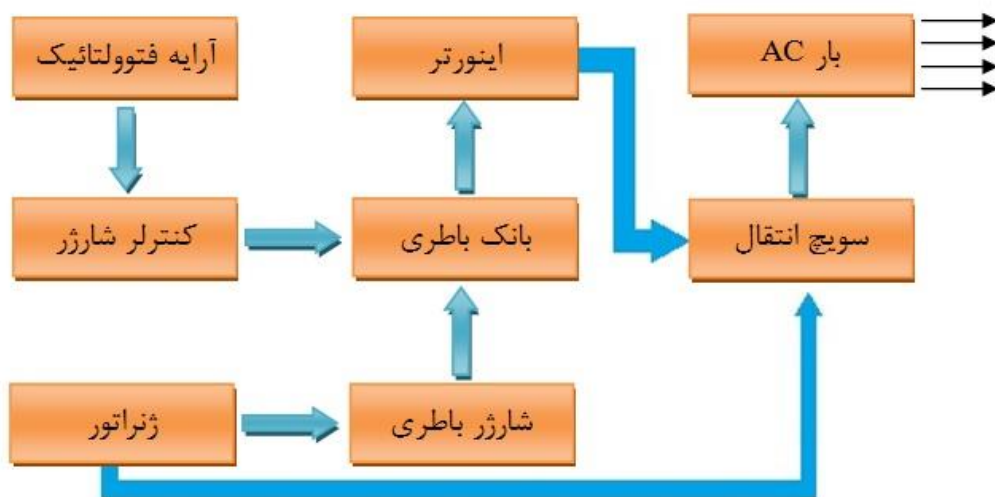
سیستم مستقل AC برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز بارهای AC بکار می رود. این سیستم معمولاً دارای حداقل ده ماژول خورشیدی و یک یا چند اینورتر می باشد. این سیستم توانایی تأمین قدرت مورد نیاز بارهای بزرگ را دارد (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۹ سیستم فتوولتائیک مستقل AC.

سیستم ترکیبی ژنراتور-PV :

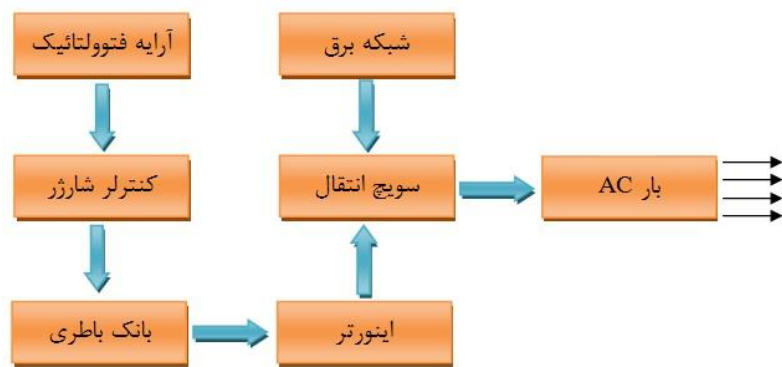
در این سیستم تامین بخشی از انرژی مورد نیاز بارهای AC به عهده ژنراتور می باشد که با سیستم فتوولتائیک ترکیب شده است. برق تولیدی توسط ماژول های خورشیدی و ژنراتور از طریق شارژ کنترلر در بانک باطری ذخیره شده و در موقع نیاز پس از تبدیل به AC توسط اینورتر به مصرف بارهای AC می رسد. زمانیکه برق تولیدی توسط ماژول های خورشیدی در اثر کاهش تابش خورشیدی و یا نبود تابش خورشیدی کمتر از برق درخواستی باشد، ژنراتور باقیمانده برق مورد نیاز را تامین می نماید. برق تولیدی توسط ژنراتور می تواند مستقیماً به مصرف بارهای AC برسد و یا در بانک باطری برای استفاده های بعدی ذخیره گردد. سوئیچ انتقال، وظیفه تغییر خط تغذیه کننده بارهای AC را به عهده دارد (شکل ۳-۱۰).



شکل ۱۰-۳ سیستم فتوولتائیک ترکیبی ژنراتور - PV.

سیستم مشترک با شبکه برق عمومی:

در این سیستم ماژول‌های خورشیدی، بخشی یا همه انرژی مورد نیاز بارهای AC را تامین می‌نماید. این سیستم شبیه سیستم مستقل AC بوده؛ اما با این تفاوت که در مواقع لزوم می‌تواند توان مورد نیاز بارهای AC را از شبکه برق عمومی دریافت نماید. اتصال این سیستم به شبکه این امکان را فراهم می‌کند که بخش فتوولتائیک آن، در اندازه‌های مختلف ساخته شود. هرگاه برق ذخیره شده در باتری‌ها مصرف شود و باتری‌ها تخلیه گردند، سوئیچ انتقال، خط تغذیه بارهای AC را عوض نموده و انرژی مورد نیاز را از شبکه عمومی دریافت می‌نماید (شکل ۱۱-۳).



شکل ۱۱-۳ سیستم فتوولتائیک مشترک با شبکه برق عمومی.

سیستم متصل به شبکه :

در این سیستم برق تولیدی ماژول‌های خورشیدی توسط اینورترهای مخصوصی به برق AC تبدیل شده و به مصرف بارهای AC می‌رسد. هرگاه برق تولیدی توسط ماژول‌ها بیش از نیاز باشد، مازاد بر مصرف تحویل شبکه عمومی داده می‌شود و بر عکس هرگاه برق تولیدی کفاف نیاز بارهای AC را ندهد، از شبکه عمومی مابقی نیاز بارهای AC تامین می‌گردد. در این سیستم یک دستگاه اندازه‌گیری کیلو وات ساعت، توان تحویلی به شبکه عمومی و توان مصرفی بارها را اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۳-۱۲).



شکل ۱۲-۳ سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه.

۳-۵-۳ طراحی سیستم فتوولتائیک

از آنجایی که سیستم‌های فتوولتائیک مستقل، بیشتر در روستاها و در جایی که هیچ شبکه برقی وجود ندارد، استفاده می‌شود و همچنین با توجه به اینکه هدف از اجرای این تحقیق استفاده از پتانسیل انرژی خورشیدی موجود در ایران در سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند است؛ بنابراین سیستم فتوولتائیک مستقل به منظور تامین الکتریسیته مورد نیاز در این سامانه انتخاب گردید. در ادامه به مراحل طراحی آن پرداخته می‌شود.

ارزیابی نیازهای انرژی سیستم

یکی از اولین کارهایی که لازم است هنگام طراحی یک سیستم فتوولتائیک مستقل انجام داد، ارزیابی نیازهای انرژی است. این کار معمولاً به صورت وات-ساعت مورد نیاز در هر روز (Wh/day) انجام می‌شود.

ارزیابی منبع خورشیدی

زاویه تمایل بهینه برای آرایه فتوولتائیک برای ماه طراحی سیستم در مکان مورد نظر باید در نظر گرفته شود. سپس با توجه به داده‌های تابش خورشیدی در آن زاویه و در طول ماه طراحی، به اندازه‌گذاری آرایه فتوولتائیک پرداخته شود.

اندازه‌گذاری آرایه فتوولتائیک مستقل

رابطه زیر برای اندازه‌گذاری سیستم فتوولتائیک مستقل استفاده می‌شود (موسی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

$$W_{PV} = E / (G \times \eta_{sys}) \quad (1-3)$$

که در آن

= توان بیشینه آرایه فتوولتائیک بر حسب .

= انرژی مورد نیاز در هر روز بر حسب وات-ساعت .

= متوسط ساعت پیک خورشید در ماه طراحی برای شیب و جهت گیری آرایه فتوولتائیک.

= بازده کلی سیستم که عموماً ۰/۶ (۶۰ درصد) در نظر گرفته می‌شود.

$$\eta_{sys} = \eta_{PV} \times \eta_{PV-BATT} \times \eta_{CC} \times \eta_{BATT} \times \eta_{DIST} \times \eta_{INV} \quad (2-3)$$

= ۸۰٪ (۲۰٪ تلفات در ماژول‌های فتوولتائیک که در نقطه بیشینه توان کار نمی‌کنند).

η_{PV-} = ۹۷٪ (۳٪ تلفات ناشی از افت ولتاژ در کابل‌ها از آرایه‌فتوولتائیک تا باتری).

= ۹۸٪ (۲٪ تلفات در یک شارژ کنترلر خوب).

η = ۹۰٪ (۱۰٪ تلفات در باتری).

η = ۹۷٪ (۳٪ تلفات در کابل‌های توزیع از باتری فتوولتائیک تا مصرف کننده‌ها).

= ۹۰٪ (۱۰٪ تلفات در یک اینورتر با کیفیت خوب).

اندازه‌گذاری باتری

باتری‌ها باید اندازه‌گذاری شوند تا نه تنها انرژی مورد نیاز روزانه را ذخیره کنند، بلکه انرژی

مورد نیاز چند روز را نیز ذخیره نمایند (تامین انرژی در روزهای ابری). اندازه‌گذاری باتری از رابطه

زیر بدست می‌آید:

$$Q = (E \times A) / (V \times T \times \eta_{INV} \times \eta_{DIST}) \quad (3-3)$$

= حداقل ظرفیت مورد نیاز باطری بر حسب آمپر-ساعت^۱ .

= انرژی روزانه مورد نیاز بر حسب وات-ساعت) .

= تعداد روزهای مورد نیاز برای ذخیره سازی.

= ولتاژ DC سیستم .

= بیشینه DOD^۱ مجاز باطری.

۳-۶ واحد کنترل مرکزی

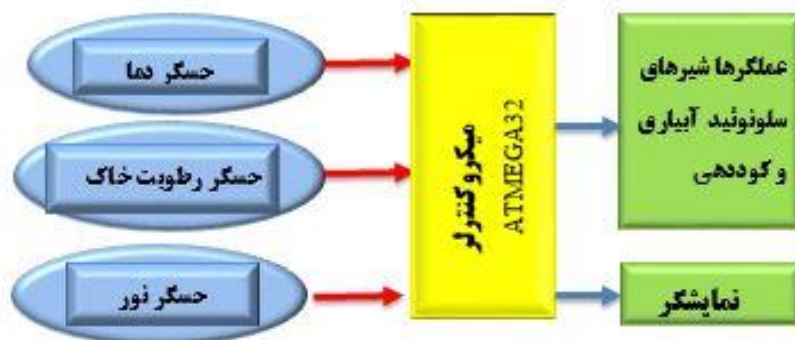
از دستگاه‌هائی تشکیل شده که آب پمپاژ شده را پس افزایش کود (در صورت لزوم) و با کنترل دقیق وارد لوله اصلی شبکه آبیاری قطره‌ای می‌نماید. روش پیشنهادی این تحقیق برای آبیاری نرخ متغیر درختی، آبیاری نرخ متغیر میکرو (قطره‌ای) بر پایه حسگر است. که در آن روش زمان بندی کردن آبیاری براساس، میزان آب موجود در خاک، اطلاعات آب و هوایی است.

ساختار سیستم شامل بلوک کنترل که در شکل (۳-۱۳) نشان داده شده است

. همانطور که در شکل نشان داده شده است ، ورودی های سامانه کنترلی شامل حسگرهای دما

هوا، نور محیط و حسگر رطوبت خاک و یک شیر سلونوئیدی برای تأمین آب و یک شیر سلونوئیدی برای مخزن کود استفاده شد.

^۱: Depth of Discharge



شکل ۳-۱۳: بلوک دیاگرام سامانه کنترلی

۳-۶-۱ جعبه قرارگیری سامانه کنترلی

این جعبه به منظور قرارگیری سامانه کنترلی و ورودی و خروجی عملگرها و حسگرها ساخته شد.. علاوه بر آن وجود این جعبه نیز موجب محافظت سامانه کنترلی در برابر رطوبت و ریزش مداوم آب باشد(شکل ۳-۱۴) .



شکل ۳-۱۴: جعبه قرارگیری سامانه کنترلی.

۲-۶-۳ طراحی و نصب سامانه کنترلی آبیاری و کوددهی

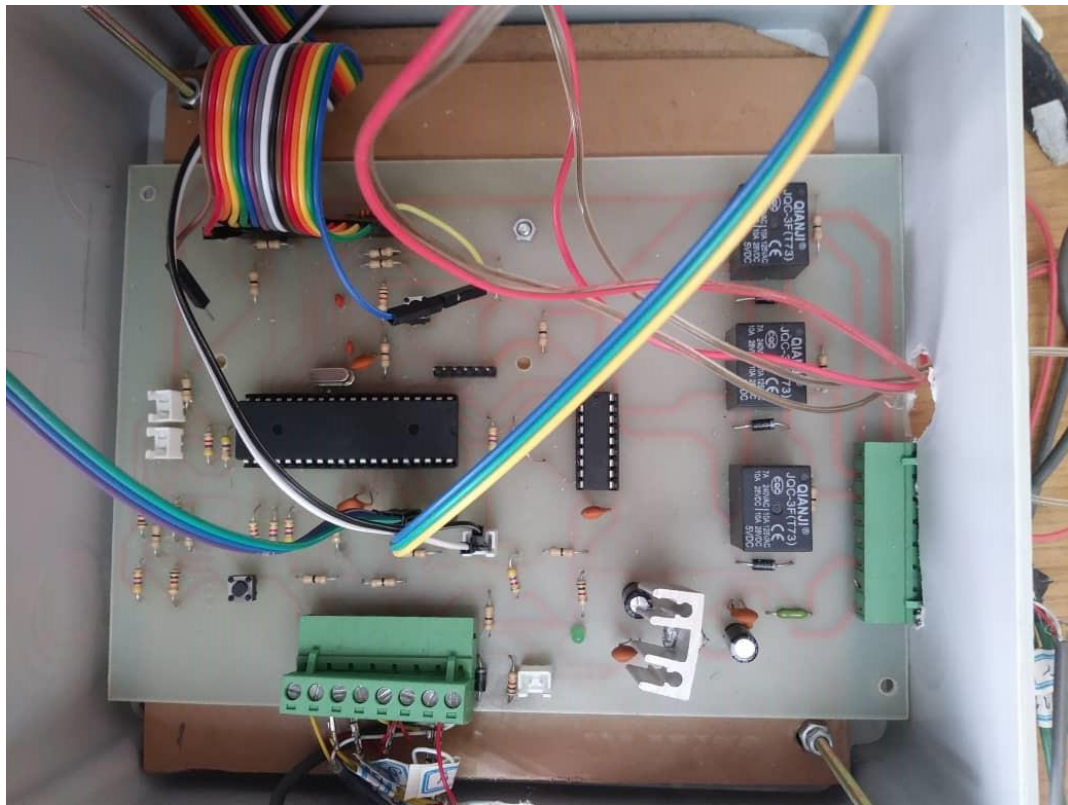
فرآیند کنترل رطوبت خاک مانند هر فرآیند بیولوژیکی دیگر در کشاورزی از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار است. به‌منظور مدیریت چنین سیستمی باید ماهیت آن را تا حد امکان ساده نموده و به‌صورت مدلی از یک مجموعه متغیرهای قابل اندازه‌گیری و با روابط شناخته شده و در عین حال تأثیرگذار بر فرآیند تولید، طبقه‌بندی نمود (Pohlherim and Heibner, 1999).

سامانه کنترلی آبیاری نشان داده شده در شکل (۳-۱۵)، برای آبیاری و کوددهی درختان یک باغ از میکروکنترلر برای طراحی و پیاده‌سازی استفاده گردید. هدف از این سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند و ثبت داده‌های مربوط به حسگرهای رطوبت خاک، دما، رطوبت نسبی محیط و نور می-باشد.

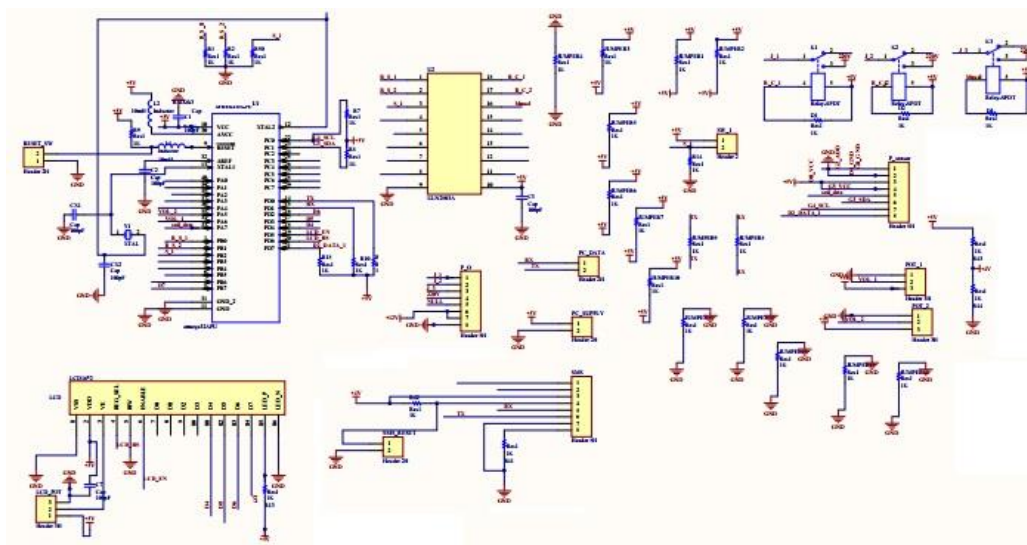


شکل ۳-۱۵: سامانه آبیاری و کوددهی هوشمند

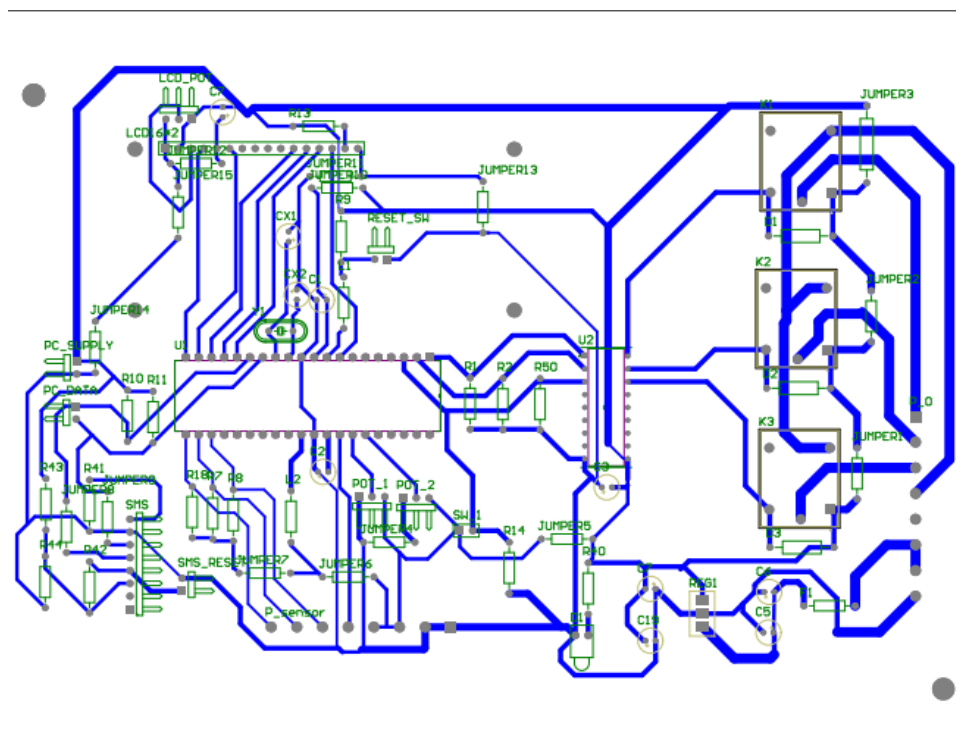
برد سامانه کنترلی شامل برد منبع تغذیه، برد ورودی حسگرها، برد رله‌ها و برد پردازشگر اصلی می‌باشد. شکل (۳-۱۶) برد کنترلی طراحی شده را نشان می‌دهد؛ که این برد ابتدا با برنامه C++ نوشته و همچنین توسط برنامه پروتئوس شبیه‌سازی و سپس ساخته شد (کد برنامه در پیوست ۱). شکل (۳-۱۷) و (۳-۱۸) برد سامانه کنترلی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۶: برد کنترلی ساخته شده.



شکل ۳-۱۷: برد سامانه کنترلی.



شکل ۳-۱۸: PCB برد کنترلی.

۱-۲-۶-۳ منبع تغذیه

در این سامانه از یک آداپتور ۱۲ ولت برای تبدیل ولتاژ ۲۲۰ AC به ۱۲ ولت DC استفاده شده است.

۲-۲-۶-۳ برد رله‌ها

این برد برای قطع و وصل کردن عملگرها شامل: عملگر شیر برقی آبیاری و شیر برقی کوددهی استفاده می‌شود که فرمان از میکروکنترلر توسط سامانه فازی صادر می‌شود. جریان و ولتاژ کنتاکتورهای قدرت ۱۰ آمپر و ۲۵۰ ولت می‌باشد.

۳-۲-۶-۳ برد پردازشگر اصلی

در پردازشگر اصلی از یک میکروکنترلر ATmega32 از سازنده Atmel استفاده شد. دارای یک فلش مموری قابل برنامه ریزی ۳۲ کیلوبایت است، یک ریزپردازنده می‌تواند با فرکانس ۱۶ مگاهرتز، یک پورت مبدل آنالوگ به دیجیتال (۱۰ بیت ADC با ۸ ورودی) و چهار (۴) پورت کار کند (۸ بیت) به عنوان ورودی یا خروجی قابل برنامه ریزی است. این برد حسگرهای دما، رطوبت، نور و حسگر خاک را می‌خواند و کار اتصال usb برای انتقال داده‌ها از برد به کامپیوتر برای ارسال داده‌ها به برنامه فازی و اعمال فرمان‌های مناسب به برد رله برای قطع و وصل کردن عملگرهای سامانه کنترلی را به عهده دارد.

همچنین یکی دیگر از وظایف این برد اتصال صفحه کلید نمایشگر LCD کارکتری (۲۰×۴) است. صفحه کلید می‌تواند سامانه کنترلی را در حالت اتوماتیک یا حالت دستی تنظیم کند. نمایشگر

LCD هم داده‌های مربوط به حسگرهای دما، رطوبت نسبی محیط، نور و میزان رطوبت خاک را نشان می‌دهد.

تبخیر و تعرق در معادله پونت مونت (۱-۲) برای قوانین مختلف فازی سازگار شده است. معادله (۱) شامل دما، رطوبت نسبی، خنک کننده و سرعت باد است. در این مطالعه، ما از سه سنسور برای اندازه گیری دمای محیط، تابش (خنک کننده) و رطوبت خاک استفاده کردیم. سنسورهای دما و تابش اطلاعات لازم را برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق جمع آوری می کنند. سنسور رطوبت خاک نشانه ای را در صورت نیاز به آبیاری فراهم می کند (رطوبت $> 20\%$ در این مطالعه موردی). این سیگنال های آنالوگ توسط ADC به یک داده دیجیتالی تبدیل می شوند. FLC با توجه به اطلاعات دریافت شده از سنسورها، یک قانون فازی و یک تصمیم فازی انجام می دهد. در مورد زمان و مدت زمان آبیاری تصمیم گیری خواهد شد. منطق فازی به زبان C نوشته شده و به میکروکنترلر در زبان ماشین (پرونده hex) منتقل می شود. این برنامه ۶,۵ کیلوبایت را در حافظه فلش اختصاص می دهد، معادل ۲۰,۳ درصد از حافظه کل (۳۲ کیلوبایت) فقط. تمام قرائت سنسورها به صورت پیوسته برای ضبط و تجزیه و تحلیل بعدی ارسال می شود.

۳-۶-۲-۴ برد ورودی حسگرها

این برد شامل اتصال سه حسگر، دما و رطوبت DHT22، حسگر نور GY_302 و یک عدد حسگر رطوبت خاک خازنی است.

۳-۶-۳ حسگرها

۳-۶-۳-۱ حسگر رطوبت سنج خاک

یک محل مناسب برای قرار دادن دستگاه باید جایی باشد که وضعیت آن مشابه وضعیت اکثریت جاهای دیگر زمین باشد. یا به نوعی دیگر اکثریت شرایط محلی را داشته باشد. در زمین‌هایی که دارای ۲ یا چند نوع خاک مختلف می‌باشند.

حسگرهای هوشمند رطوبت خاک در دهه‌های اخیر، به جهت روشی سریع در تعیین رطوبت خاک، برای زمان بندی آبیاری بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. حسگرهای هوشمند رطوبت خاک در کاربردهایی نظیر کشاورزی دقیق، نظارت داشتن روی محیط آب خاک، تحقیقات تولید گیاه، بوجه بندی کردن منابع آبی و زمان بندی کردن آبیاری استفاده می‌شوند. با اندازه گرفتن مقدار رطوبت خاک، آبیاران می‌توانند تصمیم بگیرند که در چه زمانی، چه مقدار آب را برای رسیدن به بیشترین حد تولید گیاه و کمترین حد میزان مصرف آب به کار ببرند (Balendonek., 2008). حسگرهای هوشمند رطوبت خاک اندازه‌گیری لحظه‌ای و پیوسته‌ای از رطوبت خاک را انجام می‌دهند و به همین جهت در سیستم آبیاری هوشمند استفاده می‌شوند مطالعات زیادی در این زمینه عملکرد حسگرهای مختلف انجام شده است (Winter., 2006). ماژول اندازه گیری رطوبت خاک خازنی، یک ماژول با پراب به طول حدودی ۷ سانتی متر این امکان را در اختیار قرار می‌دهد که به وسیله آن بتوانید مقدار رطوبت خاک را اندازه گیری نمایید (شکل ۳-۱۹). در ماژول اندازه گیری رطوبت خاک خازنی بر خلاف ماژول های مقاومتی نیازی به برقراری تماس سطح مس با خاک نیست بنابراین در برابر زنگ زدگی و اکسید شدگی مقاوم تر می باشد.

این مازول با ولتاژ ۳,۳ ولت تا ۵ ولت سازگار می باشد. این مازول یک کانکتور سه پین دارد که دو تای آن تغذیه و یک پایه خروجی آنالوگ می باشد. خروجی این سنسور آنالوگ می باشد و ولتاژ خروجی آن بین صفر تا ۳ ولت می باشد. این مازول مناسب برای هوشمند سازی گلدان و باغچه ها می باشد. البته برای این منظور به یک برد واسط نیاز میباشد که خروجی آنالوگ این برد را پردازش نموده نمایش دهد و یا می توان با استفاده از یک شیر برقی جریان آب دهی را کنترل نمود. این مازول ضد آب نمی باشد، دقت نماید که به بخش الکترونیکی پراب مرطوب نشود. سنسور اندازه گیری رطوبت خاک حداکثر تا خط قرمز مشخص شده در شکل زیر در خاک قرار میگیرد (شکل ۳-۲۰).

نحوه کالیبره کردن مازول اندازه گیری رطوبت خاک خازنی:

- ۱- خروجی مازول را به یک برد آردوینو متصل می کنیم و عدد دریافت شده توسط ورودی آنالوگ را توسط پورت سریال مانیتور می کنیم.
 - ۲- عدد دریافت شده زمانی که سنسور در هوا می باشد را ذخیره میکنیم. این عدد به ازای رطوبت حدود صفر (خشک) می باشد. به عنوان مثال این عدد برابر با ۲۶۰ می باشد.
 - ۳- مازول را در یک لیوان آب قرار می دهیم و مقدار بدست آمده را می خوانیم این مقدار برابر رطوبت ۱۰۰ درصد می باشد. به عنوان مثال عدد دریافت شده برابر با ۵۲۰ می باشد.
- این بازه بدست آمده بین اعداد ۲۶۰ الی ۵۲۰ (برای مثال ما) درصد رطوبت بین صفر تا صد می باشد.
- ما این بازه بدست آمده را به سه بخش تقسیم می کنیم: خشک (بی آب)، نمناک (مرطوب)، خیس (غوطه ور در آب)

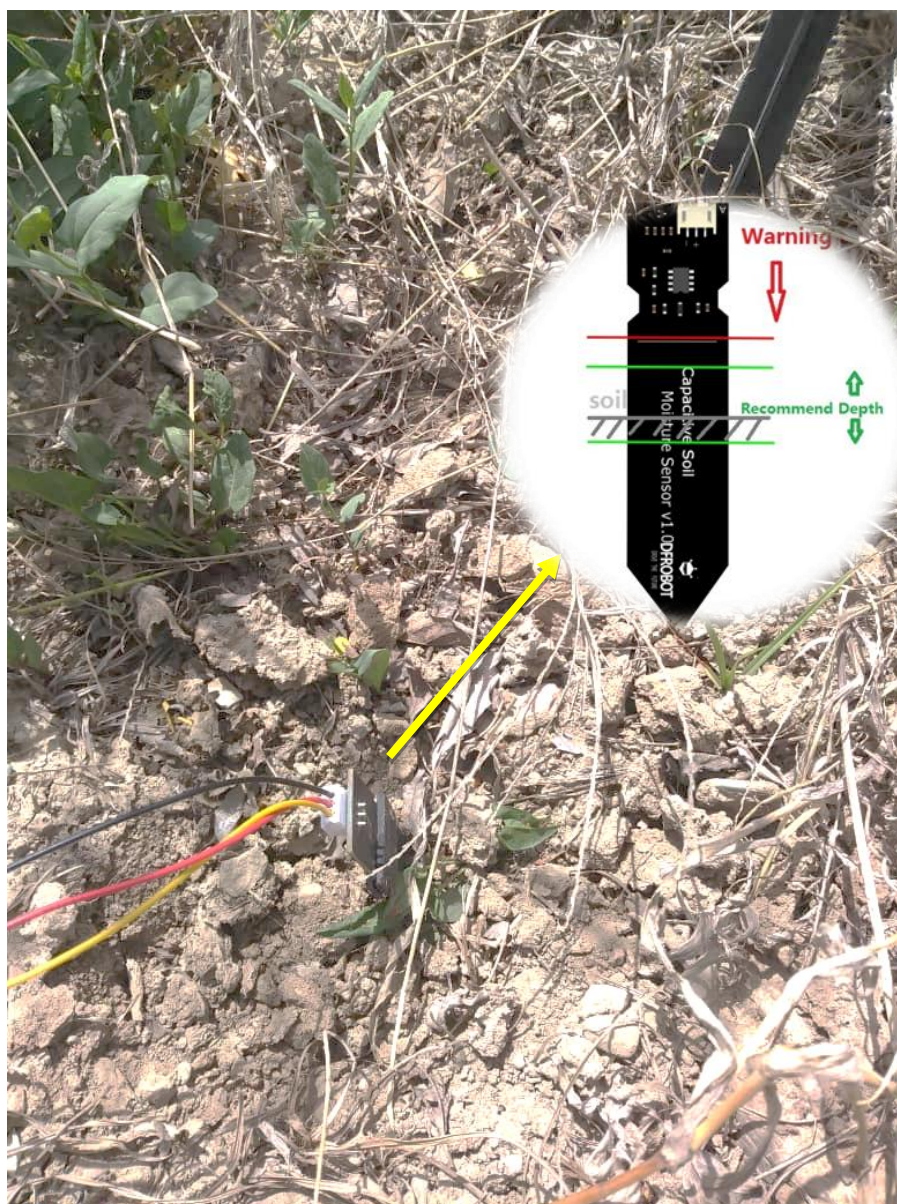
در صورتی که عدد بدست آمده در بازه ۴۳۰ تا ۵۲۰ بود خاک خشک می باشد.

در صورتی که عدد بدست آمده در بازه ۳۵۰ تا ۴۳۰ بود خاک مرطوب می باشد.

در صورتی که عدد بدست آمده در بازه ۲۶۰ تا ۳۰۵ بود خاک خیس می باشد.



شکل ۳-۱۹: ماژول سنجش رطوبت خاک خازنی.



شکل ۳-۲۰: محل قرارگیری حسگر رطوبت خاک در باغ.

۳-۶-۳-۲ حسگر دما و رطوبت محیط

حسگر دما و رطوبت استفاده شده در این تحقیق از نوع DHT22 است. حسگر DHT22 که با نام AM2302 نیز شناخته می‌شود یکی از معروف‌ترین حسگرهای سنجش دما و رطوبت بوده که دارای خروجی دیجیتال تک سیم کالیبره شده و با دقت بالا می‌باشد. AM2302 قابلیت ارسال

اطلاعات تا برد ۱۰۰ متر را داراست. حسگر دما و رطوبت DHT22 که دارای یک حسگر رطوبت خازنی و یک مقاومت گرمایی می‌باشد. این حسگر به دلیل داشتن سیستم میکروکنترلر درونی و حافظه OTP به سرعت دیتای کالیبره شده را در خروجی خود تحویل می‌دهد. برای جلوگیری از صدمه دیدن حسگرها، قاب جداگانه ساخته شد. بازه‌ی اندازه‌گیری رطوبت بین ۰ تا ۱۰۰٪، رزولوشن رطوبت ۵٪-۲٪ و پاسخگویی رطوبت ۲ ثانیه است. بازه‌ی اندازه‌گیری دما (°C) بین -۴۰ تا ۱۲۵ با رزولوشن (°C) ± 0.5 و پاسخگویی ۲ ثانیه است. جدول (۳-۱) مشخصات فنی دما و رطوبت DHT22 را نشان می‌دهد. محل قرارگیری حسگر در شکل (۳-۲۱) نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۱: حسگر دما و رطوبت DHT22 بکار رفته در سامانه کنترلی

جدول ۳-۱: مشخصات فنی حسگر دما و رطوبت DHT22

۳/۳ ~ ۶DC	ولتاژ (V)	۰-۱۰۰%	رنج اندازه‌گیری رطوبت
۵٪ - ۲٪	رزولوشن رطوبت	± 0.5	رزولوشن دما (°C)
-۴۰ ~ ۱۲۵	بازه اندازه‌گیری دما (°C)	۲	زمان پاسخگویی رطوبت (S)
۲	زمان پاسخگویی دما (S)	۴	تعداد پایه
۲۵/۱	طول (mm)	۱۵/۱	عرض (mm)

۳-۶-۳-۳ حسگر نور

برای اندازه‌گیری میزان نور بیرون از ماژول حسگر نور (GY-302 BH1750 Digital light intensity detection) استفاده شد. محدوده خروجی داده روشنایی ۰-۶۵۵۳۵ لوکس و خروجی آن به صورت دیجیتال است. مشخصات فنی این حسگر در جدول (۲-۳) آمده است. حسگر نور برای اندازه‌گیری میزان تشعشع خورشید در بیرون جعبه نصب شد شکل (۲۲-۳). قبل از استفاده، حسگر کالیبره و ارزیابی شد.



شکل ۲۲-۳: تصویر حسگر نور GY-302 سامانه کنترلی.

جدول ۲-۳: مشخصات فنی حسگر نور GY-302.

مدل	GY-302
تراشه	BH1750
ولتاژ کارکرد	3-5V
محدوده خروجی داده روشنایی	۰-۶۵۵۳۵ لوکس
خروجی	دیجیتال
رابط	I ² C
ابعاد	13.9mm X 18.5mm

۴-۶-۳ نحوه عملکرد سامانه کنترلی

در این تحقیق باغ احداث شده به سه قسمت تبدیل شد که ردیف وسط توسط تایمر، آبیاری شد و هر دو ردیف کناری توسط دو حسگر رطوبت خاک و یک عملگر آبیاری شد. عملگرهای این سامانه شامل شیر برقی آبیاری، شیر برقی کوددهی است (شکل‌های (۳-۲۳) و (۳-۲۴)). در این سیستم با اندازه گیری مقدار دبی لوله ورودی و ثبت مدت زمان آبیاری میزان آب مصرفی محاسبه شد. شیرهای سلنوئیدی توسط میکروکنترلر کنترل می شود. این کار برای روشن و خاموش کردن آب است و به یک خط لوله آبیاری قطره ای متصل می شود.



شکل ۳-۲۳: عملگر شیر برقی سامانه آبیاری قطره ای



شکل ۳-۲۴: عملگر شیر برقی سامانه کوددهی

برای آبیاری نرخ متغیر قطره‌ای که به حسگر رطوبت با استفاده از روش فازی استفاده شد. همچنین از بین عوامل تاثیر گذار بر روی دوره آبیاری عامل بافت خاک به عنوان مهمترین پارامتر تاثیرگذار بر روی میزان کوددهی سامانه در نظر گرفته شد. برای عامل بافت خاک از قبل با تهیه نقشه بافت خاک ردیف‌های مختلف درخت احداث شد. در این طراحی نرخ آبیاری درختان بر اساس مقدار رطوبت حسگر خاک و مقدار کوددهی درختان با توجه به نواحی تفکیک شده نقشه بافت خاک است. در سامانه کوددهی نرخ متغیر، مقدار کود بر مبنای نقشه تهیه شده و همچنین دوره زمانی سالانه کوددهی درختان است. سامانه کوددهی پس از ارسال سیگنال با سامانه کنترلی، پردازنده بر اساس

قوانین نوشته شده فرمان باز کردن مخزن‌های کود را می‌فرستد. بعد از باز شدن درب مخزن، کود موردنظر در مخزنی بزرگتر که حاوی آب می‌باشد ریخته شده و پس از حل شدن آن در آب از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای به درختان تزریق خواهد شد.



شکل ۳-۲۵: اجزای مختلف سامانه آبیاری و کوددهی باغ احداث شده

۵-۶-۳ توسعه سامانه کنترل فازی برای سامانه آبیاری

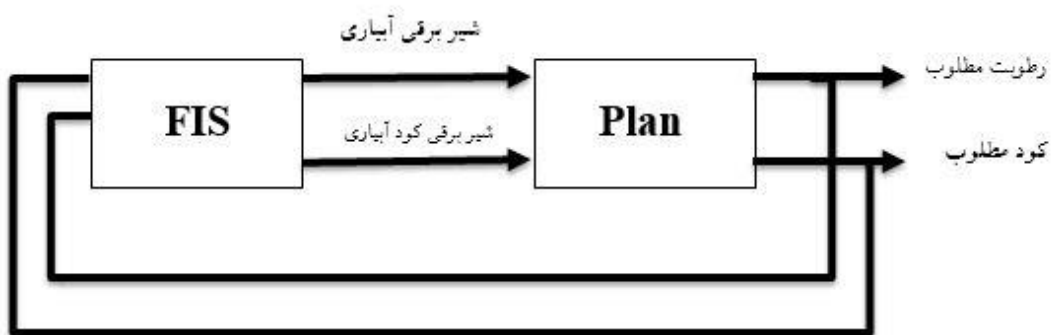
در این تحقیق زمان آبیاری و کوددهی کنترل می‌شوند. طراحی یک کنترل کننده فازی با انتخاب متغیرهای زبانی، وضعیت فرآیند، متغیرهای ورودی و خروجی آغاز می‌شود. گام بعدی انتخاب مجموعه‌ای از قوانین زبانی و نوع فرآیند استدلالی فازی است. یکبار قوانین تنظیم می‌شود، پس از استنتاج، مجموعه فازی و مقدار خروجی باید معین شود؛ یک استراتژی غیرفازی هم باید ایجاد شود. قوانین بدست آمده در این تحقیق با توجه به نمودار مصرف آب نهال درخت دوساله بدست آمده است.

۱-۵-۶-۳ جمع‌آوری داده‌ها

در مرحله اول طراحی کنترل فازی با توجه به نهال درخت دو ساله، اطلاعات مربوط به مقدار آب مورد نیاز و شرایط کوددهی استخراج شد.

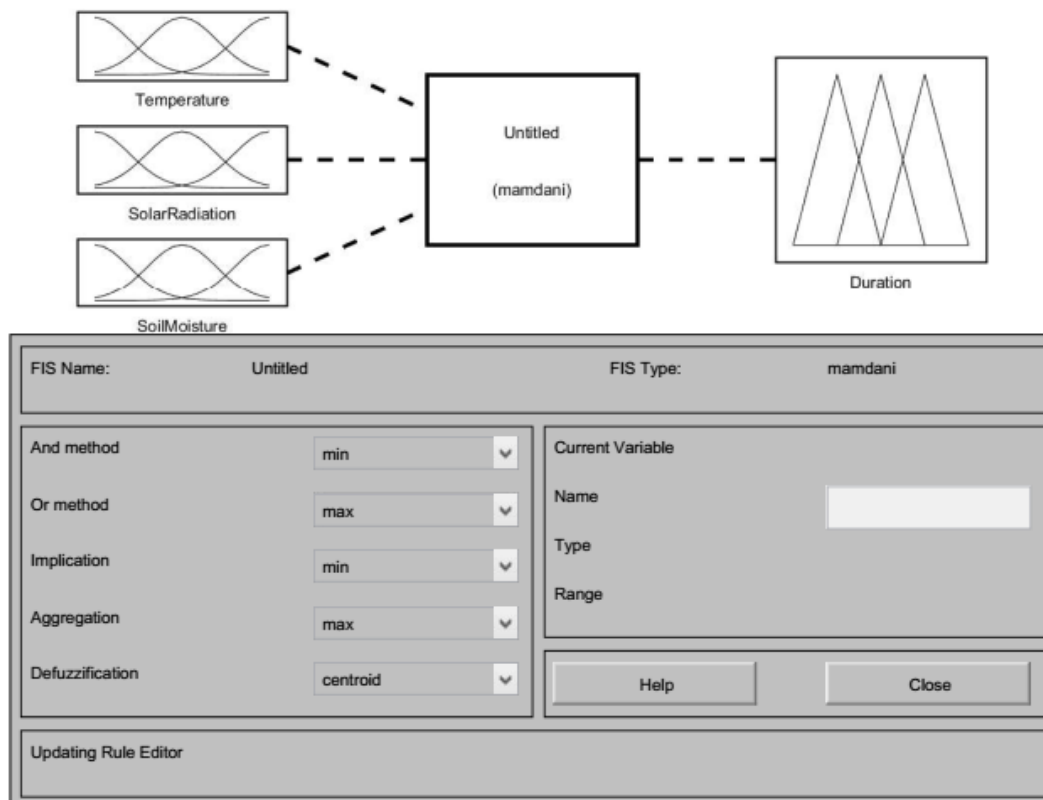
۲-۵-۶-۳ تعیین ورودی و خروجی‌های کنترل کننده

سامانه کنترلی آبیاری به منظور آبیاری و کوددهی استفاده از کنترلر فازی طراحی و پیاده‌سازی شد. هدف از این سامانه کنترل رطوبت و مقدار کود است. بدین منظور از یک سامانه کنترلر فازی استفاده شد. قوانین فازی از دو قسمت مقدمه و نتیجه تشکیل شده‌اند. ورودی‌های حسگرهای سامانه کنترلی می‌باشد که پس از فازی‌سازی وارد پایگاه قواعد فازی می‌گردند. مطابق شکل (۳-۳۲) بلوک دیاگرام سامانه کنترل رطوبت خاک یک باغ با توجه به شرایط مطلوب میزان رطوبت و کوددهی است. خروجی سامانه کنترل فازی شامل شیرهای برقی آبیاری و کوددهی است.



شکل ۳-۲۶: نمودار روند نمای سامانه کنترل فازی محیط گلخانه

برنامه فازی با توجه به قوانین فازی که از قبل نوشته شده است اجرا می شود (شکل ۳-۲۷).
 تمام داده های مربوط به حسگرها هر ۵ ثانیه یک بار به صورت فایل متن و اکسل ذخیره می شود.
 برنامه نوشته شده قابلیت اجرا به صورت دستی و اتوماتیک فازی را دارد.



شکل ۳-۲۷: سیستم کنترل فازی

۳-۵-۶-۳ اختصاص توابع عضویت به هریک از ورودی‌ها و خروجی‌ها (فازی-)

سازها)

در این تحقیق از روش ممدانی برای استنتاج فازی استفاده شد. روش ممدانی توسط ممدانی در سال ۱۹۷۵ ابداع شد، در این سیستم هم قسمت مقدم قواعد و هم قسمت تالی (نتیجه) قواعد فازی است. فرم رو ممدانی به صورت زیر است.

$$R_i: \text{If } x_1 \text{ is } \tilde{A}_{i1} \text{ and (or) } x_2 \text{ is } \tilde{A}_{i2} \text{ and (or) } \dots x_m \text{ is } \tilde{A}_{im} \text{ Then } y_i = \tilde{B}_i$$

$$(i = 1, 2, \dots, c)$$

توابع عضویت تعریف شده که برای متغیرهای ورودی "دما، رطوبت و نور" و متغیر خروجی مدت زمان آبیاری از نوع دوزنقه ای و مثلثی فازی است. توابع عضویت متغیرها در شکل‌های (۳-۲۸) تا (۳-۳۱) نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۸: توابع عضویت دما



شکل ۳-۲۹: توابع عضویت نور



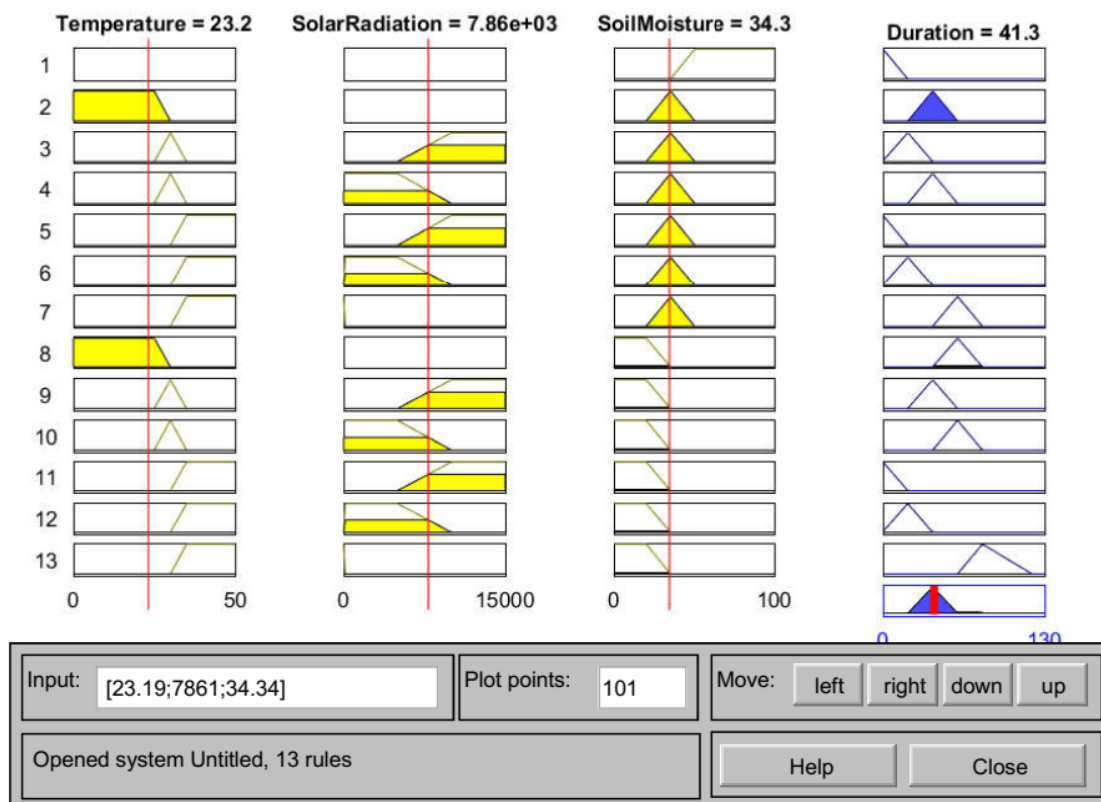
شکل ۳-۳۰: توابع عضویت رطوبت خاک



شکل ۳-۳۱: توابع عضویت رطوبت خاک

۳-۶-۵-۴ قوانین فازی

بلوک قوانین شامل راهبرد کنترل فازی است. قسمت "اگر" قوانین، وضعیتی را که قوانین برای آن طراحی می‌شوند، توصیف می‌کند. قسمت "آنگاه" نیز پاسخ سامانه فازی در این وضعیت را توصیف می‌کند. در سامانه کنترل فازی طراحی شده ۱۳ قانون نوشته شده است. ارزش تمامی این قوانین مساوی هم و برابر یک در نظر گرفته می‌شود. قانون کنترل فازی در زیر آورده می‌شود. شکل- های (۳۲-۳) و (۳۴-۳) تصویر پنجره ویرایشگر قوانین مربوط به کنترلر طراحی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۲: پنجره قوانین کنترلر دما، رطوبت و نور.

1. If (SoilMoisture is Wet) then (Duration is Zero) (1)
 2. If (Temperature is Cold) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Short) (1)
 3. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is VeryShort) (1)
 4. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is not light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Short) (1)
 5. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Zero) (1)
 6. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Meduime) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is VeryShort) (1)
 7. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Dark) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Long) (1)
 8. If (Temperature is Cold) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Long) (1)
 9. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Short) (1)
 10. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is not light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Long) (1)
 11. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Zero) (1)
 12. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Meduime) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is VeryShort) (1)
 13. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Dark) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is VeryLong) (1)

If	and	and	Then
Temperature is	SolarRadiation is	SoilMoisture is	Duration is
Cold	Dark	Dry	Short
Medium	Meduime	Meduime	VeryShort
Hot	light	Meduime	Zero
none	none	Wet	VeryLong
		none	Long
			none

☐ not ☐ not ☐ not ☐ not

Connection: ☐ or ☒ and Weight: 1

Delete rule Add rule Change rule << >>

The rule is added Help Close

شکل ۳-۳۳: قوانین کنترلر دما، رطوبت و نور.

جدول ۳-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت مرطوب خاک

تابش (Lux)			دما (°C)
تاریک	متوسط	روشن	
صفر			سرد
			متوسط
			گرم

جدول ۴-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت متوسط خاک

تابش (Lux)			دما (°C)
تاریک	متوسط	روشن	
کم			سرد
کم		خیلی کم	متوسط
زیاد	خیلی کم	صفر	گرم

جدول ۵-۳: قوانینی برای مدت زمان آبیاری (در دقیقه) در رطوبت خشک خاک

تابش (Lux)	دما (°C)
------------	----------

تاریک	متوسط	روشن	
زیاد			سرد
زیاد		کم	متوسط
خیلی زیاد	خیل کم	صفر	گرم

- 1. If (SoilMoisture is Wet) then (Duration is Zero) (1)
- 2. If (Temperature is Cold) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Short) (1)
- 3. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is VeryShort) (1)
- 4. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is not light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Short) (1)
- 5. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Zero) (1)
- 6. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Meduime) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is VeryShort) (1)
- 7. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Dark) and (SoilMoisture is Meduime) then (Duration is Long) (1)
- 8. If (Temperature is Cold) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Long) (1)
- 9. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Short) (1)
- 10. If (Temperature is Medium) and (SolarRadiation is not light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Long) (1)
- 11. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is light) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is Zero) (1)
- 12. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Meduime) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is VeryShort) (1)
- 13. If (Temperature is Hot) and (SolarRadiation is Dark) and (SoilMoisture is Dry) then (Duration is VeryLong) (1)

۵-۵-۶-۳ موتور استنتاج فازی

در این تحقیق موتور استنتاج مینیمم ممدانی به کار برده شد. در این موتور استنتاج، ابتدا خروجی هر قاعده با استلزام مینیمم ممدانی (عملگر منطقی min) محاسبه شده و سپس از عملگر اجتماع (max) برای استلزام نتایج استفاده شد تا خروجی نهایی تولید شود.

فصل چهارم

یافته‌ها و بحث

فصل چهارم: یافته‌ها و بحث

۴-۱ مقدمه

در این بخش ابتدا نتایج طراحی سامانه فتوولتاییک نشان داده شده است. در ادامه به نتایج سامانه کنترل فازی و نمودارهای مربوط به ارزیابی ارائه شده است.

۴-۲ طراحی سیستم فتوولتاییک

۴-۲-۱ برآورد انرژی مورد نیاز سیستم.

یکی از اولین کارهایی که لازم است هنگام طراحی یک سیستم فتوولتاییک مستقل انجام داد، ارزیابی نیازهای انرژی است. این کار معمولاً به صورت وات-ساعت مورد نیاز در هر روز (Wh/day) انجام می‌شود. در شکل (۱-۳) شماتیک سامانه آبیاری هوشمند مشاهده شد. به منظور تعیین وات-ساعت روزانه لازم است فهرستی از تمامی وسایل برقی که قرار است در سامانه به کار برده شود تهیه شود. در جدول (۱-۴) و جدول (۲-۴) تجهیزاتی که در سامانه استفاده می‌شوند به همراه توان نامی آن‌ها (W) و تعداد ساعاتی که در هر روز استفاده می‌شوند (h)، لیست شده‌اند.

جدول ۴-۱: بارهای AC مورد استفاده

مصرف کننده های AC	توان نامی (W)	تعداد	کل توان مورد نیاز (W)	تعداد ساعات استفاده	نیاز روزانه انرژی
				روزانه (h)	(Wh)
پمپ آبیاری	۳۷۲	۱	۳۷۲	۱	۳۷۲
پمپ کود دهی	۳۷۲	۱	۳۷۲	۰/۱	۳۷/۲
شیرهای برقی	۲	۵	۱۰	۱	۱۰
همزن برقی	۲۰۰	۱	۲۰۰	۰/۱	۲۰
مجموع					۴۳۹/۲

جدول ۴-۲: بارهای DC مورد استفاده

مصرف کننده های DC	توان نامی (W)	تعداد	کل توان مورد نیاز (W)	تعداد ساعات استفاده روزانه (h)	نیاز روزانه انرژی (Wh)
برد تغذیه سامانه کنترلی	۵	۱	۵	۲۴	۱۲۰
مجموع					۱۲۰

۴-۲-۲ ارزیابی منبع خورشید.

در این قسمت یکی از اولین کارهایی که باید انجام داد، انتخاب زاویه تمایل بهینه آرایه فتوولتاییک برای ماه طراحی سیستم در مکان مورد نظر است. از آنجایی که قرار است این دستگاه در تمام طول سال مورد استفاده قرار بگیرد و میزان مصرف انرژی الکتریکی آن ثابت هست؛ بنابراین ماه دسامبر (در فصل زمستان) به عنوان ماه طراحی در نظر گرفته شده است.

با توجه به توضیحات داده شده؛ اطلاعاتی که در این قسمت نیاز هست، تعداد ساعات پیک خورشید در زاویه انتخاب شده در ماه طراحی است. با میانمایی از جدول (۴-۳)، تعداد ساعات پیک خورشیدی به دست آمده در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی، در زاویه تمایل ۴۵ درجه در ماه دسامبر برابر با ۳/۹۶ است.

جدول ۴-۳: متوسط ماهانه تابش روزانه خورشید ($kWh/m^2 \cdot day$) (NASA).

زاویه (درجه)	ماه				
	۰	۲۰	۳۵	۵۰	۹۰
ژانویه	۲/۶۹	۳/۶۸	۴/۱۹	۴/۴۶	۳/۹۳
فوریه	۳/۵۱	۴/۳۸	۴/۷۶	۴/۸۷	۳/۹۰
مارس	۴/۴۵	۵/۰۵	۵/۱۹	۵/۰۷	۳/۵۴
آوریل	۵/۴۸	۵/۷۱	۵/۵۵	۵/۱۲	۲/۹۷
می	۶/۳۶	۶/۲۷	۵/۸۴	۵/۱۴	۲/۵۵
ژوئن	۷/۳۰	۷/۰۲	۶/۳۸	۵/۴۳	۲/۴۰
جولای	۷/۰۰	۶/۸۱	۶/۲۵	۵/۳۹	۲/۴۸
آگوست	۶/۵۳	۶/۶۷	۶/۳۷	۵/۷۳	۳/۰۱
سپتامبر	۵/۵۵	۶/۲۰	۶/۲۹	۶/۰۴	۳/۸۹
اکتبر	۴/۰۲	۴/۹۱	۵/۲۸	۵/۳۵	۴/۱۵
نوامبر	۲/۸۹	۳/۸۴	۴/۳۲	۴/۵۵	۳/۹۱
دسامبر	۲/۳۶	۳/۲۸	۳/۷۷	۴/۰۵	۳/۶۵
میانگین سالانه	۴/۸۵	۵/۳۲	۵/۳۵	۵/۱۰	۳/۳۶

^۱ . این مقادیر برای منطقه‌ای با عرض و طول جغرافیایی ۳۵/۴ درجه شمالی و ۵۱/۲ درجه شرقی می‌باشد.

۴-۲-۳ اندازه‌گذاری آرایه و باطری‌های فتوولتائیک

۴-۲-۳-۱ آرایه فتوولتائیک

با توجه به رابطه‌های مواد و روش‌ها، توان بیشینه موردنیاز آرایه برحسب W_P برابر است با:

$$W_{PV} = \frac{439.2}{(3.96 \times 0.6)} = 184.84 W_P \quad (۱-۴)$$

بنابراین حداقل اندازه آرایه W_P ۶۴۵ خواهد بود

۴-۲-۳-۲ اندازه‌گذاری باطری

با فرض اینکه متوسط تعداد روزهای ذخیره‌سازی باطری ۳ روز باشد؛ حداقل ظرفیت موردنیاز

باطری برحسب آمپر-ساعت برابر است با:

$$Q = \frac{(184.84 \times 3)}{(12 \times 0.5 \times 0.9 \times 0.97)} = 105.86 Ah \quad (۲-۴)$$

حداقل ظرفیت باطری برابر با ۱۱۰ آمپر-ساعت می‌باشد.

۴-۲-۴ انتخاب اجزاء

۴-۲-۴-۱ ماژول

با توجه به محاسبات انجام‌شده ۲ عدد ماژول پلی‌کریستال ۱۲۰ واتی به‌منظور تأمین توان

موردنیاز انتخاب گردید. این ماژول‌ها به‌صورت موازی به یکدیگر متصل شده‌اند شکل (۳-۲۰).

مشخصات این ماژول در جدول (۴-۴) ذکر شده است.

جدول ۴-۴: مشخصات ماژول‌های انتخاب شده

نوع	پلی کریستال
ماکزیمم توان	120 Wp
ولتاژ در نقطه توان ماکزیمم	۱۹/۶ ولت
جریان در نقطه توان ماکزیمم	۵/۱۳ آمپر
ولتاژ مدارباز	۲۴/۳ ولت
وزن	۹/۲ کیلوگرم
ابعاد	$1482 \times 676 \times 35\text{ mm}$



شکل ۴-۱: ماژول‌های فتوولتاییک

۲-۴-۲ شارژ کنترلر

جریان نامی شارژکنترلر با جریان تولیدشده توسط آرایه و جریان مصرفشده توسط مصرف‌کننده‌ها تعیین می‌شود. جریان تولیدشده به وسیله ماژول 120 واتی برابر با $5/13$ آمپر است. ماژول‌ها به صورت موازی به هم متصل شده‌اند. بنابراین ولتاژ سیستم ثابت (12 ولت) و جریان 6

برابر می‌شود. بنابراین میزان جریان ورودی به کنترلر حداقل باید $30/78\text{ A}$ باشد. از آنجایی که امکان

گسترش سیستم وجود دارد، در نتیجه یک شارژ کنترلر 40 A انتخاب گردید



شکل ۴-۲: شارژ کنترلر نصب شده در سیستم فتوولتائیک.

۳-۴-۲-۴ اینورتر

کل توان AC مصرف‌شده سیستم در هر زمانی برابر با $439/2$ وات است. بنابراین یک اینورتر

500 وات با ورودی 12V DC انتخاب گردید. به‌منظور گسترش سیستم و جریان‌های راه‌انداز بالا در

موتورها، اندازه اینورتر بزرگ‌تر در نظر گرفته‌شده است شکل (۴-۳).



شکل ۴-۳: اینورتر 12V DC به 220V AC در سیستم فتوولتائیک.

۴-۲-۴-۴ باطری

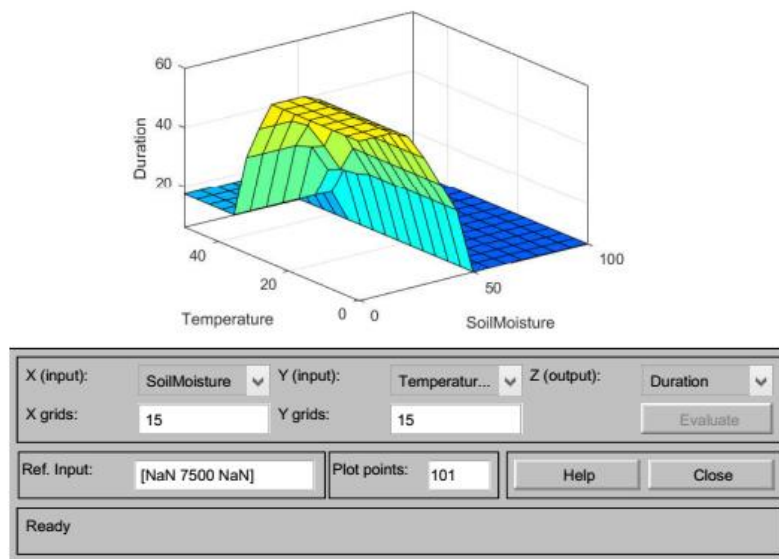
با توجه به محاسبات انجام شده حداقل ظرفیت باطری مورد نیاز ۱۱۰ آمپرساعت است. باطری انتخاب شده برای این سیستم از نوع ۱۲ ولت ۱۰۰ آمپرساعت هست، بنابراین طبق محاسبات انجام شده برای راه اندازی سیستم به ۲ عدد از این نوع باطری ها نیاز هست (شکل ۴-۴).



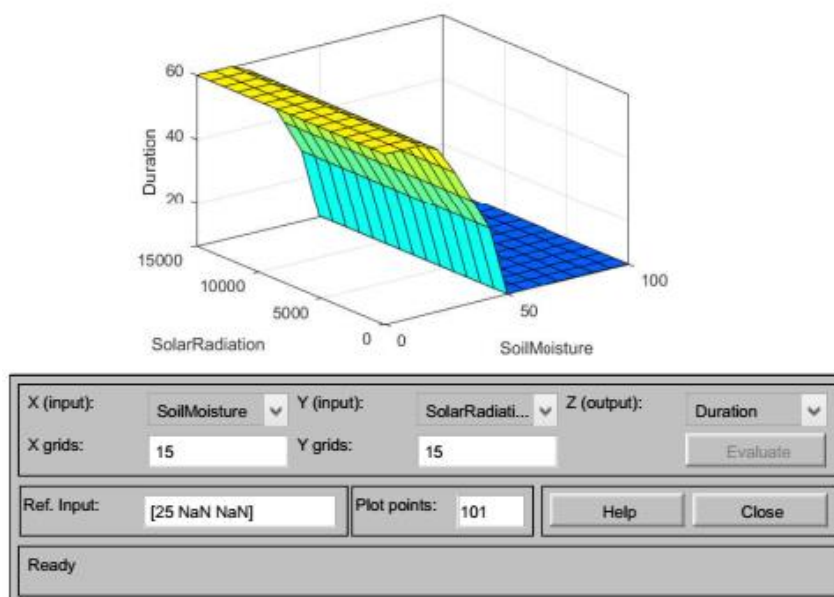
شکل ۴-۴: باطری نصب شده در سیستم فتوولتائیک

۴-۳ عملکرد سامانه کنترلی فازی

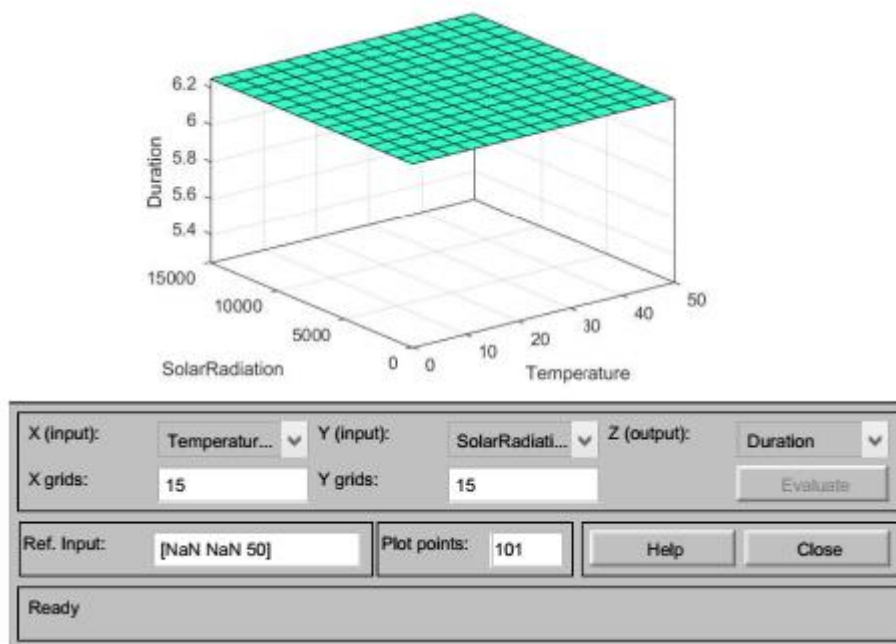
چگونگی عملکرد مجموعه های فازی برای ورودی های مختلف دما، رطوبت و نور تحت تأثیر قوانین فازی و موتور استنتاج فازی به صورت گراف هایی بدست آمد که در شکل های (۴-۵) و (۴-۶) نشان داده شده است.



شکل ۴-۵: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات رطوبت خاک و دما



شکل ۴-۶: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات رطوبت خاک و نور



شکل ۷-۴: سطح کنترلی خروجی متناسب با تغییرات دما و نور

۴-۴ نتایج تجربی

سامانه کنترلی پس از طراحی بر روی صفحه مدار چاپی پیاده سازی شده و به حسگرهای مختلف متصل شد. این سامانه به مدت ۳۰ روز کاری به طور مداوم کار کرد. اندازه گیری واقعی پارامترها در باغ انجام شد. نتایج ارزیابی سامانه کنترل کننده فازی نشان داد که سامانه در دمای بالا در طول روز از کاهش تبخیر و تعرق جلوگیری کرد. همچنین با مراجعه به پایگاه قوانین فازی، زمان مناسب را انتخاب می کند. در مدت ۳۰ روز مقدار کل آب مصرفی ۳۹۶۰ لیتر است، یعنی به طور متوسط ۱۳۲ لیتر در روز در مساحت ۵۰۰ متر مربع مصرف شده است. این مقدار برای ۳۰ نهال است. همچنین مقدار مصرف برای هر نهال ۴/۴ لیتر بدست آمد. این همان مقدار محاسبه شده توسط تبخیر و تعرق در معادله (۱-۲) برای زمین های خشک است گزارش شده است. این نشان می دهد که سیستم

آبیاری مبتنی بر کنترل فازی که در اینجا ایجاد شده کاملاً آبی را که خاک و محصول به دلیل تبخیر و تعرق از دست می دهد، جبران می کند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا باغ به مساحت ۵۰۰ مترمربع احداث گردید. سپس تجهیزات مربوط به آبیاری و کوددهی نصب شد. پس از مشخص شدن بافت خاک نقشه بافت خاک تهیه و مشخصات به سامانه کنترلی داده شد. سامانه کنترل فازی بر اساس داده‌های حسگر رطوبت خاک و حسگر نور و بافت خاک طراحی گردید. در این تحقیق از روش ممدانی برای استنتاج فازی و توابع عضویت تعریف شده برای متغیرهای ورودی و متغیرهای خروجی از نوع مثلثی و دوزنقه ای انتخاب شد. در سامانه آبیاری و کوددهی به منظور مدیریت بهینه در حفظ رطوبت و مقدار کود طراحی گردید. طراحی برنامه کنترل‌کننده مبتنی بر برنامه منطق فازی با پایگاه قوانین است؛ بنابراین طراحی برنامه کنترل برای هر نوع شرایط محیطی قابل اجراست و از این سامانه کنترلی در سیستم‌های مختلف آبیاری نیز می‌توان استفاده کرد. همچنین این برنامه کنترلی با کالیبره کردن مقدار رطوبت و کود بر اساس نیاز هر باغ می‌توان اصلاح و اعمال کرد. استراتژی کنترل فازی توسعه یافته ، زمان و مدت زمان آبیاری را برای یک باغ مشخص بهینه کرده است. به منظور نظارت بر عملکرد سیستم در زمان واقعی و ثبت اطلاعات کلیدی ، یک سامانه کنترلی ساخته شد. عوامل کلیدی محیطی و آب و هوایی در زمان واقعی همراه با زمان و در طی آبیاری و همچنین میزان آب مورد نیاز به صورت مداوم ثبت شد. سیستم توسعه یافته مقدار آب از دست رفته در اثر تبخیر و تعرق را همانطور که توسط مدل پنمن- مونتیت پیش بینی شده بود (با اقتباس از سوی فاو) از بین برد. نتایج تجربی نشان داد که استقرار رویکرد کنترل فازی تأثیر زیادی بر پایداری آبیاری از طریق مدیریت و برنامه ریزی بهتر دارد.

فهرست منابع:

- ۱- بی نام ۱ (<http://ga.water.usgs.gov/edu>)
- ۲- جمشیدی، ک. . طراحی و ساخت قایق خورشیدی. دانشگاه اصفهان. ۱۳۸۴.
- ۳- حاجسقطی، ا. . اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، دانشگاه علم و صنعت. ۱۳۸۷
- ۴- سیفی، شهلا . تأثیر کاربرد آبگرمکن خورشیدی در محیطزیست ایران، استاندارد، ۱۹۹۹، ۲۴-۲۷. ۱۳۸۷.
- ۵- شایان فر، ح. ۱۳۸۲. بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در تولید اقتصادی محصولات، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صص ۱-۱۶.
- ۶- صدر قاین، س ح ، رافضی، ز ، رفعتی، م و شرمیری، د ۱۳۸۱ ارزیابی اقتصادی سیستم آبیاری میکرو و بررسی کاربرد این سیستم ها در مقایسه با آبیاری سطحی در زراعت خیار گزارش نهایی طرح تحقیقاتی شماره ۳۷ / ۸۱ سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
- ۷- عبدالرحمانی رزکه، ن.، فرخی تیمورلو، ر. ۱۳۹۳. کنترل هوشمند مصرف آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، پایان‌نامه، کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی.
- ۸- منتظری، م. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی فتوولتاییک خودکار. کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۹۱
- ۹- موسی‌زاده، ح. و جوان‌بخت، س. فتوولتاییک برای متخصصان، نشر علم کشاورزی ایران، تهران. ۱۳۸۹.
- ۱۰- نداف زاده، م.، آبدانان مهدی زاده، س.، آسودار، م. الف.، صالی سلمی، م. ر. ۱۳۹۶. طراحی و توسعه سامانه کنترل هوشمند تعیین آب موردنیاز گیاهان گلخانه‌ای با کمک بینای ماشین، نشریه، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۸، شماره ۲، ۲۹۷-۲۸۵ صص.
- 11- Allen, R.G., Peeria, L.S., Racs, D., Smith, M., Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrig. Drainag. Paper 56, Rome, 1998.
- 12- Alscher, G., Krug, H., Liebig, H.P., 2001. Optimisation of CO2 and temperature control in greenhouse crops by means of growth models at different

- abstraction levels. II. Growth models and parameter generation for lettuce crops. *Gartenbauwissenschaft* 66, 153–163.
- 13- Angelopoulos, C.M., Nikolettseas, S., and Constantinos C. 2011. Asmart system for garden watering using wireless sensor networks. In: *Proceedings of the 9th ACM international symposium on mobility management and wireless access*, Miami, Fi, USA. 31 October-04 November. Pp 167-170.
 - 14- Balendonek,J., Hemming,J., Van Tuijl,B.A.J., Incrocci,L., Pardossi,A and Marzialetti,P. 2008.
 - 15- Bellazzi, R., Ironi, L., Guglielmann, R., Stefanelli, M., *Qualitative models and fuzzy systems: an integrated approach for learning from data*, *Artificial Intelligence in Medicine*, 14, pp 5–28, 1998.
 - 16- Bhosale, p. A., and Dixit, V.V. 2012. Water saving-irrigation automatic agricultural controller, *International journal of scientific and technology research*, 1:118-123.
 - 17- Car, N., Christen, E., Hornbuckle, J. , Moore, G., *Using a mobile phone Short Messaging Service (SMS) for irrigation scheduling in Australia – Farmers’ participation and utility evaluation*, *Computers and Electronics in Agriculture*, 84, 132-143, 2012.
 - 18- Charusombat, U., Niyogi, D, Garrigues, S., Oliso, A., Marloie, O., Barlage, M., Chen, F., Ek, M., Wang, X., Wue, Z., Noah-GEM and Land Data Assimilation System (LDAS) based downscaling of global reanalysis surface fields: Evaluations using observations from a CarboEurope agricultural site, *Computers and Electronics in Agriculture*, 86, pp 55-74, 2012.
 - 19- Cooper, D., Sanderson, J., Stannard, D., Groeneveld, D., *Effects of longterm water table drawdown on evapotranspiration and vegetation in an arid region phreatophyte community*, *Journal of Hydrology*, 325, pp 21–34, 2006.
 - 20- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Khabba, S., Simonneaux, V., Jarlan, L., Ouldbba, A., Rodriguez, J.C., Allen, R., *Assessment of reference evapotranspiration methods in semi arid regions: Can weather forecast data be used as alternate of ground meteorological parameters?*, *Journal of Arid Environments*, 74, 12, pp 1587-1596, 2010.
 - 21- Garcia-Sanchez, A., Garcia-Sanchez, F., Garcia-Haro, J., *Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops*, *Computers and Electronics in Agriculture*, 75, pp 288-303, 2011.
 - 22- Gillies M.H., Smith Æ.R.J., *Infiltration parameters from surface irrigation advance and run-off data*, *Irrig Sci*, 24, pp 25-35, 2005.

- 23- Green, O., Nadimi, E., Blanes-Vidal, V., Jørgensen, R., Storm, I., Sørensen, C., *Monitoring and modeling temperature variations inside silage stacks using novel wireless sensor networks*, Computers and Electronics in Agriculture, 69, pp 149-157, 2009.
- 24- Hahn, F. *Fuzzy controller decreases tomato cracking in greenhouses*, Computers and Electronics in Agriculture, 77, pp 21-27, 2011.
- 25- Hashim M.A., *Water, Agriculture and Environment in Arid Lands – Water and Agriculture Vision for Qatar by 2020*, 2009.
- 26- Kanzari S., Hachicha M., Bouhlila R., Battle-Sales J., *Characterization and modeling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) – Salinization risk of soils and aquifers*, Computers and Electronics in Agriculture, 86, pp 34-42, 2012.
- 27- Liao, L., Zhang, L., Bengtsson, L., *Soil moisture variation and water consumption of spring wheat and their effects on crop yield under drip irrigation*, Irrig Drainage Syst 22, 253–270, 2008.
- 28- Mohd Salih, J.E., Adom, A.H., and Shaakaf, A.Y. 2012. Solar Powered automated fertigation control system for cucumis melo L. Cultivation in green house, Asia Pacific Chemical, Biological and Environmental Engineering Society. 79-87.
- 29- Mughrabi, H., *Water Evaporation in Areas of High Aridity*, Jordan Journal of Civil Engineering, 5, pp 322- 329, 2011.
- 30- Prakash N., Chenb, D., *Modification of a spatially referenced crop model to simulate the effect of spatial pattern of subsoil salinity*, Computers and Electronics in Agriculture, 74, pp 313-320, 2010.
- 31- Winter,C., Soylemez,N., Trivedi,J., Pinkens,N., Craig,C and Vaidyanathan,V.2006. Design of a sensor based smart sprinkler system. Proceedings of the international journal management engineering- intertech conference, kean University, New Jersey, New Jersey, October 19-21

پیسٹ ۱ : میکرو کنٹرلر Atmega 32

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 1024 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega32L
 - 0 - 16 MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



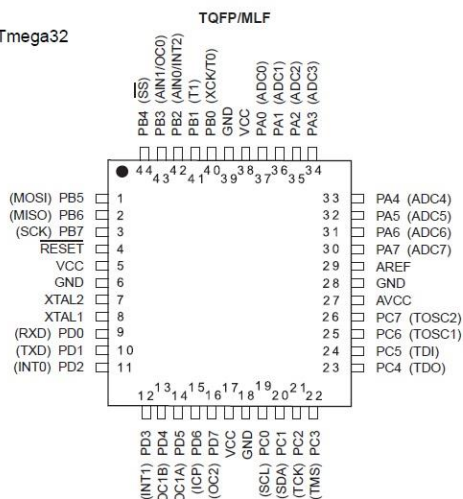
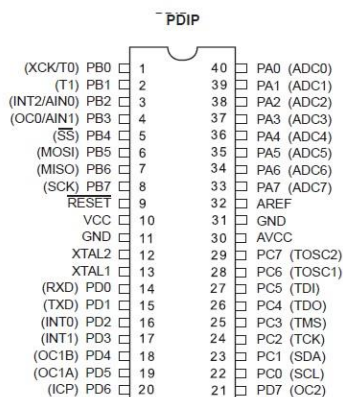
8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 32K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32
ATmega32L

Preliminary

Pin Configurations

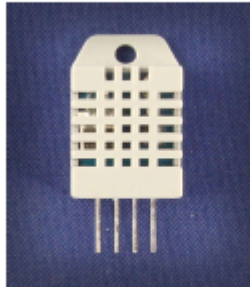
Figure Pinouts ATmega32



پیوست ۲: اطلاعات مربوط به حسگر دما و رطوبت نوع (AM2303) DHT22

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

AM2303



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated
- * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal
- * Outstanding long-term stability
- * Extra components not needed
- * Long transmission distance
- * Low power consumption
- * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

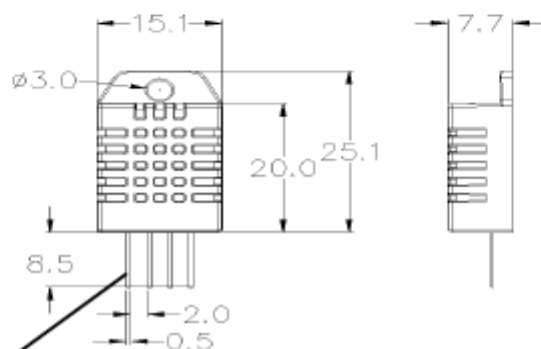
Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	AM2303
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature
Measuring range	humidity 0-100%RH; temperature -40~125Celsius

Accuracy	humidity $\pm 2\%RH$ (Max $\pm 5\%RH$);	temperature ± 0.2 Celsius
Resolution or sensitivity	humidity $0.1\%RH$;	temperature 0.1 Celsius
Repeatability	humidity $\pm 1\%RH$;	temperature ± 0.2 Celsius
Humidity hysteresis	$\pm 0.3\%RH$	
Long-term Stability	$\pm 0.5\%RH$ /year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	

4. Dimensions: (unit—mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

5. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

پیوست ۳: اطلاعات مربوط به حسگر نور (BH1750FVI) GY-302

Ambient Light Sensor IC Series

Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC



BH1750FVI

No.11046EDT01

●Descriptions

BH1750FVI is an digital Ambient Light Sensor IC for I²C bus Interface. This IC is the most suitable to obtain the ambient light data for adjusting LCD and Keypad backlight power of Mobile phone. It is possible to detect wide range at High resolution. (1 - 65535 lx).

●Features

- 1) I²C bus Interface (f / s Mode Support)
- 2) Spectral responsibility is approximately human eye response
- 3) Illuminance to Digital Converter
- 4) Wide range and High resolution. (1 - 65535 lx)
- 5) Low Current by power down function
- 6) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function
- 7) 1.8V Logic Input Interface
- 8) No need any external parts
- 9) Light source dependency is little. (ex. Incandescent Lamp. Fluorescent Lamp. Halogen Lamp. White LED. Sun Light)
- 10) It is possible to select 2 type of I²C slave-address.
- 11) Adjustable measurement result for influence of optical window
(It is possible to detect min. 0.11 lx, max. 100000 lx by using this function.)
- 12) Small measurement variation (+/- 20%)
- 13) The influence of Infrared is very small.

●Applications

Mobile phone, LCD TV, NOTE PC, Portable game machine, Digital camera, Digital video camera, PDA, LCD display

●Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Ratings	Units
Supply Voltage	V _{max}	4.5	V
Operating Temperature	T _{opr}	-40~85	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-40~100	°C
SDA Sink Current	I _{max}	7	mA
Power Dissipation	P _d	260 [※]	mW

※ 70mm × 70mm × 1.6mm glass epoxy board. Derating is done at 3.47mW/°C for operating above Ta=25°C.

●Operating Conditions

Parameter	Symbol	Ratings			Units
		Min.	Typ.	Max.	
V _{cc} Voltage	V _{cc}	2.4	3.0	3.6	V
I ² C Reference Voltage	V _{dvi}	1.65	-	V _{cc}	V

● Electrical Characteristics (V_{CC} = 3.0V, DVI = 3.0V, Ta = 25°C, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Limits			Units	Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Supply Current	I _{CC1}	—	120	190	μA	E _V = 100 lx ^{※1}
Powerdown Current	I _{CC2}	—	0.01	1.0	μA	No Input Light
Peak Wave Length	λ _p	—	560	—	nm	
Measurement Accuracy	S/A	0.96	1.2	1.44	times	Sensor out / Actual lx E _V = 1000 lx ^{※1, ※2}
Dark (0 lx) Sensor out	S _D	0	0	3	count	H-Resolution Mode ^{※3}
H-Resolution Mode Resolution	n _{HR}	—	1	—	lx	
L-Resolution Mode Resolution	n _{LR}	—	4	—	lx	
H-Resolution Mode Measurement Time	t _{HR}	—	120	180	ms	
L-Resolution Mode Measurement Time	t _{LR}	—	16	24	ms	
Incandescent / Fluorescent Sensor out ratio	r _{IF}	—	1	—	times	E _V = 1000 lx
ADDR Input 'H' Voltage	V _{AH}	0.7 * V _{CC}	—	—	V	
ADDR Input 'L' Voltage	V _{AL}	—	—	0.3 * V _{CC}	V	
DVI Input 'L' Voltage	V _{DVL}	—	—	0.4	V	
SCL, SDA Input 'H' Voltage 1	V _{IH1}	0.7 * V _{DVI}	—	—	V	V _{DVI} ≥ 1.8V
SCL, SDA Input 'H' Voltage 2	V _{IH2}	1.26	—	—	V	1.65V ≤ V _{DVI} < 1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 1	V _{IL1}	—	—	0.3 * V _{DVI}	V	V _{DVI} ≥ 1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 2	V _{IL2}	—	—	V _{DVI} - 1.26	V	1.65V ≤ V _{DVI} < 1.8V
SCL, SDA, ADDR Input 'H' Current	I _{IH}	—	—	10	μA	
SCL, SDA, ADDR Input 'L' Current	I _{IL}	—	—	10	μA	
I ² C SCL Clock Frequency	f _{SCL}	—	—	400	kHz	
I ² C Bus Free Time	t _{BUF}	1.3	—	—	μs	
I ² C Hold Time (repeated) START Condition	t _{HSTA}	0.6	—	—	μs	
I ² C Set up time for a Repeated START Condition	t _{SUSTA}	0.6	—	—	μs	
I ² C Set up time for a Repeated STOP Condition	t _{SUSTD}	0.6	—	—	μs	
I ² C Data Hold Time	t _{HDDAT}	0	—	0.9	μs	
I ² C Data Setup Time	t _{SUDAT}	100	—	—	ns	
I ² C 'L' Period of the SCL Clock	t _{LOW}	1.3	—	—	μs	
I ² C 'H' Period of the SCL Clock	t _{HIGH}	0.6	—	—	μs	
I ² C SDA Output 'L' Voltage	V _{OL}	0	—	0.4	V	I _{OL} = 3 mA

※1: EV = 1000 lx, ※2: EV = 1000 lx, ※3: H-Resolution Mode

●Reference Data

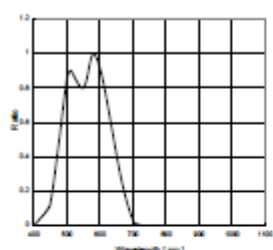


Fig.1 Spectral Response

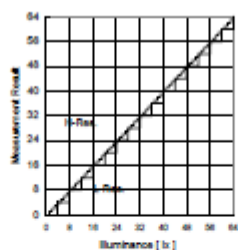


Fig.2 Illuminance - Measurement Result 1

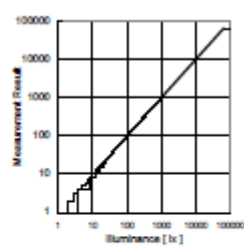


Fig.3 Illuminance - Measurement Result 2

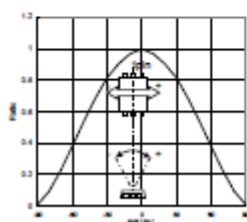


Fig.4 Directional Characteristics 1

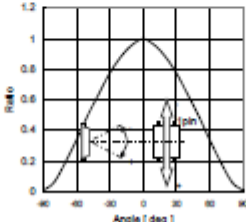


Fig.5 Directional Characteristics 2

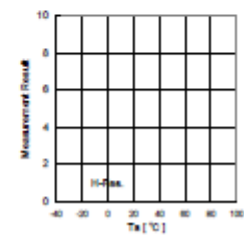


Fig.6 Dark Response

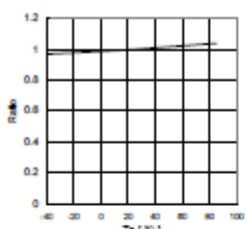


Fig.7 Measurement Accuracy Temperature Dependency

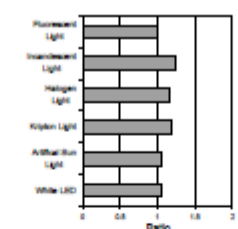


Fig.8 Light Source Dependency (Fluorescent Light Is set to "1")

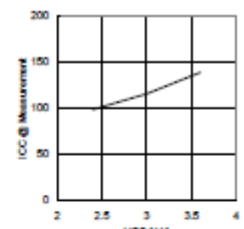


Fig.9 VCC - ICC (During measurement)

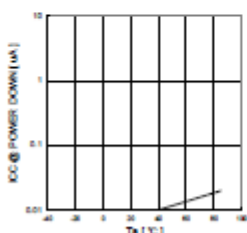


Fig.10 VCC - ICC@0 Lx (POWER DOWN)

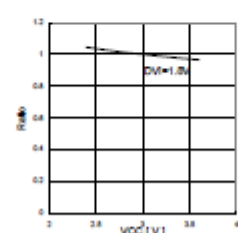


Fig.11 Measurement Result VCC Dependency

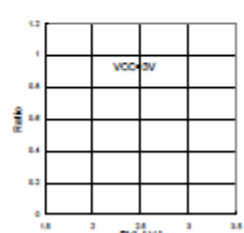
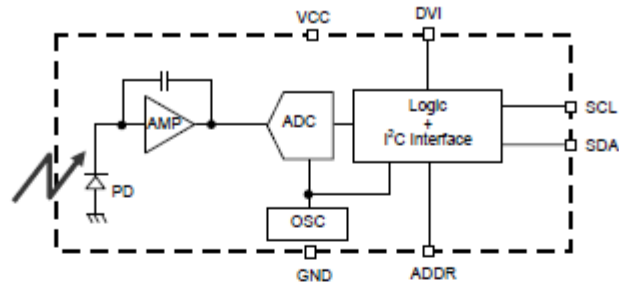


Fig.12 Measurement Result DVI Dependency

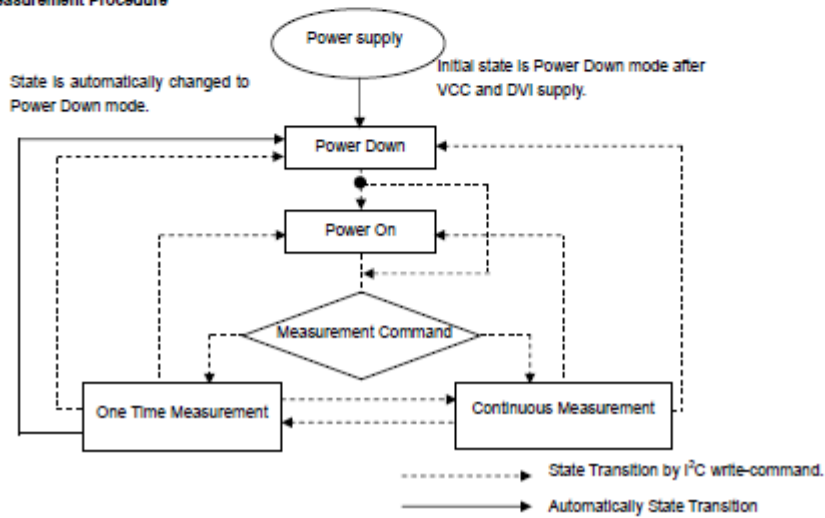
●Block Diagram



●Block Diagram Descriptions

- PD
Photo diode with approximately human eye response.
- AMP
Integration-OPAMP for converting from PD current to Voltage.
- ADC
AD converter for obtaining Digital 16bit data.
- Logic + I²C Interface
Ambient Light Calculation and I²C BUS Interface. It is including below register.
Data Register → This is for registration of Ambient Light Data. Initial Value is "0000_0000_0000_0000".
Measurement Time Register → This is for registration of measurement time. Initial Value is "0100_0101".
- OSC
Internal Oscillator (typ. 320kHz). It is CLK for internal logic.

●Measurement Procedure



Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193

Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Tutorial
 - 3.1 Requirements
 - 3.2 Connection Diagram
 - 3.3 Calibration Code
 - 3.4 Calibration
 - 3.4.1 Calibration Range
 - 3.4.2 Section Settings
 - 3.5 Test Code
- 4 FAQ
- 5 More

Introduction

Our soil moisture sensor (<https://www.dfrobot.com/product-1385.html>) measures soil moisture levels by capacitive sensing rather than resistive sensing like other sensors on the market. It is made of corrosion resistant material which gives it an excellent service life.

Insert it in to the soil around your plants and impress your friends with real-time soil moisture data!

This module includes an on-board voltage regulator which gives it an operating voltage range of 3.3 ~ 5.5V. It is perfect for low-voltage MCUs, both 3.3V and 5V. For compatibility with a Raspberry Pi it will need an ADC converter.

This soil moisture sensor is compatible with our 3-pin "Gravity" interface, which can be directly connected to the Gravity I/O expansion shield.



(<https://www.dfrobot.com/product-1385.html>)
Capacitive Soil Moisture Sensor
(<https://www.dfrobot.com/product-1385.html>)

Specification

- Operating Voltage: 3.3 ~ 5.5 VDC
- Output Voltage: 0 ~ 3.0VDC
- Operating Current: 5mA
- Interface: PH2.0-3P
- Dimensions: 3.86 x 0.905 inches (L x W)
- Weight: 15g

Tutorial

Requirements

- Hardware
 - DFRduino UNO x1
 - Capacitive Soil Moisture Sensor x1
 - Jumper Cable x3
- Software
 - Arduino IDE V1.6.5 Click to Download Arduino IDE (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>)

Connection Diagram



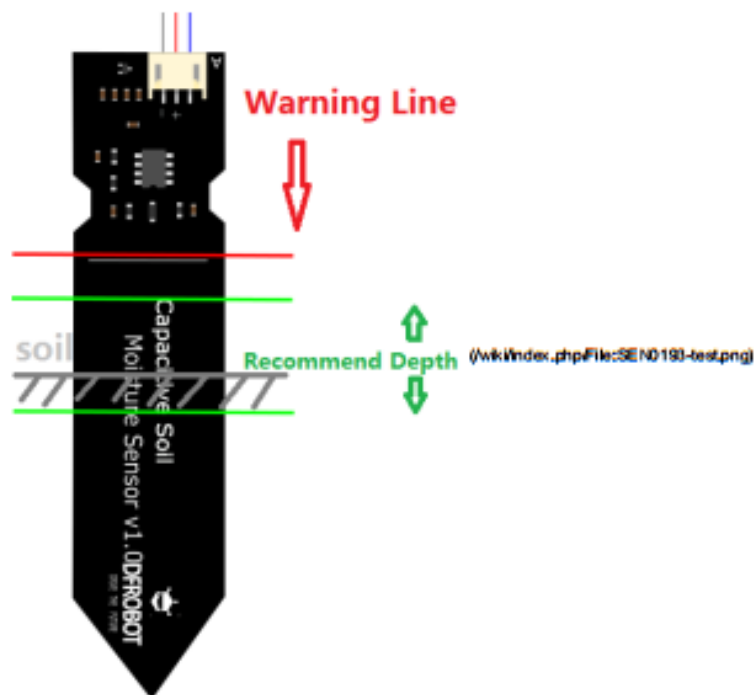
(<http://wiki/index.php/File:SEN0193-line.png>)

Calibration Code

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate as 9600 bps  
}  
void loop() {  
  int val;  
  val = analogRead(0); //connect sensor to Analog 0  
  Serial.print(val); //print the value to serial port  
  delay(100);  
}
```

Calibration

Calibration Range



1. Open the serial port monitor and set the baud rate to 9600
2. Record the sensor value when the probe is exposed to the air as "Value 1". This is the boundary value of dry soil "Humidity: 0%RH"
3. Take a cup of water and insert the probe into it no further than the red line in the diagram
4. Record the sensor value when the probe is exposed to the water as "Value 2". This is the boundary value of moist soil "Humidity: 100%RH"



- The components on this board are NOT waterproof, do not expose to moisture further than the red line. (If you want to protect components from the elements, try using a length of wide heat shrink tubing around the upper-section of the board.)
- There is an inverse ratio between the sensor output value and soil moisture.

Section Settings

The final output value is affected by probe insertion depth and how tight the soil is packed around it is. We regard "value_1" as dry soil and "value_2" as soaked soil. This is the sensor detection range.

For example: Value_1 = 520; Value_2 = 260.

The range will be divided into three sections: dry, wet, water. Their related values are:

- Dry: (520-430]
- Wet: (430-350]
- Water: (350-260]

پیوست ۵: کد برنامه کنترلی

```
// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#include "DHT.h"
#include <BH1750.h>
#define DHTPIN 15
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
#define h_low 50
#define h_high 80
#define t_low 15
#define t_high 25
#define l_low 150
int t_set;
int h_set;
int l_set;
int SoilM;
float s_p=0;
uint8_t sec=0,minu=0,hour_1=12,day_1=2,month_1=1;
int year_1=2020;
int year_kood_1=2020;
int month_kood_1=5;
int day_kood_1=5;
bool auto_s;
BH1750 lightMeter;

// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(14,13, 12, 11, 10, 7);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {

    //copy to main code
    cli();//stop interrupts
    //set timer1 interrupt at 1Hz
    TCCR1A = 0;// set entire TCCR1A register to 0
    TCCR1B = 0;// same for TCCR1B
```

```

TCNT1 = 0;//initialize counter value to 0
// set compare match register for 1hz increments
OCR1A = 7820;// = (8*10^6) / (1*1024) - 1 (must be <6
// turn on CTC mode
TCCR1B |= (1 << WGM12);
// Set CS10 and CS12 bits for 1024 prescaler
TCCR1B |= (1 << CS12) | (1 << CS10);
// enable timer compare interrupt
TIMSK |= (1 << OCIE1A);
sei();//allow interrupts
//
pinMode(0, OUTPUT); //ab
pinMode(1, OUTPUT); //kood
pinMode(2, INPUT); //auto

    lightMeter.begin();
// set up the LCD's number of columns and rows:
lcd.begin(16, 2);
    dht.begin();
// Print a message to the LCD.
lcd.print("hello, world!");
delay(1500);
lcd.clear();
}

void loop() {

    auto_s=digitalRead(2);
    float h = dht.readHumidity();
// Read temperature as Celsius (the default)
    float t = dht.readTemperature();
    float lux = lightMeter.readLightLevel();
    SoilM=analogRead(7);

    if(auto_s==0) {
    if (year_1==year_kood_1 & month_1==month_kood_1 & day_1==day_kood_1 & hour_1==8 ) {
        digitalWrite(1,HIGH);

```

```

}
else { digitalWrite(1,LOW);
}

s_p=(SoilM*(-0.66))+264;
// put your main code here, to run repeatedly:
if(SoilM<40)
{
digitalWrite(0,HIGH);
}
else if (SoilM>90)
{
digitalWrite(0,LOW);
}
lcd.clear();
lcd.print(hour_1);
lcd.print(":");
lcd.print(minu);
lcd.print(":");
lcd.print(sec);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(day_1);
lcd.print("-");
lcd.print(month_1);
lcd.print("-");
lcd.print(year_1);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T:");
lcd.print(t,1);
lcd.print("H:");
lcd.print(h,1);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Light: ");
lcd.print(lux,1);
lcd.print(" lx");

```

```

    delay(1500);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(" s:");
    lcd.print(SoilM,1);
    lcd.print("%");
    delay(1500);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("s_p:");
    lcd.print(s_p,1);
    lcd.print("%");
    delay(1500);
}
else if(auto_s==1)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("manual");
    delay(1500);
}
}

```

```

ISR(TIMER1_COMPA_vect){//timer1 interrupt 1Hz toggles pin 13 (LED)
//generates pulse wave of frequency 1Hz/2 = 0.5kHz (takes two cycles for full wave- toggle high
then toggle low)
    sec++;
    if(sec==60)
    {
        minu++;
        sec=0;
    }
    if(minu==60)
    {
        minu=0;
        hour_1++;
    }
}

```

```
if(hour_1==24)
{
    hour_1=0;
    day_1++;
}
```

```
if(day_1==30)
{
    day_1=1;
    month_1++;
}
```

```
if(month_1==12) {
    year_1++;
}
```

```
}
```

Abstract

Limited water resources require the optimal use of agricultural water resources. In this regard, the use of new technologies to increase irrigation efficiency. In this research, a new irrigation and fertilizer system was designed using fuzzy logic technique using the knowledge and experience of the farmer. Therefore, in this research, after constructing a garden in Imam Khomeini Higher Education Center with an area of 500 square meters, and installing equipment related to irrigation and fertilization, a fuzzy control system was designed to optimize water consumption and inputs. Intelligent irrigation and fertilization system. In this design, the rate of irrigation and fertilization of trees according to the separated areas of the soil texture map and also the moisture sensor occurred. In arid and very arid regions such as Iran, the time and duration of irrigation is the key to achieving sustainable irrigation. This research offers a practical solution based on artificial intelligence in which all the design and implementation steps are described. First, it describes a microcontroller-based system that collects soil moisture, ambient temperature, and sunlight. The fuzzy logic controller then takes these three inputs and generates the desired irrigation time and duration based on a table of rules created for a given crop. Also, in order to monitor the performance of the system and save the sensor readings, the irrigation time and during it and the amount of water are distributed. It is the basis for future analysis and economic and environmental studies. Experimental results showed that the developed system accurately compensates for the amount of water lost through evapotranspiration, as predicted by the Penman-Montit model, adapted by the FAO. It seems that the use of fuzzy control has a great impact on irrigation management and planning in the near future.

Keywords: Irrigation, solar energy, intelligence, fuzzy system, control

MINISTRY OF JAHAD – E- AGRICULTURE
Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO)
Imam Khomeini Higher Education Center,

**PROJECT TITLE: Construction and evaluation of Fuzzy control solar system
variable rate Fertilized-Irrigation**

PROJECT NO.:

RESEARCHERS: M. Younesi Alamouti-

COWORKERS: H. Khafajeh-

LOCATION: Karaj

START DATE: 2020

DURATION: 25 month

PUBLISHER: Imam Khomeini Higher Education Center

TIRAGE:

DATE OF ISSUE: 2022

FINALRESEARCH REPORT

**Construction and evaluation of Fuzzy
control solar system variable rate Fertilized-
Irrigation**

M. Younesi Alamouti

REGISTER NO.