بررسی تاثیر استفاده از یک سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء

صفورا حیدری [*۱،۰]، محمود احمدی [۲]

۱- موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی جهاد دانشگاهی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲- گروه مهندسی کامپیوتر ، دانشگاه رازی ، کرمانشاه ، ایران

خلاصه

در دنیای امروز استفاده از تکنولوژی در بسیاری از زمینه ها متداول شده و رشد بسیاری داشته است. استفاده از تکنولوژی های جدید از طریق راه‌حل نرم-افزاری هوشمند که برای تسهیل کار مردم، برای افزایش تولید در برخی موارد، حتی برای کاهش مصرف منابع به آن‌ها کمک می‌کند.به عنوان نمونه خانه های هوشمند که دارای سیستم هایی هستند که به طور خودکار مصرف منابع مانند نور، گرما، تهویه مطبوع را کنترل می کنند، هدف کاهش مصرف منابع و تأثیر محیط‌زیست است. علاوه بر این، مفهوم اینترنت اشیاء هنگامی که توسط بسیاری از دستگاه‌های هوشمند که با اینترنت ارتباط برقرار می کنند و تحت تأثیر قرار می گیرند بیشتر حس می شود. در این مقاله، تاثیر استفاده از یک سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد که، با توجه به بحران کمبود آب در ایران و ارزش بالای این سرمایه بزرگ در بخش کشاورزی ضروری است که در مصرف این سرمایه ملی صرفه جویی به عمل آید و از این سرمایه بزرگ به بهترین نحو استفاده شود پژوهش حاضر در جهت طراحی و ساخت ایستگاه سرور مرکزی سیستم هوشمند و کنترل آبیاری مزارع کشاورزی براساس دریافت و پردازش اطلاعات مورد نیاز پیاده سازی گردید. با استفاده از سنسورهای رطوبت خاک محیط اندازه گیری شد، تا با توجه به نیاز واقعی گیاه به آب، پردازش لازم روی آنها انجام شده، سپس توسط سرور مرکزی فرمان های لازم به عملگرها داده می شود تا آبیاری با کاهش هدر رفتن آب، هزینه (حذف نیروی انسانی) و مدیریت زمان برای کشاورز و افزایش تولید محصول نسبت به سیستم آبیاری دستی انجام شود. در این سیستم جهت تعیین زمان دقیق آبیاری هیچگونه وابستگی زمانی نداشته و طبق الگوریتم آبیاری و بنا به حد نیاز واقعی گونه گیاهی،آبیاری را تعریف می نماید. برطبق ارزیابی انجام شد در دو سیستم آبیاری قطره ای هوشمند و دستی، نتایج حاکی است با استفاده از سیستم آبیاری هوشمند علاوه برافزایش عمر بوته، افزایش میزان عملکرد محصول، کاهش هزینه های کارگری و غیره می توان گامی مؤثر با مدیریت بهینه در مصرف کاهش آب برداشت.

کلمات کلیدی: سامانه هوشمند آبیاری، اینترنت اشیاء، حسگر رطوبت،کشاورزی هوشمند.

۱. مقدمه

امروزه تکنولوژی شروع به حضور خود در بسیاری از حوزه ها کرده است، و از طریق راه‌حل نرم‌افزاری هوشمند که برای تسهیل کار مردم، برای افزایش تولید در برخی موارد، حتی برای کاهش مصرف منابع به آن‌ها کمک می‌کند.به عنوان نمونه خانه های هوشمند که دارای سیستم‌هایی هستند که به‌طور خودکار مصرف منابع مانند نور، گرما، تهویه مطبوع را کنترل می‌کنند، هدف کاهش مصرف منابع و تأثیر محیط‌زیست است. علاوه بر این، مفهوم اینترنت اشیاء هنگامی که توسط بسیاری از دستگاه‌های هوشمند که با اینترنت ارتباط برقرار

می‌کنند و تحت تأثیر قرار می‌گیرند بیشتر حس می‌شود. همچنین در شبکه‌های حفاظت میراث فرهنگی برای نظارت بر محیط‌زیست، خدمات سرگرمی و مسائل مربوط به بهبود امنیت، استفاده می‌شود.

کشاورزی از آغاز جهان ظاهر شد، هدف اصلی این حوزه تغذیه جمعیت است. تشدید پدیده‌های آب و هوایی و تقاضای رو به رشد محصولات کشاورزی منجر به گسترش ایده‌ی مزارع هوشمند شده است. مزرعه هوشمند یک سیستم پیچیده است که در آن گیاهان به‌وسیله سنسورهای رطوبت می‌توانند به‌طور خودکار اقدامات خاصی را برای افزایش تولید تعیین کنند. تمام این سنسورها و لوازم هوشمند می‌توانند مقدار زیادی از داده‌ها را فراهم کنند . تجزیه‌وتحلیل این داده‌ها برای ارائه اطلاعات مفید در مورد وضعیت فعلی مزرعه مورد استفاده است. علاوه بر این، می‌توان از این داده‌ها برای ایجاد آمار استفاده کرد که ممکن است برای افزایش تولید در آینده مفید باشد ، بنابراین، مفهوم اینترنت داده یک شبکه متشکل از اشخاص داده است که از اینترنت اشیاء تشکیل‌شده است. همچنین ممکن است به بهره‌برداری از خدمات مبتنی بر مکان و فن‌آوری برای ارائه خدمات هوشمند و برنامه‌های کاربردی اشاره کند. هدف این است که بیننده در مورد کارایی عملیات مدیریتی در مورد زنجیره عرضه و تعامل با دیگر کاربران در این زمینه به دست آورد[۱]

در این تحقیق کاربرد اینترنت اشیاء در مسائل کشاورزی موردبحث قرارگرفته و راهکارهای آن قابلیت بحث دارد. این‌که بتوان با هوشمند سازی تجهیزات کشاورزی، نوعی مدیریت خاص در این حوزه را اجرایی کرد، دارای اهمیت است و احتمال کم شدن خطاهای انسانی در این حوزه یکی از اهداف کاری می‌باشد. ابتدا می‌بایست طرح و الگوریتم فرآیند کاربرد اینترنت اشیاء در حوزه کشاورزی بررسی‌شده که دراین‌باره نیاز به تبیین معیارها است. معیارهایی همچون زمان و مکان آغاز به کار در آبیاری و برداشت محصول، همگی نیاز به مدیریت صحیح برنامه در اینترنت اشیاء دارد. ابتدا الگوریتم کاری تهیه‌شده و سپس مطابق با آن، برنامه کاری مدیریت آن ترسیم می‌شود. سپس اتصال دستورات اجرایی به اجزا بررسی‌شده و قابلیت عملیاتی آن بررسی می‌شود.

در این مقاله برای طراحی اپلیکیشن موبایل از محیط برنامه نویسی Eclipse برای برنامه نویسی اندروید استفاده شده است. و برای برنامه نویسی سخت افزار نیز از محیط برنامه نویسی آردوینو مورد استفاده قرار گرفت.

۲. پیشینه تحقیق

برای بهبود کارایی و عملکرد بهتر بخش کشاورزی، این بخش آمیخته به تکنولوژی ابری و اینترنت اشیاء می شود. با نصب سیستم سنسورهای دما، فشار هوا، ،اینترنت اشیاء کشاورزی هوشمند مبتنی بر رطوبت خاک و ... ، میزان این پارامترها هر دو دقیقه مانیتور می شوند. داده ها برای تحلیل روی سیستم رایانش های ابری بارگذاری می شوند و اطلاعات مورد نیاز را برای تصمیم گیری های مدیریتی خصوصا در زمان های بحرانی استخراج می گردد. برای مثال پروفایل های دمای سال جاری با سال های قبل مقایسه می شوند تا در مورد بهترین زمان برداشت محصول تصمیم گیری شود، لذا تحلیل های دیجیتالی باعث بهبود فرایندهای کشاورزی و ارائه محصول با بالاترین کیفیت به مشتری می شود.

نتایجی که فناوری های ابری و اینترنت اشیاء در کشاورزی به ارمغان می آورند عبارتند از:

بهبود تصمیم سازی بر اساس تحلیل های رایانش ابری

فراهم ساختن محصولاتی با کیفیت بالا به مشتریان و به تبع آن افزایش رضایت مندی آنها

کاهش هزینه ها به دلیل ایجاد یکپارچگی

بهبود کارایی و به تبع آن افزایش سود

ایجاد دنیایی با کارایی بالاتر می باشد که با ایجاد اینترنت اشیاء در حقیقت ویژگی بارز یک مکان متمرکز به ارائه سرویس هایی از منظر فناوری اطلاعات می پردازد.[2]

با توجه به وجود مشکلات کم آبی زمین های زراعی در بیشتر مناطق کشور در زمان های مختلف، لازم است شیوه های مناسبی برای استفاده بهینه آب در بخش کشاورزی اتخاذ نمود. با توجه به تغییرات آب و هوایی و مصرف بی رویه آب، داشتن کشاورزی دقیق، نیازمند بررسی و جستجوی راه کارهای مدیریتی مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از آب است. در این راستا هوشمند سازی سیستم های آبیاری و کنترل برخط راه حلی مناسب برای بهره وری بهتر آن می باشد. در این شیوه با استفاده از سنسور رطوبت سنج خاک میزان رطوبت اندازه

گیری شد. با استفاده از سیستم کنترل و پردازش مرکزی، داده های دریافتی از سنسور رطوبت سنج از طریق بی سیم و الگوریتم نحوه آبیاری مورد پردازش قرار گرفت. آنگاه این سیستم ، زمان شروع و پایان آبیاری را انجام می دهد. در این پژوهش با مبنا قرار دادن این عوامل در مدیریت مصرف منابع آب، میزان نفوذپذیری به میزان ۹۷٪ تحت تاثیر زمان می باشد با تعیین اندازه گیری پیوسته رطوبت در لایه های خاک بهترین زمان آبیاری تشخیص داده شد. همچنین با مشخص شدن شاخص های تاثیرگذار رطوبتی خاک مانند ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و اشباع، مقدار آب مورد نیاز گیاه تعیین می گردد[3]

اینترنت اشیاء و پردازش تصویر تا کنون در بخش های مختلف به طور جداگانه وجود داشته و موردبررسی قرار گرفته اند و هر یک ازاین علوم دررشته های مختلفی همچون کشاورزی بطور مستقل استفاده شده و به میزان قابل توجهی از موفقیت دست یافته اند. در پردازش تصویر، یک سیستم هوشمند شناسایی، قادر به تشخیص بیماری موجود درگیاهان با استفاده از تصاویر برگ های آن گیاه است ،که با استفاده از این تصاویرمی توان با استفاده از آفت کش ها، رطوبت خاک ودیگرعوامل محیطی را کنترل کرد. این مقاله به بررسی مفاهیم اصلی بر ادغام مفاهیم پردازش تصویر و اینترنت اشیاء پرداخته که با یکدیگر ترکیب شده و با استفاده از شبکه سنجش اینترنت اشیاء نتیجه خواندن عوامل محیطی و دریافت اطلاعات با استفاده از تصویر شبکه برگ از طریق پردازش تصویر ، می توان به نتایج قطعی دست یافت.[4]

هر گونه عملیات کشاورزی متناسب با شرایط حاکم بر محیط زراعی مورد نظر انجام می‌شود. بنابراین دقت در برآورد شرایط محیطی باعث افزایش بازده می‌شود. این شرایط زمانی و مکانی متفاوت هستند. حسگرها در گره‌هایی نصب شده‌اند که وظیفه ارسال داده‌های دریافتی را به مرکز اصلی برای نگهداری داده‌ها و عکس‌العمل لازم در شرایط خاص بر عهده دارند. این گره‌ها به طور بی‌سیم تشکیل شبکه‌ای از حسگرها را می‌دهند که به طور گسترده می توانند در سطح مزرعه توزیع شوند و به دریافت اطلاعات لازم به کمک حسگرهای تعبیه شده بر روی آنها می‌پردازند. مدار طراحی شده در پژوهش انجام شده شامل حسگر حرارتی، رطوبت و نوری می باشد که اطلاعات دریافتی را از طریق ارتباط بی‌سیم به گره دیگر ارسال می‌کند. فرستنده و گیرنده های به کار برده شده در طراحی مدار در فرکانسMHz ۹۱۵ کار می کنند. پردازنده مرکزی به کار رفته در گره نیز یک میکروکنترلر AVR است که کلیه اعمال پردازشی و نظارتی توسط آن انجام می گیرد.[5]

سیستم آبیاری روشی است که اجازه می دهد آب به آهستگی، یا از طریق سطح خاک یا بطور مستقیم در ناحیه ریشه، از طریق شیر روی ریشه های گیاهان بچکد. با این حال، معلوم شده که قیمت بازاری سیستم برای مزارع کوچک، گران تمام می شود سیستم پیشنهادی برخی محققان توانسته باعث کاهش هزینه و کاهش مصرف آب شود و نیاز به حضور نیروی انسانی را کمتر کند. در این مقاله، از رله استفاده شده تا شیر آب کنترل شود. این سیستم همچنین می تواند رطوبت خاک را اندازه گیری کند. سیستم به وسیله رابط کاربری گرافیکی با استفاده از برنامه اندروید هدایت می شود تا فعالیت آبیاری آغاز شود. ایمیل اطلاع رسان نیز به کاربر جهت خبررسانی، چه برای عملیات عادی چه عملیات ضروری، فرستاده می شود.[6]

پیاده سازی الگوریتم های پیچیده کنترلی عصبی فازی یا الگوریتم های پردازش تصویر بر روی مدارات الکترونیکی همچون FPGA و DSPهمواره دشوار و پیچیده بوده است، اما با استفاده از این تکنولوژی می توان الگوریتم ها را به صورت نرم افزاری اجرا کرد. ویژگی دیگری که این کامپیوترها دارند این است که می توان این کامپیوترها را به راحتی با مدارات میکروکنترلری گسترش داد. عدد رطوبت با استفاده از ارتباط بی سیم به یک واحد پردازشی ارسال می گردد تابراساس برنامه از پیش تعیین شده دستور آبیاری یا قطع آبیاری به شیر برقی ارسال شود. اساس طراحی سامانه ی هوشمندآبیاری رطوبتی در این مقاله کامپیوترهای مینیاتوری ، میکروکنترلرها، ارتباطات بی سیم بین قطعات، سنسور، مدارات دیجیتال، برنامه نویسی زبان C و زبان python و شیر برقی هستند. رطوبت خاک توسط سنسورهایی که مقاومت خاک را درعمق ریشه گیاه تخمین می زنند، اندازه گیری کرده وآبیاری بر اساس مقدار رطوبت عمق ریشه گیاه انجام داده می شود.[7]

امروزه زمان یکی از پر اهمیت ترین مقوله های زندگی انسان است. و به دلیل رشد و گسترش روز افزون شهرها و صنعتی شدن زندگی، انسان ها زمان بسیار محدودی را در منزل خود سپری می کنند محققان به بررسی روش های آبیاری گیاهان با استفاده از روش مسئله-موضوع پژوهشی پرداخته و هدف آن از یک سو بررسی انواع گونه های گیاهان و شرایط مناسب جوی برای رسیدن بهترین راه حل آبیاری خودکار گیاهان و از سوی دیگر معرفی ویژگی های گلدان هوشمند به عنوان یک طرح بومی، می باشد.[8]

تداوم موج خشکسالی و محدودتر شدن منابع آبی موجب شده است که بخش کشاورزی برای بهره برداری بهینه تر از آب، روش های سنتی غرقابی را فراموش کنند و به کارگیری سیستم های آبیاری نوین بپردازند. ابزار و سنسورهایی هستند که قادرند شرایط اقلیمی خاصی را در داخل گلخانه به صورت مصنوعی ایجاد نمایند. می توان با طراحی یک سیستم مکاترونیکی تمام شرایط اقلیمی گلخانه را کنترل کرد و با آبیاری هوشمند میزان مصرف آبیاری را به حداقل رساند. در سیستم کنترل گلخانه، حسگرها وظیفه اندازه گیری عوامل مختلف محیطی را به عهده دارند کامپیوتر با گرفتن اطلاعات از حسگرها دستورات مختلف را برای عملگرها صادر می کند تا طبق نیاز هر گیاه آبیاری انجام شود. کامپیوترهایی که به این منظور مورد استفاده قرار می گیرد، از نظرسخت افزاری و نرم افزاری بایستی به گونه ای باشند که بتوانند ارتباط لازم را بین حسگرها و عملگرها برقرار نمایند. این سیستم ها می تواند با بهینه تر کردن مصرف آب راه کار مناسبی برای کشورهایی نظیر ایران باشد که دچار مشکل کم آبی هستند. ضمنا سیستم های هوشمند گلخانه قابل برنامه ریزی بوده و می تواند خود یک کشاورز نمونه باشد[9]

بحران تأمین غذا ازیک‌طرف و حفظ و پایداری تولید از طرف دیگر لزوم استفاده از فناوری‌های نوین در بخش کشاورزی را گوشزد می‌کند.استفاده از اینترنت اشیاء می تواند تأثیر شگرفی در حوزه کشاورزی وخصوصا غذا و همچنین مدیریت آب، پیش‌آگاهی هواشناسی، جنگلداری، مدیریت بیماری‌های دام، مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی و عرضه و ذخیره‌سازی محصولات کشاورزی داشته باشد.[10]

با توجه به نیاز روزافزون به تولید محصولات بیشتر در حوزه مواد غذایی و همچنین کمبود منابع آبی و مصرف بیش ازحد آن در کشاورزی سنتی، اکنون بیش از هر زمان دیگری لازم است تا به روش های نوین تولید محصولات کشاورزی توجه شود. سیستم پیشنهادی قادر است که با استفاده از حسگرهای محیطی مانند رطوبت سنج خاک، رطوبت و دمای هوا،شدت نور و PH خاک اطلاعات زمین کشاورزی را جمع آوری کند و آن را در اختیار کشاورزان (به عنوان کاربران نهایی) و سرویس‌های ابری قرار دهد. کشاورزان ویا متخصصین کشاورزی در سمت ابر می-توانند پارامترهای اندازه گیری شده را مشاهده کرده و با نظارت پیوسته بر آن‌ها، تصمیمات مناسبی برای دستیابی به تولید بهینه محصولات و صرفه جویی قابل توجه در مصرف آب و انرژی اتخاذ کنند[11]

از اینترنت اشیاء می تواند تأثیر شگرفی در حوزه کشاورزی و خصوصاً غذا نه تنها در مناطق کمتر توسعه‌یافته که حتی در سطح کلان‌شهرها به وجود آورد. اینترنت اشیاء فناوری مدرنی است که در آن برای هر موجودی قابلیت ارسال داده از طریق شبکه های ارتباطی، اعم از اینترنت فراهم می گردد. با ایجاد مزرعه و گلخانه‌های هوشمند می توان امور مربوط به کشاورزی را بدون حضور فیزیکی و از طریق اینترنت کنترل، مدیریت و انجام داد که باعث کاهش قیمت تمام‌شده، افزایش صادرات به جهت افزایش تولید، کاهش نگرانی‌های ناشی از هدر رفت منابع آبی در سیستم کشاورزی، رونق کشاورزی و کاهش سیر صعودی مهاجرت به شهرها و حفظ منابع زیست محیطی می-شود.[12]

طراحی سیستم تشخیص آبیاری هوشمند جهت بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی با به کارگیری شبکه حسگر بی سیم مبتنی بر منطق فازی ،با استفاده از این روش و به کارگیری شبکه حسگر مبتنی بر منطق فازی، یک الگوی پیش فرض در جهت کاهش نهاده های اولیه همچون آب طراحی گردید. سنسورهای بی سیم تعبیه شده در شبکه با توجه به ماهیت اطلاعات مورد نیاز، در سطح گلخانه توزیع شده و پس از جمع آوری داده های محیطی، این اطلاعات را به مرکز شبکه ارسال می کنند. سیستم کنترل از راه دور گلخانه، این اطلاعات را با استفاده از منطق فازی تحلیل نموده و تصمیمات لازم را جهت آبیاری و کنترل شرایط محیطی گلخانه برای کاربر نمایش می دهد.[13]

اندازه گیری دقیق دما، رطوبت، نور و میزان اکسیژن و دی اکسید کربن، از قابلیت های دیگر شبکه های بی سیم در کاربردهای کشاورزی است که به دلیل برخورداری از مزایای ارتباط شبکه های بی سیم در مقایسه با روش های دیگر بسیار مقرون به صرفه تر و راحت تر خواهد بود. نتایج اندازه گیری، دقت مجموع قطعات تشکیل دهنده ۹۶,۹۷٪ دقت نرم افزاری ۹۰,۸۳٪ خطای سخت افزاری۱,۷ ±۲,۸ و دقت مجموع شبکه ارتباطی ۱,۷±۸۸,۰۳۳٪، را نشان می دهد. ضمن اینکه دیاگرام عملکرد کیفیت سیستم طراحی شده، حد بسیار مطلوبی را نشان می دهد[14]

طراحی یک سیستم با اندازه گیری پارامترهای اقلیمی و رطوبت خاک وتوام کردن این فنّاوری با دسترسی از راه دور، اطلاعات را از طریق حسگرها و مبتنی بر شبکه حسگر بی سیم به ورودی سیستم مرکزی ارسال و پس از پردازش توسط سیستم مرکزی، برنامه ریزی مناسب در خصوص عملکرد خوشه ها تعیین شده و در صورت نیاز زمین به آب، سیستم مرکزی با صدور توابع، درخواست های منطقی و یا

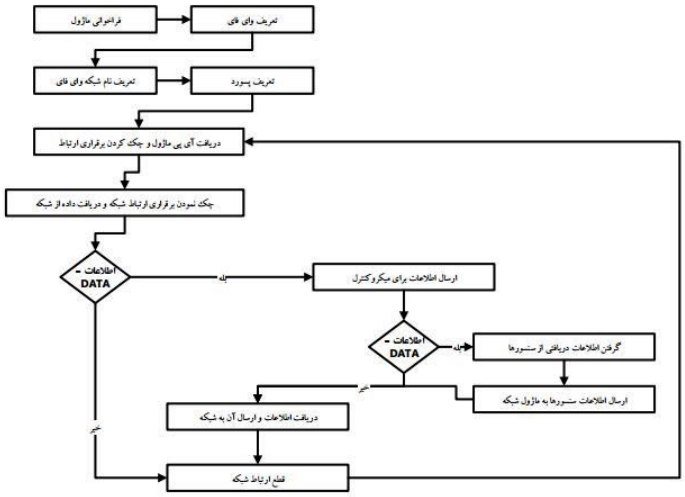
پالس های الکتریکی، دستگاهPLC را به منظور باز یا بسته نمودن خودکار پمپ های آب با دبی متناسب با شرایط اقلیمی مکانی و فصلی فراخوان نموده و عملیات آبیاری آغاز خواهد شد و تا رسیدن سیکل جدید اطلاعات از خوشه ها مبنی بر ادامه و یا قطع آبیاری، فرآیند آبیاری به صورت پیوسته انجام می گردد[15].

۳. روش تحقیق

در این مقاله طراحی و ساخت سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء برپایه دریافت و پردازش اطلاعات مورد نیاز و حیاتی زمین کشاورزی، توسط سنسورهای بی-سیم، طراحی و پیاده سازی شده است. هدف اصلی طراحی و ساخت سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء با ایستگاه کنترل و پردازش اطلاعات(سرور مرکزی) و اعمال برنامه-ریزی های دقیق آبیاری در جهت مدیریت بهینه مصرف آب برای تمامی گونه های گیاهی در هر وسعت از سطح زیرکشت و افزایش عملکرد محصول می باشد. براساس نیاز واقعی گیاه و برنامه آبیاری مدنظر کشاورز، پردازش های لازم روی سیستم هوشمند انجام می گردد؛ آنگاه پس از پردازش داده ها، فرمان های لازم به عملگرها داده شده تا آبیاری زمین کشاورزی با کاهش هزینه، به مناسب ترین شکل ممکن به صورت هوشمند انجام گردد.

۳,۱. فلوچارت سخت افزار

در شکل ۱. فلوچارت سخت افزار را مشاهده می نمایید،که ابتدا فراخوانی ماژول انجام می شود سپس WIFIمورد نظر را تعریف نموده، با راه اندازی سرور مورد نظر نام و رمز WIFI مورد استفاده را مشخص نموده و پس از آن با دریافت IP برقراری ارتباط ماژول چک شده، برقراری ارتباط چک می شود و بعد از دریافت اطلاعات از ورودی اگر پیام ورودی DATA بود این اطلاعات را برای میکروکنترلر ارسال می-کند و بعد از این مرحله اگر پارامتر برابر با DATA بود ، پارامترهای دریافتی از سنسورها گرفته شده و سپس آن اطلاعات را برای ماژول شبکه ارسال می کند و ماژول نیز آن اطلاعات را برای اپلیکیشن از طریق ارتباط بی سیم ارسال می کند و ارتباط بسته می شود و سرور منتظر برقراری ارتباط مجدد باقی می ماند.

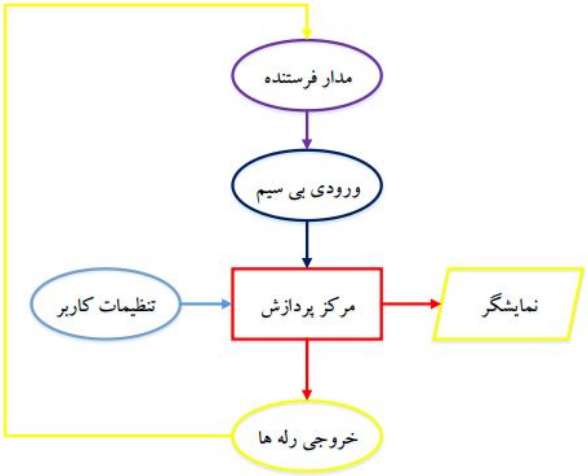


شکل۱-فلوچارت سخت افزار

۳,۲. فلوچارت اپلیکیشن

شکل ۲. فلوچارت عملکرد برنامه نوشته شده در نرم افزار اکلیپس را نشان می دهد که براساس دستورهای شرطی رله های مربوطه عمل می نماید ابتدا حسگرها رطوبت خاک را اندازه گیری نموده و توسط مدارهای فرستنده به ورودی بی سیم واحد مرکزی پردازش ارسال می گردد. این سیگنال توسط واحد مرکزی کنترل مورد پردازش قرار گرفت و به یک کد عملیاتی تبدیل می شود. مرکز پردازش این کد

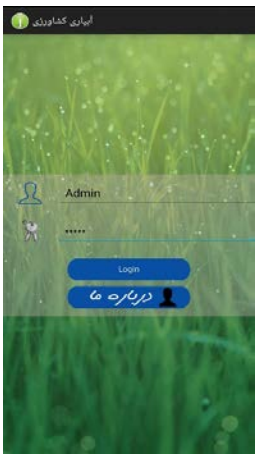
عملیاتی را در صورتی که سنسورهای رطوبت سنج تشخیص دهند که رطوبت خاک کمتر از حد نیاز آبی گیاه شده فرمان روشن شدن پمپ آب و همزمان باز شدن شیر برقی را صادر می کند. عمل آبیاری تا زمانی ادامه می-دهد که سنسورها رطوبت سنج خاک تشخیص دهند که رطوبت خاک در حد نیاز آبی گیاه می باشد. همچنین کشاورز با اطلاعات به دست آمده می تواند با ارسال فرمان هایی به صورت کنترل برخط در هر زمان و مکان شرایط ایده آل محیط گلخانه و رطوبت خاک را برای ریشه گیاه فراهم کند.



شکل ۲- فلوچارت برنامه سیستم هوشمند آبیاری

۳,۳. برنامه کاربردی آبیاری کشاورزی

نام برنامه کاربردی طراحی شده سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء "آبیاری کشاورزی "می باشد و تحت سیستم عامل اندروید است که از طریق آن می توان با سخت افزار سامانه در ارتباط بود. این اپلیکیشن از تعدادی صفحه و کلاس تشکیل شده و برای نمایش مقادیر سنسورها و خاموش و روشن کردن رله ها برقی و نمایش آن به کشاورز استفاده می شود.در رابط کاربری آن سعی شده برای انتقال مفاهیم از تصاویر ساده و قابل فهم استفاده شود. در ابتدا با کلیک روی آیکن اصلی برنامه صفحه لاگین برنامه نمایش داده می شود که با وارد کردن نام کاربری و کلمه عبور وارد برنامه می شود. شکل۳. صفحه ورود به برنامه را نشان می دهد.



شکل۳- صفحه ورود به اپلیکیشن

با کلیک روی کلید "درباره ما "از صفحه ورود به برنامه صفحه ای درباره ما باز می شود که تمامی مشخصات سازنده برنامه و نام دانشگاه را نشان می دهد. شکل ۴. صفحه درباره مارا نشان می دهد.

شکل۴-صفحه درباره ما

بعد از ورود به برنامه ،صفحه اصلی برنامه باز می شود که شامل درصد سنسور رطوبت خاک، وضعیت آبیاری و وضعیت رله دوم رانشان می دهد و همچنین تنظیمات زمان و مقدار درصد برای شروع آبیاری را نیز در همین صفحه تنظیم می کنیم. و در نهایت در قسمت آبیاری دستی می توانیم به صورت دستی پمپ آب و رله دوم را روشن یا خاموش نمائیم. شکل ۵. صفحه تنظیمات را نشان می دهد.

شکل۵-تب برنامه

برای داشتن یک تجربه کاربری خوب در اپلیکیشن‌های اندروید، تمام تسک‌ها یا عملیاتی که بالقوه کند هستند باید به صورت ناهمگام اجرا شوند.

جدول ۱- قابلیت اطمینان دستگاه سخت افزار

فاصله گوشی تا سخت افزار	تعداد بسته های ارسال شده	تعداد بسته های دریافت شده	قابلیت اطمینان درصد
۲۵ متر	۹۲۵۱	۹۱۵۲	۹۸,۹۲

با توجه به جدول ۱ ملاحظه می شود قابلیت اطمینان ۹۸,۹۲درصد است. که این نشان می دهد بسته های ارسالی از طرف این دستگاه با صحت و درستی به گیرنده می رسد. چون ما در این پروژه از پروتکل ارتباطی TCP/IP استفاده کردیم که هدف اصلی این

پروتکل ارسال صحیح داده هاست البته معایب آن این است که نسبت به سایر پروتکل ها زمان ارسال بیشتری نیاز دارد. در جدول ۲ یک نمونه از فایل های حاوی داده های دریافت شده از دستگاه قابل مشاهده است.

جدول ۲- نمونه داده های دریافتی از دستگاه

روشن رله ۲	زمان آبیاری	مقدار پیش فرض	مقدار سنسور	زمان
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:12:59
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:05
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:11
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:17
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:23
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:29
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:35
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:41
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:47
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:53
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:59
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:14:05

۴. نتایج تحقیق

برای ارزیابی کارایی و میزان تحمل پذیری شبکه بی سیم برخی پارامترها نظیر قابلیت اطمینان، متوسط تاخیر ارسال بسته ها ، پهنای باند مصرفی دستگاه و توان مصرفی محاسبه شده اند که در ادامه به توضیح و بررسی هر کدام پرداخته می شود.

۴,۱. قابلیت اطمینان

منظور از تحمل پذیری یا قابلیت اطمینان این است که خرابی سنسورها نباید عملکرد کلی شبکه را تحت تاثیر قرار دهد. در واقع در این پروژه مبنا این است که با استفاده از اجزای غیرقابل اطمینان، بتوان یک شبکه ی قابل اطمینان ساخت. قابل اطمینان بودن شبکه و پروتکل های آن، یکی از مفاهیم قابل بحث در شبکه های حسگر بی سیم است. به ویژه در این پروژه که هدف مدیریت مصرف انرژی می باشد ،بسیار مهم است که شبکه از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشد تا نتیجه مطلوب را در یک مدت زمان قابل قبول به اپلیکیشن مربوطه برساند تا بتوان به نتایج آن اعتماد کرد. برای اندازه گیری قابلیت اطمینان، باید بررسی شود چه تعداد از بسته هایی که از فرستنده سنسورها و سخت افزار به گیرنده گوشی موبایل ارسال می-شوند، سالم به مقصد می رسند. در این پروژه به مدت ۲۴ ساعت از سخت افزار و سنسورها بسته های ارسال شده به سمت گوشی موبایل ارسال و در یک فایل ذخیره شد. از تقسیم تعداد بسته هایی که سالم به مقصد رسیده اند بر تعداد بسته های مورد انتظار، قابلیت اطمینان دستگاه محاسبه می شود. در جدول ۳ قابلیت های اطمینان و تعداد بسته های ارسالی و دریافتی آورده شده است.

جدول ۳- قابلیت اطمینان دستگاه سخت افزار

فاصله گوشی تا سخت افزار	تعداد بسته های ارسال شده	تعداد بسته های دریافت شده	قابلیت اطمینان درصد

۲۵ متر	۹۲۵۱	۹۱۵۲	۹۸,۹۲

با توجه به جدول ۱ ملاحظه می شود قابلیت اطمینان ۹۸,۹۲درصد است. که این نشان می دهد بسته های ارسالی از طرف این دستگاه با صحت و درستی به گیرنده می رسد. چون ما در این پروژه از پروتکل ارتباطی TCP/IP استفاده کردیم که هدف اصلی این پروتکل ارسال صحیح داده هاست البته معایب آن این است که نسبت به سایر پروتکل ها زمان ارسال بیشتری نیاز دارد. در جدول ۲ یک نمونه از فایل های حاوی داده های دریافت شده از دستگاه را مشاهده می کنید.

جدول ۴- نمونه داده های دریافتی از دستگاه

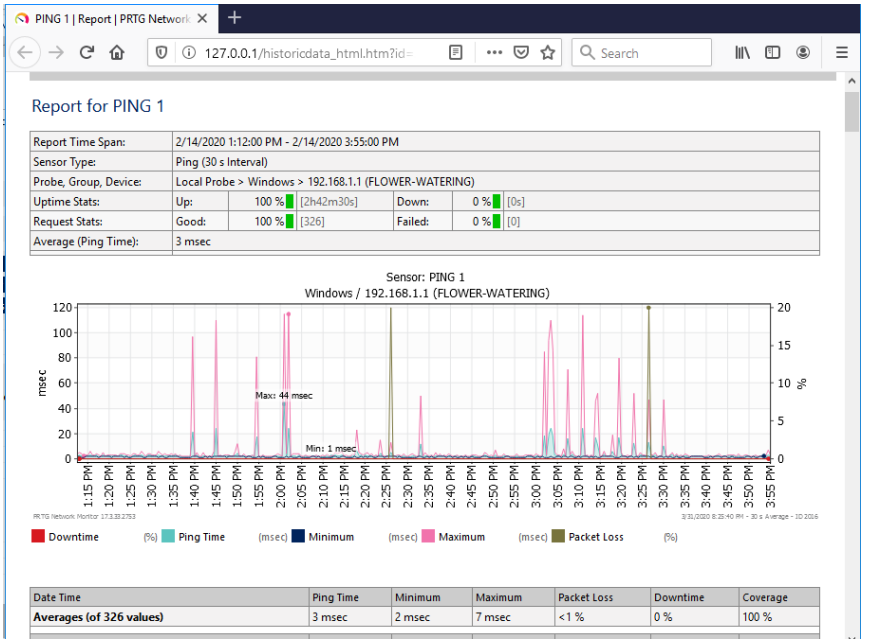
روشن رله ۲	زمان آبیاری	مقدار پیش فرض	مقدار سنسور	زمان
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:12:59
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:05
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:11
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:17
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:23
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:29
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:35
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:41
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:47
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:53
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:13:59
۰	۳	۹۸۰	۱۰۲۴	1:14:05

با توجه به جدول ۲ داده ها شامل پنج ستون هستند که ستون اول مربوط به زمان دریافت داده های سرور می باشد و ستون های بعدی مربوط مقدار رطوبت خوانده شده از سنسور،مقدار تنظیم شدن میزان رطوبت برای شروع آبیاری، مدت زمان آبیاری و وضعیت روشن یا خاموش بودن رله را نشان می دهد. برای مثال در شکل مذکور، زمان ۱:۱۲:۵۹ این عدد زمان دریافت داده است ۱۰۲۴رطوبت خاک خوانده شده از سنسور، ۹۸۰ میزان رطوبت تنظیم شده، ۳ مدت زمان آبیاری و ۰ وضعیت رله۲ صفر یعنی رله خاموش می باشد.

۴,۲. متوسط تاخیر ارسال بسته ها

پارامتر ارزیابی دوم متوسط تاخیر ارسال بسته ها از فرستنده به گیرنده می باشد. وقتی یک فرستنده و گیرنده می خواهند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، ارتباط آنها از طریق تبادل بسته های اطلاعاتی انجام می شود. این بسته های اطلاعاتی برای اینکه از مبدا به مقصد برسند، مدت زمانی در شبکه باقی می مانند. هر بسته اطلاعاتی حاوی یک سرآمد ، فوتر و شماره دنباله است که به بسته ی قبلی و بعدی متصل شود. به مدت زمانی که یک بسته اطلاعاتی در شبکه باقی می ماند تا به مقصد برسد در اصطلاح تاخیر گفته می شود. بسته های اطلاعاتی همواره پشت سر هم و به ترتیب در مقصد دریافت نمی شوند. بلکه ممکن است بصورت پس و پیش به هم برسند و از طرفی برخی از بسته های اطلاعاتی با تاخیر مثلا ۴ میلی ثانیه و برخی دیگر با تاخیر مثلا ۱۲۰ میلی ثانیه به مقصد برسند. در برخی شبکه ها این تاخیرات مشکلی به وجود نمی آورد اما در برخی از انواع ارتباطات حتی چند میلی ثانیه هم می تواند بسیار تاثیرگذار باشد و ارتباط برقرار

شده، کیفیت مطلوب را ارائه ندهد. برای بدست آوردن متوسط تاخیر ارسال بسته ها باید زمان ارسال از فرستنده به گیرنده و از گیرنده به فرستنده محاسبه شود. در این پروژه برای صحت عملکرد دستگاه از نرم-افزار مدیریت شبکه PRTG استفاده شده است که وضعیت کلی ارسال و دریافت داده ها را در شکل۶مشاهده می نمایید.



شکل۶-گزارش خروجی نرم افزار PRTG

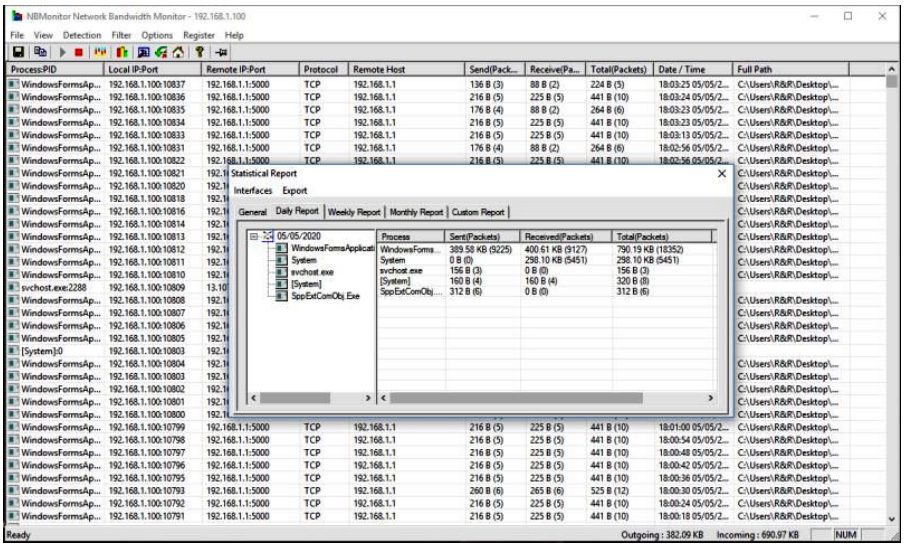
با توجه به شکل ۶ مشخص است که متوسط تاخیر ارسال بسته ها در این دستگاه ۳ میلی ثانیه است و درصد داده های ارسال شده ۱۰۰ درصد و داده های دریافت شده ۱۰۰درصد است. این نشان می دهد زمان ارسال بسته های اطلاعاتی بسیار مطلوب است.

۴،۳. پهنای باند مصرفی دستگاه

پهنای باند *و میزان تأخیر پهنای باند از جمله واژه‌های متداول در دنیای شبکه‌های کامپیوتری است که به میزان انتقال داده توسط یک اتصال شبکه یا یک رابط، اشاره می‌کند. این واژه از رشته مهندسی برق اقتباس شده‌است. در این شاخه از علوم، پهنای باند نشان دهنده مجموع فاصله یا محدوده بین بالاترین و پایین‌ترین سیگنال بر روی کانال‌های مخابراتی باند است؛ که به منظور سنجش اندازه پهنای باند سیگنال از واحد هرتز استفاده می‌شود.

برای محاسبه پهنای باند مصرفی دستگاه از نرم افزار NBMonitor Network Bandwidth Monitor استفاده شده است. که اطلاعات مورد نظر را در شکل ۷ مشاهده می نمایید.

* Bandwidth



شکل۷- گزارش خروجی نرم افزار NBMonitor Network Bandwidth Monitor

با توجه به شکل ۷. مشخص است که میزان پهنای باند مصرفی دستگاه در یک روز ۷۹۰ کیلوبایت است که این مقدار برای داده های ارسال شده و دریافت شده محاسبه شده است.

۴،۴. توان مصرفی دستگاه

یکی دیگر از معیارهای ارزیابی عملکرد دستگاه، میزان توان مصرفی در واحد زمان است. برای اندازه-گیری توان مصرفی سخت افزار همراه سنسورهای متصل به آن، جریان و ولتاژ اعمال شده به مجموعه سنسورها و سخت افزار باید محاسبه شود. که در جدول ۳ می توان جریان قطعات را مشاهده کرد.

جدول۳- میزان ولتاژ و جریان سنسورها و قطعات

قطعه	ولتاژ	توان حداقل	توان حداکثر	حالت خواب
ESP8266	3.3		ESP8266 operating current average value = 80mA Maximal output current from one GPIO pin is 12m	10uA
SOIL	0			
RELAY 12	12V	360mw	450mw	0

در این تحقیق برای اندازه گیری از ولت متر استفاده شد که مقدار ولتاژ ورودی کل مدار ۱۱،۸ ولت است و با اندازه گیری جریان کل مدار در حالتی که همگی سنسورها فعال باشد برابر است با ۱۹۰میلی آمپر که بیشترین مقدار آمپر مربوط به ۲ عدد رله ها می باشد که ۱۰۰ میلی آمپر مصرف می کنند اما در صورت خاموش بودن رله ها جریان مصرفی دستگاه برابر است با ۹۰ میلی آمپر که با ضرب آن در ولتاژ ورودی توان مصرفی دستگاه برابر با ۱،۰۶ وات در حالت خاموش بودن است. با روشن بودن رله ها برابر با ۲،۲۴ وات می باشد. برای تعیین انرژی مصرفی این دستگاه از این رابطه (۱) استفاده می شود:

رابطه (۱) مصرف کیلووات ساعت در روز= ۱۰۰۰÷ تعداد ساعات مصرفی در روز × مقدار وات

رقم فوق را در تعداد روزهایی که دستگاه را در طول سال استفاده کرده‌اید ضرب کنید. سپس می‌توانید با ضرب کردن تعداد کیلووات ساعت در سال در نرخ کیلووات ساعت برق دستگاه خود، هزینه سالیانه برق مصرفی دستگاه خود را محاسبه کنید. که برای محاسبه مقدار توان مصرفی را در حالت میانگین محاسبه می کنیم.

رابطه (۲) $(1.65 \times 24)/1000=0.039KWh$

رابطه(۳) $0.039 \times 365=14.235\ KWh$

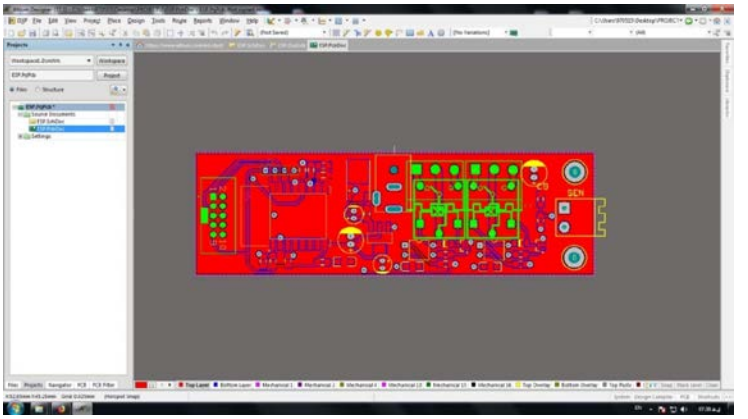
با توجه به رابطه (۳) مقدار ۱۴,۲۳۵ KWh بدست آمد که مقدار خیلی خوبی است.

۴,۵. نتایج تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک

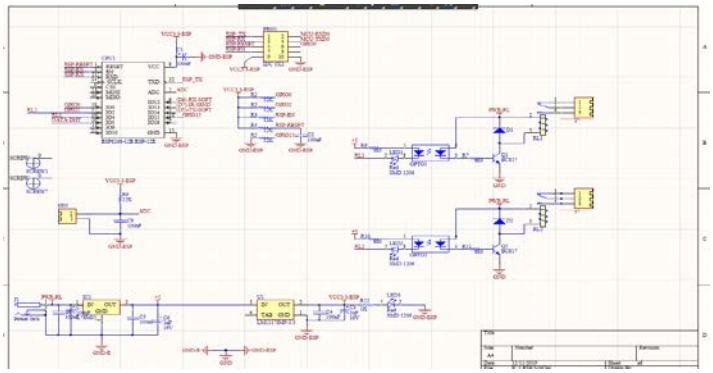
برای طراحی سیستم های آبیاری از رطوبت حجمی استفاده می شود. به همین دلیل لازم بود وزن ظاهری مخصوص خاک نیز اندازه گیری شود. که مقدار آن برابر ۱/۶۲ گرم بر سانتیمتر مکعب برآورد شد. همچنین با توجه به اینکه در بسیاری از تحقیقات صورت گرفته و منابع موجود ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم را برحسب رطوبت حجمی بیان می نمایند برای بررسی صحت داده های اندازه گیری شده و اینکه آیا می توان از داده های سایر منابع استفاده نمود اقدام به تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک گردید. با محاسبه وزن مخصوص ظاهری خاک و ضرب نمودن در رطوبت وزنی، رطوبت برحسب حجم (رطوبت حجمی) به دست آمد.

۴,۶. نتایج طراحی مدار سیستم هوشمند آبیاری قطره ای

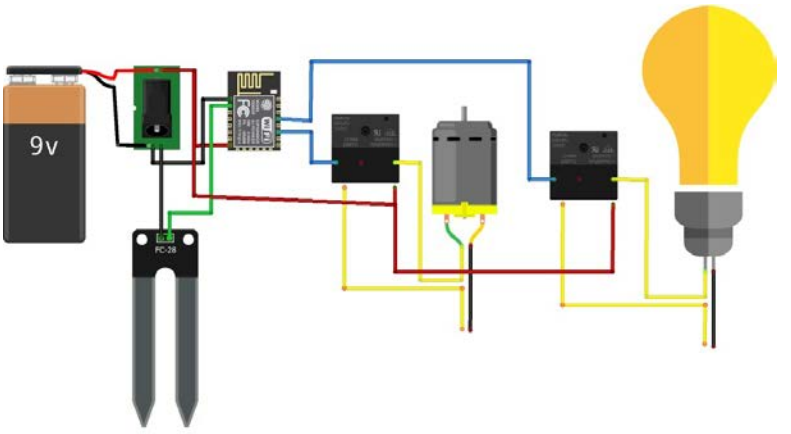
نتایج حاصل از طراحی مدارهای سیستم های هوشمند سازی آبیاری قطره ای با نرم افزار آلتیوم دیزاینر جهت شبیه سازی و همچنین طراحی مدار چاپی یا همان pcb شکل ۸. نشان می دهد. با استفاده از این مدارهای طراحی شده شکل ۹ در بخش سخت افزار مدارها ساخت شد. شکل ۱۰ نحوه اتصالات کل مدار را نشان می دهد.



شکل ۸- طراحی مدار چاپی یا همان pcb - با نرم افزار آلتیوم دیزاینر



شکل۹- طراحی مدارهای سیستم کنترل هوشمند با نرم افزار آلتیوم دیزاینر



شکل ۱۰- نحوه اتصالات کل مدار

۴،۶. ارزش تجاری طرح

در جدول ۴ تعداد و قیمت تمام قطعات سخت افزاری استفاده شده در پروژه آورده شده است. با توجه به جدول مذکور برای انجام این پروژه مبلغی بالغ بر دو میلیون و هشتصد و بیست هزار تومان برای خرید وسایل و تجهیزات و هزینه برنامه نویس هزینه شده است. اما در صورتی که به تولید انبوه برسد هزینه تمام شده کمتر از دویست هزار تومان خواهد شد. به عنوان مثال هزینه چاپ برد دولایه یک عدد پانصد هزار تومان است اما در صورتی که به تولید ده هزار برسد هزینه چاپ برد به زیر ده هزار تومان خواهد رسید و هزینه برنامه نویسی نیز اگر تقسیم بر ده هزار شود هزینه برای هر برد کمتر از دویست هزار تومان می شود و هزینه قطعات نیز به همین صورت کاهش پیدا خواهد کرد.

جدول ۴- تعداد و قیمت قطعات سخت افزاری استفاده شده.

نام ماده یا تجهیزات	مقدار یا تعداد مورد نیاز	قیمت واحد (تومان)	قیمت کل (تومان)
میکرو ESP8266 E12	۱ عدد	۵۸۰۰۰	۵۸۰۰۰
سنسور رطوبت	۱ عدد	۳۶۰۰۰	۳۶۰۰۰
رله	۲ عدد	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰
پمپ آبیاری	۱ عدد	۵۰۰۰۰	۵۰۰۰۰
منبع تغذیه	۲ عدد	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
مقاومت، خازن و ...	به تعداد مورد نیاز	۶۰۰۰۰	۶۰۰۰۰
هزینه چاپ برد دو لایه	۱ سری	۵۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰
هزینه برنامه نویسی	۱سری	۲۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰
جمع هزینه های مواد و تجهیزات به تومان			۲۸۲۰۰۰۰

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله تاثیر استفاده از یک سامانه مدیریت هوشمند آبیاری مزارع کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیاء بررسی شد. در بستر شبکه داخلی به کمک سنسور های مورد نیاز داده های سنسور رطوبت خاک را جمع آوری شد این اطلاعات در یک دوره زمانی شش ثانیه

ای جهت نمایش ارتباط خطی (رگرسیون) بین درصد رطوبت و زمان ارسال گردید. با توجه به بحران کمبود آب در ایران و ارزش بالای این سرمایه بزرگ در بخش کشاورزی ضروری است که در مصرف این سرمایه ملی صرفه جویی به عمل آید و از این سرمایه بزرگ به بهترین نحو استفاده شود پژوهش حاضر در جهت طراحی و ساخت ایستگاه سرور مرکزی سیستم هوشمند و کنترل آبیاری مزارع کشاورزی براساس دریافت و پردازش اطلاعات مورد نیاز پیاده سازی گردید. با استفاده از سنسورهای رطوبت خاک محیط اندازه گیری شد، تا با توجه به نیاز واقعی گیاه به آب، پردازش لازم روی آنها انجام شده، سپس توسط سرور مرکزی فرمان های لازم به عملگرها داده می شود تا آبیاری با کاهش هدر رفتن آب، هزینه (حذف نیروی انسانی) و مدیریت زمان برای کشاورز و افزایش تولید محصول نسبت به سیستم آبیاری دستی انجام شود. در این سیستم جهت تعیین زمان دقیق آبیاری هیچگونه وابستگی زمانی نداشته و طبق الگوریتم آبیاری و بنا به حد نیاز واقعی گونه گیاهی،آبیاری را تعریف می نماید. برطبق ارزیابی انجام شد در دو سیستم آبیاری قطره ای هوشمند و دستی، نتایج حاکی است با استفاده از سیستم آبیاری هوشمند علاوه برافزایش عمر بوته، افزایش میزان عملکرد محصول، کاهش هزینه های کارگری و غیره می توان گامی مؤثر با مدیریت بهینه در مصرف کاهش آب برداشت.

۶. مراجع

1.Jayaraman P. P, Yavari A, Georgakopoulos. D, Morshed. A and Zaslavsky. A, “Internet of Things Platform for Smart Farming: Experiences and Lessons Learnt,” Sensors, Nov 2016,Vol. 16, No. 11, pp. 1-17.

[2]. مارابی. ص؛ ثابتی.س و عزیزی.س. "ارایه یک سیستم پیشنهادی برای کشاورزی هوشمند با استفاده از اینترنت اشیاء"، چهارمین کنگره بین المللی فن اوری، ارتباطات و دانش، مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.۱۳۹۶.

[3]. لایی. ک؛ موسوی سیدی.س.ر و کلانتری.د." طراحی و ساخت سیستم کنترل برخط هوشمند آبیاری قطره ای"، همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش های زیست محیطی، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری۱۳۹۸.

[4]. کثیریها. س. س؛ بهشتی ،ه و پورآهنگریان.ف. " ترکیب پردازش تصویر و اینترنت اشیاء در کشاورزی هوشمند"، کنفرانس بین المللی نوآوری وتحقیق در علوم مهندسی(ICIRES 2018)، گرجستان -شهر

[5]. صدر قاین س.ح. رافضی. ز.، رفعتی. م و شهریاری. د." ارزیابی اقتصادی سیستم آبیاری میکرو(تراوا، لوله های دوجداره و قطره ای) و بررسی کاربرد این سیستم ها در مقایسه با آبیاری سطحی در زراعت خیار". گزارش نهایی طرح تحقیقاتی .۱۳۸۱. شماره ۸۱ سازمان تحقیقات آموزش کشاورزی.

[6].حیدری. ح و ارفعی نیا.ح." ارایه روشی برای سیستم آبیاری در خانه هوشمند با استفاده از اینترنت اشیاء"، کنفرانس بین المللی تحقیقات بین رشته ای در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام، کرج، دانشگاه جامع علمی کاربردی سازمان همیاری شهرداری ها.۱۳۹۷.

[7] . رحیمی. م، مرادی. ص، امید علی. م.ر." معرفی تکنولوژی نوین کامپیوترهای میناتوری و به کارگیری آنها در طراحی و ساخت سامانه آبیاری رطوبتی هوشمند بی سیم"، اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی برق و کامپیوتر، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان (IFIA) ، دانشگاه جامع علمی کاربردی.۱۳۹۵.

[8]. اله دادی. م و بقایی.ح،" طراحی گلدان هوشمند: به منظور آبیاری خودکار گیاهان(نمونه موردی گیاهان آپارتمانی)"، کنفرانس بین المللی علوم مهندسی، هنر و حقوق، اسپانیا.۱۳۹۴

[9] .محمدی پیرمراد. د." بررسی سیستم هوشمند مدیریت آبیاری گلخانه"، سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین المللی پژوهش هایی کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.۱۳۹۴.

[10]. نفیسی نسب. ف و صباغ زاده.ف ." نقش اینترنت اشیاء در کشاورزی دیجیتال"، چهارمین همایش ملی علوم و فناوری های نوین ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.۱۳۹۷.

[11]. مارابی. ص؛ ثابتی.س و عزیزی.س. "ارایه یک سیستم پیشنهادی برای کشاورزی هوشمند با استفاده از اینترنت اشیاء"، چهارمین کنگره بین المللی فن اوری، ارتباطات و دانش، مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.۱۳۹۶.

[12]. انصاری فر. م؛ رودباری.ن و انصاری فر.م.ح." کاربرد اینترنت اشیاء و سامانه های هوشمند در کشاورزی"، سومین همایش ملی چالش ها و راهکارهای توسعه، کهنوج، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کهنوج.۱۳۹۶.

[13]. اسدی . ف، جهان بین. الف، و موسوی صدر. م. الف . "طراحی سیستم تشخیص آبیاری هوشمند جهت بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی با به کارگیری شبکه حسگر بی سیم مبتنی بر منطق فازی"، دومین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در علوم مهندسی و پایه، به صورت الکترونیکی، مرکز علمی کاوشگر علم.۱۳۹۳.

[14]. رضایی. م.، و بقائی نژاد. م. "سیستم نوین فوق هوشمند آبیاری با استفاده از تکنولوژی شبکه های حسگر بی سیم"، اولین همایش تخصصی علوم، فناوری و سامانه ها ی مهندسی برق، تهران، دانشگاه پیام نور استان تهران.۱۳۹۲.

[15]. مدد پور اینالو . م، مهری. ب، اسکندری. ف، و فلاح نژاد. م." پیاده سازی سیستم آبیاری هوشمند خورشیدی مبتنی بر شبکه حسگر بی سیم"،همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت، شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس،۱۳۹۰.