



چکیده

تصمیم گیری در خصوص بهترین زمان آبیاری و تعیین دقیق مقدار آب مورد نیاز گیاه، همیشه از چالش های مهم آبیاری بوده است. همچنین اجرای درست و کامل انجام عملیات آبیاری نیز به عنوان یکی دیگر از مشکلات اجرایی مطرح است. کنترل، پایش یکپارچه و برخط با بهره گیری از امکانات هوشمند برای تصمیم گیری بهتر مدیران و اجرای دقیق عملیات های آبیاری از ویژگی های سامانه مدیریت هوشمند آبیاری «سماکنترل» می باشد. هدف از اجرای این سامانه ارتقاء بهره وری با بهبود شاخص های کارایی و اثربخشی است. بهره گیری از دانش و تجربه و آشنایی کامل با کشاورزی دقیق از ویژگی های شرکت دانش بنیان رایان آروین الگوریتم است. در این پیشنهاد بر اساس بازدیدهای میدانی و بررسی های اولیه صورت گرفته، طرح آبیاری هوشمند باغات کشت و صنعت پیوند خاوران ارائه گردیده است. بهره گیری از فناوری اینترنت اشیا برای کنترل و مانیتورینگ و استفاده از سنسورهای نرم و هوش محاسباتی از شاخص های متمایز سماکنترل است. آبیاری دقیق بر اساس محاسبه تبخیر تعرق گیاهان و با استفاده از روش های هوش محاسباتی بر اساس تحمل تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد و نمو پیشنهاد می گردد. تمام عملیات آبیاری با کنترل کامل شیرهای برقی و دو ایستگاه پمپاژ موجود در طرح از هر نقطه ای با فناوری پیشرفته اینترنت اشیا صنعتی امکان پذیر خواهد بود.

تهیه و تنظیم: تحقیق و توسعه شرکت فنی مهندسی رایان آروین الگوریتم

پیشنهاد اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری باغ الگویی جهاد کشاورزی بیرجند

اتوماسیون، هوشمندسازی و پایش یکپارچه آبیاری



شرکت فنی مهندسی رایان آروین الگوریتم



امام خامنه‌ای:

کشور ایران دارای زمین‌ها و
دشتهای مستعد فراوانی است و به‌رغم
کمبود آب در کشور می‌توان با تدبیر و
روحیه خستگی‌ناپذیر و استفاده صحیح
از آب موجود، در بسیاری از محصولات
به خودکفایی رسید.



فهرست مطالب

1	فهرست مطالب	۳
۱	مقدمه:	۵
۱.۱	فناوری اینترنت اشیا صنعتی	۶
۱.۲	هوش مصنوعی	۶
۱.۳	سنجش از دور و تحلیل تصاویر ماهواره ای	۶
۱.۴	تعریف سامانه مدیریت هوشمند آبیاری	۷
۱.۵	اهداف اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری در باغ الگویی شرکت پیوند خاوران بیرجند	۷
۲	بررسی کلی چالش‌های آبیاری	۸
2.1	تصمیم‌گیری در خصوص مقدار آب مورد نیاز گیاه	۸
۲.۲	بررسی روش های محاسبه آبیاری دقیق	۱۲
2.3	چگونگی اعمال تصمیمات گرفته شده در خصوص مقدار آبیاری	۱۴
۲.۴	بازخورد گیری از وضعیت آبیاری صورت گرفته	۱۵
۳	مسائل اصلی باغ پسته شرکت پیوند خاوران	۱۷
۴	راه حل های «سما»:	۱۸
۵	ویژگی‌های «سما کنترل»	۱۹
۶	راهکار سما برای باغ پسته شرکت پیوند خاوران	۲۲
۷	فهرست خدمات «سما»	۲۵
۸	ارزیابی دقت سامانه مدیریت هوشمند آبیاری سما	۲۶
8.1	هدف:	۲۶
۸.۲	روش:	۲۶
۸.۳	ملاحظات سیستمی:	۲۷

۲۸.....	شاخص های آماری :	۸.۴
۲۸.....	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)	۸.۴.۱
۲۸.....	ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE)	۸.۴.۲
۲۹.....	میانگین خطای مطلق (mean absolute error - MAE) :	8.4.3
۳۰.....	ضریب همبستگی R (Correlation Coefficient)	۸.۴.۴
۳۰.....	ضریب تعیین R ² (Coefficient Of Determination)	۸.۴.۵
۳۰.....	نتایج و بحث :	۸.۵
۳۹.....	مراجع.....	۸.۶
۴۰.....	پیشنهاد اجرای عملیات	۹
۴۱.....	مدت اجرای پروژه، گارانتی و خدمات پس از فروش	۱۰
۴۲.....	لیست اقلام و قیمت	۱۱
۴۵.....	نحوه پرداخت	۱۲
۴۶.....	پیوست ۱: افتخارات شرکت رایان آروین الگوریتم	۱۳
۴۷.....	پیوست ۲: معرفی شرکت فنی مهندسی رایان آروین الگوریتم	۱۴

۱ مقدمه

عمده مصرف آب در کشور در بخش کشاورزی است به طوری که این مقدار بین ۷۵ تا ۹۵ درصد مصرف کل کشور برآورد می گردد. از طرف دیگر، مهمترین محدودیت کشاورزی آبیاری است که با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در اقلیم گرم و خشک، همواره مورد توجه ویژه بوده است. در دهه های اخیر ارتقاء کارایی و اثربخشی در روش های آبیاری، برای افزایش بهره وری در مصرف آب و عملکرد از مهمترین دغدغه های عالمان و فعالان این حوزه بوده است. همچنین به دلیل خشکسالی، کمبود منابع آب و کاهش جمعیت روستایی در سال های اخیر، مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی به یک مساله استراتژیک تبدیل شده است.

مسئله آبیاری در سطح مزرعه را می توان در دو بخش «زیرساخت های آبرسانی» به عنوان بخش سخت افزاری و «مدیریت و تصمیم گیری» در خصوص مقدار و زمان آبیاری به عنوان بخش نرم افزاری مورد بررسی و مطالعه قرار داد. آنچه تاکنون بیشتر مورد توجه پیشگامان عرصه آبیاری در کشور بوده است توجه به زیرساخت ها و روش های آبرسانی بوده است؛ چرا که هر چند تصمیمات مدیریتی با دقت و به درستی گرفته شود، اما عدم وجود زیرساخت های مناسب، مدیریت آبیاری را با مشکل مواجه خواهد کرد و آن تصمیمات اجرایی اجرا نخواهند شد. به نظر می رسد آنچه باید از این پس در کنار توسعه زیرساخت ها توسعه پیدا کند روش های مناسب تصمیم گیری در خصوص میزان و زمان آبیاری و همچنین اعمال دقیق تصمیمات اتخاذ شده در سطح مزرعه است.

بخش کشاورزی بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی به عنوان یکی از اثرگذاران و پیشگامان عرصه کشاورزی و امنیت غذایی در کشور به شمار می رود که با بهره گیری درست از دانش فنی و مهندسی نخبگان و تلاش جهادی مدیران، زیرساخت های آبرسانی نوین و فناوریانه را به خوبی گسترش داده و به نوعی یک سازمان تحقیقی ترویجی نیز شناخته می شود. باغ پسته شرکت پیوند خاوران یک مجموعه دارای زیرساخت های مناسب آبیاری است که قابلیت توسعه بخش های نرم افزاری را به خوبی دارد. تجربیات جهانی نشان می دهد که اضافه شدن این قابلیت ها و بهره گیری از سامانه های هوشمند آبیاری در تصمیم گیری و اجرا، ابزار لازم برای رسیدن به آبیاری دقیق و کنترل شده و در نهایت ارتقاء بهره وری را فراهم خواهد کرد. بنابراین می توان اینگونه نتیجه گرفت که گرچه سیستم های آبرسانی نوین تحت فشار در این باغ به خوبی توسعه یافته اند، با بهره گیری از ابزارهای قوی «سامانه هوشمند مدیریت آبیاری» پیشرفت های بیشتری برای این مجموعه ایجاد خواهد شد.

«سامانه مدیریت هوشمند آبیاری» را می توان یکی از راه حل های مهم مبتنی بر فناوری برای ارتقای بهره وری و توانمندی های مدیریتی دانست. گرچه تاکنون تلاش هایی برای ارائه راهکارهای مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات و مهندسی برق برای خودکارسازی سامانه های نوین آبیاری ارائه شده است، ولی نمونه های تجاری سازی شده صنعتی که بتواند هم به عنوان پشتیبان تصمیم گیر و هم نقش یک دستیار برای اجرای برنامه آبیاری را به عهده بگیرد، اگر بوده اند هم موفقیت چندانی در عرصه کشاورزی و تولید با مقیاس زیاد نداشته اند.

در این پیشنهاد یک سامانه آبیاری جامع، متمرکز، پایدار و هوشمند با قابلیت تولید در مقیاس بالا و مقرون به صرفه برای آبیاری این باغ معرفی می گردد. در ادامه به معرفی برخی از فناوری های مورد استفاده در محصول دانش بنیان «سما» اشاره خواهد شد.

۱/۱ فناوری اینترنت اشیا صنعتی

از آنجاکه گسستگی و عدم یکپارچگی از ویژگی های مزارع کشاورزی است و مدیریت و کنترل نیازمند یکپارچگی و ایجاد ارتباط بین سیستم های پراکنده است، ابزاری که این تجمیع را برای مدیران فراهم آورد ضروری خواهد بود. از طرفی فناوری های ارتباطاتی در دنیای امروز راه حلی مناسب برای ایجاد انسجام و هماهنگی بین اجزاء و اشیاء مختلف هستند. یکی از فناوری هایی که بین اجزاء مختلف ارتباط برقرار می کند و داده های آنها را ذخیره سازی می کند اینترنت اشیا^۱ است که یکی از ابزارهای مهم در مدیریت هوشمند آبیاری محسوب می شود. سامانه مدیریت هوشمند آبیاری «سما» که فناوری دانش بنیان تولیدی شرکت فنی مهندسی رایان آروین الگوریتم است نیز از این فناوری بهره گرفته است.

۱/۲ هوش مصنوعی

در این سامانه با استفاده از داده های هواشناسی نیاز آبیاری گیاهان مختلف محاسبه و آبیاری هر قسمت به صورت خودکار اجرا می شود. محاسبه تنش بر اساس ویژگی های خاک نیز از طریق نرم افزار اطلاع رسانی شده و بنابراین از تنش کم آبی به گیاه جلوگیری به عمل خواهد آمد. همچنین با استفاده از تکنیک های هوش مصنوعی میزان تحمل تنش کم آبی با توجه به مراحل رشد و نمو گیاه تعیین شده و «کم آبیاری تنظیم شده» بر اساس آن پیشنهاد می گردد.

۱/۳ سنجش از دور و تحلیل تصاویر ماهواره ای

تحلیل تصاویر ماهواره ای در این سامانه به عنوان بازخورد از وضعیت مزرعه شناخت کاملتری از عملکرد سیستم ها به مدیران و کشاورزان خواهد داد و به این ترتیب سامانه علاوه بر یکپارچه سازی مزارع و تمامی اجزای موجود در مزرعه، کنترل و مانیتورینگ را از هر مکانی میسر می سازد.

¹ Internet of things

۱/۴ تعریف سامانه مدیریت هوشمند آبیاری

از آنجایی که موضوع پروژه اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری است لازم است تا تعریف سامانه مدیریت هوشمند آبیاری ارائه گردد:

«سامانه هوشمند آبیاری، متشکل از ابزارهایی برای دریافت ادراکات از محیط، تصمیم‌گیری و اعمال اقدام بر محیط است. این تصمیم‌گیری باید عقلانی باشد به‌طوری که «بهترین نتیجه» و یا در شرایط عدم قطعیت «بهترین نتیجه ممکن» را به دست آورد. همچنین سامانه می‌تواند علاوه بر ادراکات، به دانش قبلی که در آن تعبیه‌شده نیز تکیه کند.»

با این تعریف هر سامانه‌ای که تنها بر اساس ادراکات محیطی کار کند هوشمند نیست و باید دارای مدلی مبتنی بر دانش، خبرگی یا یادگیری نیز باشد. سامانه هوشمند آبیاری می‌تواند بر اساس فرآیندهای یادگیری، دانش‌های جدیدی را به پایگاه دانش خود اضافه کند.

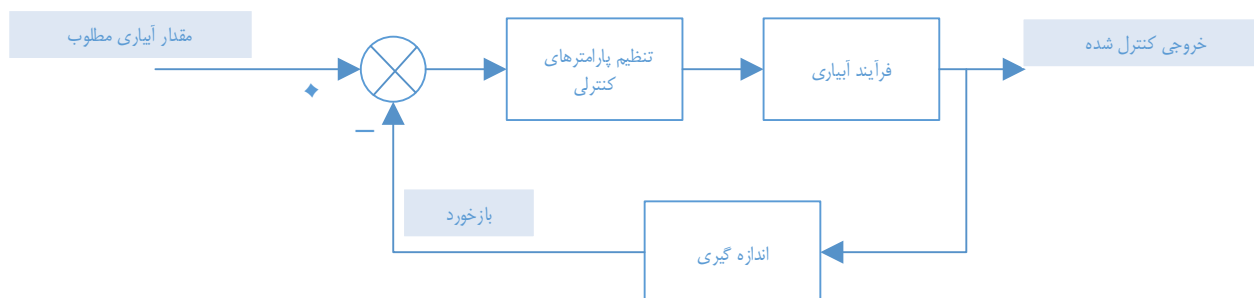
در چنین سامانه‌ای تصمیم‌گیری در لحظه می‌تواند وابسته به ادراکات فعلی یا رشته ادراکاتی باشد که سامانه تا آن لحظه شاهد آن بوده است. همچنین دانش به‌صورت مجموعه‌ای قابل بازیابی از اطلاعات تأیید شده تعریف می‌شود. در این تعریف، خاستگاه دانش، اطلاعات است و ماهیت دانش به اطلاعات تأیید شده برمی‌گردد. مجموعه دانش‌های تولیدشده، می‌تواند خود خاستگاه دانش جدیدی باشد.

۱/۵ اهداف اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری در باغ الگویی شرکت پیوند خاوران بیرجند

- ۱- افزایش بهره‌وری در مصرف آب و عملکرد محصول
- ۲- توانمندسازی بهره‌بردار با استفاده از فناوری‌های نوین
- ۳- افزایش توانمندی مدیریتی بهره‌بردار
- ۴- کاهش هزینه‌های تولید
- ۵- کاهش هزینه‌های ناشی از خطای نیروی انسانی
- ۶- تحلیل روابط آب، خاک و گیاه به‌صورت برخط و کمک به تصمیم‌گیری درست
- ۷- اندازه‌گیری بهره‌وری در عملکرد محصول و مصرف آب بر اساس الگوریتم کم آبیاری تنظیم‌شده
- ۸- اندازه‌گیری دقت شاخص‌های تصاویر ماهواره‌ای با بررسی دقیق و نمونه‌برداری محلی
- ۹- ترویج و فراگیرسازی کشاورزی دانش‌بنیان
- ۱۰- ایجاد یک الگوی اقتصادی با فناوری‌های بالا و قابلیت فراگیرسازی برای کشاورزان خرده‌مالک

۲ بررسی کلی چالش‌های آبیاری

یک سیستم آبیاری را می‌توان از منظرهای مختلفی مورد مطالعه قرارداد. از دیدگاه مهندسی کنترل می‌توان سیستم آبیاری را در یک سیستم حلقه بسته به صورت شکل (۱) در نظر گرفت.



شکل ۱ سیستم کنترل آبیاری

مطابق شکل، فارغ از نوع و روش آبیاری، چالش‌های مدیریت آبیاری کشاورزی را می‌توان به سه دسته اصلی به شرح زیر تفکیک کرد.

- ۱- تصمیم‌گیری در خصوص مقدار آب مورد نیاز گیاه باتوجه به مراحل رشد و نمو، شرایط اقلیمی و بافت خاک
- ۲- چگونگی اعمال تصمیمات گرفته شده در خصوص مقدار آبیاری
- ۳- بازخوردگیری از وضعیت آبیاری صورت گرفته در مزرعه

در ادامه به بررسی این چالش‌ها و راهکارهای فناورانه «سما» در این خصوص می‌پردازیم.

۲/۱ تصمیم‌گیری در خصوص مقدار آب مورد نیاز گیاه

سنجش میزان رطوبت خاک یکی از ارکان ضروری برای تعیین حجم آب مورد نیاز برای آبیاری هست. به‌طور کلی راهکارهای سنجش رطوبت خاک شامل دودسته کلی روش‌های مستقیم و غیرمستقیم می‌شوند. روش مستقیم شامل نمونه‌برداری میدانی از مزرعه و انجام فرایندهای زمان‌بر و پرهزینه برای تعیین آب مورد نیاز گیاه هست که معمولاً در مراکز تحقیقاتی این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طرف دیگر روش‌های غیرمستقیم نیز به‌منظور انجام ساده‌تر این فرایندها وجود دارد که شامل استفاده از محاسبه پارامترهای واسط و سپس تبدیل آن به میزان رطوبت است.

روش‌های غیرمستقیم را در یک تقسیم‌بندی دقیق‌تر می‌توان به حسگرهای سخت و حسگرهای نرم تقسیم‌بندی نمود. روش‌های بلوک گچی، تانسومتر، نوترون متر، TDR و پرتوگاما جزء دسته حسگرهای سخت هستند. در حسگرهای نرم از روش‌های محاسباتی برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود و معمولاً ارتباط سخت و فیزیکی با محیط ندارند. استفاده از روش‌های

محاسباتی تبخیر و تعرق با استفاده از داده‌های هواشناسی برخط، سنجش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از روش‌ها و مدل‌سازی‌های محاسباتی و همچنین به‌کارگیری الگوریتم‌ها و روش‌های هوش محاسباتی برای به دست آوردن پارامترهای موردنیاز در مزرعه در دسته حسگرهای نرم قرار می‌گیرند. در جدول ۱ مقایسه حسگرهای نرم و سخت آورده شده است.

جدول ۱ مقایسه حسگرهای نرم و سخت

ردیف	عنوان معیار	حسگرهای فیزیکی محیطی (حسگرهای سخت)	خدمات هواشناسی برخط و سنجش از دور ماهواره‌ای (حسگرهای نرم)	توضیحات بیشتر
۱	سطح کاربری	خرد و محلی	خرد یا کلان	هنگام استفاده از حسگرهای سخت، هزینه‌ها با افزایش مساحت تا حد زیادی افزایش می‌یابد؛ بنابراین، یا در فضاهای بسته یا در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی از آن‌ها استفاده می‌شود.
۲	نیاز به فضای باز	ندارد	دارد	استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در فضاهای باز و بدون ابر قابل استفاده است؛ البته فقط درون فضاهای بسته؛ مانند گلخانه‌ها یا دامداری‌ها، چاره‌ای جز استفاده از حسگرهای فیزیکی وجود ندارد، اما شاخص‌های بیرونی آن‌ها از طریق خدمات هواشناسی قابل دریافت است.
۳	هزینه تمام‌شده در هکتار	بالا	پایین	در صورت استفاده از تجهیزات معتبر، استاندارد، باکیفیت و کالیبره و همچنین بسته به تعداد و انواع حسگرهای سخت، هزینه بسیار بالا می‌رود؛ درحالی‌که در حسگرهای نرم، با افزایش مساحت، هزینه‌ها تا حد زیادی کاهش می‌یابد.
۴	هزینه تأمین انرژی و انتقال اطلاعات	بالا	ندارد	در حسگرهای سخت، هزینه‌ها و مسائل فراوان سیم‌کشی برای برق‌رسانی یا استفاده از سلول‌های خورشیدی و باتری و همچنین استفاده از تجهیزات و پروتکل‌های باسیم و یا بی‌سیم برای دریافت و انتقال داده وجود دارد.
۵	زمان و هزینه نصب و کالیبراسیون در محیط	بالا	ندارد	در حسگرهای سخت، نیاز به آزمایش جنس و ترکیب خاک و در شرایط هر اقلیم نیاز به کالیبره کردن دوره‌ای وجود دارد.
۶	نیاز به نگهداری و تعویض قطعات	دارد	ندارد	بسته به کیفیت حسگرهای سخت و تجهیزات استفاده‌شده، باتری‌ها و سلول‌های خورشیدی احتمالی، عمر مفید متوسط بسیاری از قطعات، غالباً از حدود ۲ تا ۷ سال است.
۷	هزینه و دغدغه محافظت و امنیت (امکان دزدی)	بالا	ندارد	در استفاده از حسگرهای سخت در فضای باز، نیاز به ساخت محفظه، دریچه، قفل و مانند آن یا وجود دیوار و نگهبان و... وجود دارد.

۸	پیش‌بینی انواع شاخص‌ها و رخدادهای هواشناسی آینده	ندارد	دارد	در سامانه‌های هواشناسی برخط، انواع پیش‌بینی‌ها به‌صورت محلی از حدود چند ساعت تا دو هفته و بیشتر ارائه می‌شود که قابلیت پیشنهاد تغییرات برنامه و همچنین هشداردهی نسبت به خطرات را امکان‌پذیر می‌کند.
۹	داده‌های هواشناسی و تصاویر و شاخص‌های سال‌های گذشته	ندارد	دارد	در سامانه‌های برخط، داده‌ها تا چندین سال گذشته قابل دریافت، تحلیل و مقایسه است و می‌توان مسائل و مشکلات قبلی را از ابتدا شناسایی و اصلاح کرد.
۱۰	تصاویر و شاخص‌های پایش سلامتی مرئی و غیرمرئی ماهواره‌ای	ندارد	دارد	در سامانه‌های ماهواره‌ای، هرچند روز یک‌بار تصاویر جدید دریافت، تحلیل و پایش می‌شود تا بازخورد آبیاری و دیگر اعمال انجام‌شده در زمین گرفته شود (در حال حاضر، برای اکثر زمین‌ها معمولاً هر ۵ روز یک‌بار است که این بسامد در حال کاهش بوده و با رقابت‌های جاری، کمیت و همچنین کیفیت تصاویر در حال افزایش است).
۱۱	تعداد شاخص‌های ارائه‌شده	بسته به انواع حسگرهای استفاده‌شده	حدود ۲۰ شاخص گوناگون	با افزایش تعداد شاخص‌ها در حسگرهای سخت، هزینه‌ها مستقیماً افزایش می‌یابد.
۱۲	محاسبه تبخیر و تعرق مرجع	نیاز به حداقل ۵ حسگر مختلف	آماده	در سامانه‌های هواشناسی برخط، همه شاخص‌های لازم برای محاسبه تبخیر و تعرق آماده است.
۱۳	دقت نقطه‌ای شاخص‌ها	احتمالاً مقداری بالاتر	مناسب	در صورت استفاده از تعداد کافی تجهیزات معتبر، استاندارد، باکیفیت و کالیبره، دقت موردی داده‌ها در حسگرهای سخت تا حدودی بالاتر خواهد بود.
۱۴	دقت در کل سطح	جزئی	یکنواخت	در حسگرهای سخت، دقت به‌صورت نقطه‌ای امکان‌پذیر است و لزوماً قابل تعمیم به کل زمین نیست؛ اما در حسگرهای نرم، دقت در کل زمین به‌صورت یکنواخت وجود دارد.

بر اساس آنچه در جدول مقایسه حسگرهای نرم و سخت آمده است و باتوجه‌به محدودیت‌هایی که در مزارع و باغات وجود دارد استفاده از حسگرهای نرم مناسب‌تر به نظر می‌رسد و علاوه بر کاهش هزینه‌ها دقت لازم را نیز فراهم خواهد کرد. برخی محدودیت‌های در مزارع و باغات تجاری وجود دارد که وجود یک یا چند مورد از آنها استفاده از حسگرهای سخت را مشکل می‌سازد.

- ۱- سرقت حسگرها
- ۲- هزینه‌های تأمین برق
- ۳- تعمیر و نگهداری گران
- ۴- نیاز به افراد خبره و متخصص برای بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری
- ۵- مشکل در تأمین حسگرها
- ۶- عدم سهولت در کالیبراسیون دوره‌ای
- ۷- هزینه بالای حسگرهای سخت

۸- عدم جامعیت و پایش جزء کوچکی از باغ یا مزرعه

۹- هزینه‌های زیرساخت ارتباطاتی گران

بنابراین، راه‌حل «سما» استفاده از حس‌گرهای نرم برای اندازه‌گیری و برآورد نیاز آبیاری دقیق است. برای این کار داده‌های هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سازمان هواشناسی یا جهاد کشاورزی و یا داده‌های برخط خدمات دهندگان معتبر هواشناسی بین‌المللی دریافت شده و بر اساس روش پنمن-مانتیث فائو نیاز آبی محاسبه می‌گردد. مقدار ضریب Kc نیز بعد از تصحیحات لازم بر اساس مبتنی بر اقلیم محاسبه می‌گردد. بعد از محاسبه نیاز آبی گیاه بر اساس ویژگی‌های بافت خاک و خروجی قطره‌چکان‌ها و شرایط گیاه نیاز آبیاری دقیق محاسبه می‌گردد.

همچنین «سما» از یک فناوری منحصربه‌فرد برای تعیین نیاز آبیاری به روش «کم‌آبیاری تنظیم‌شده» نیز بهره می‌برد. در این روش بر اساس مراحل رشد و نمو گیاه در آن قرار دارد شاخص تحمل تنش کم‌آبی گیاه اندازه‌گیری شده و مقدار مجاز اعمال کم‌آبیاری تنظیم‌شده تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که استفاده از این روش مستلزم مطالعات اولیه در خصوص گیاهان موردنظر است.

در این طرح آبیاری قطعات بر اساس نیاز آبیاری دقیق که شرح آن گذشت انجام خواهد شد و مقدار زمان برای هر قطعه به دست خواهد آمد. سپس دستورات لازم از طریق سرور مرکزی به کنترل‌کننده‌های الکترونیکی سما ارسال شده و به این ترتیب تصمیم گرفته شده در خصوص مقدار آبیاری از طریق ادوات سیستم آبرسانی نظیر پمپ‌ها و شیرهای برقی، عملیات آبرسانی به صورت کاملاً خودکار در قطعه موردنظر اعمال خواهد شد.

۲/۲ بررسی روش‌های محاسبه آبیاری دقیق

تعیین نیاز آبیاری^۱ دقیق که در حال حاضر توسط شرکت‌های مختلف ارائه می‌شوند را می‌توان بر اساس نوع داده‌هایی که در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری و یا نوع محصولات یا خدمات ارائه شده توسط شرکت‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار داد. در جدول ۲ به بررسی اجمالی این روش‌ها پرداخته شده است. نوع داده‌های مورد استفاده در این سامانه‌ها می‌تواند از نوع داده‌های در لحظه مانند سنسورهای محیطی، داده‌های سنجش از دور مانند تصاویر پهبادی یا ماهواره‌ای و یا داده‌های هواشناسی یا خاکشناسی که از ایستگاه محلی یا مدل‌های گرید دریافت می‌گردد، تقسیم بندی شود. همچنین مبنای تصمیم‌گیری دو معیار اصلی زمان و یا مقدار آبیاری می‌باشد. در حالی که روش‌های مبتنی بر مقدار آبیاری بر محاسبات تعادل آب و خاک، محاسبات آماری یا یادگیری ماشینی تمرکز دارند، روش‌های مبتنی بر زمان آبیاری، تمرکز بر روی زمان شروع آبیاری بر اساس شاخص سطح برگ یا شاخص‌های تشخیص تنش می‌باشد. نرم‌افزارها یا داده‌هایی که در اختیار کشاورزان و مدیران قرار می‌گیرند نیز در [1] مورد بررسی دقیق قرار گرفته‌اند.

¹ irrigation

جدول 2 جدول مقایسه ای روش های محاسبه آبیاری دقیق [1]

بررسی روش های آبیاری دقیق				
ج) محصولات		ب) رویه های تصمیم گیری و معیارها		الف) داده
نرم افزار یا داده هایی که برای نظارت بر وضعیت هیدرولوژی سطح و ارائه راهنمای آبیاری در اختیار تولیدکنندگان قرار می گیرد.		زمان آبیاری (CWSI، MAD، CWSI، iCWSI؛ پتانسیل آب برگ) مقدار آبیاری (تعادل آب خاک بر اساس مدل های فرآیند و/یا آماری/یادگیری ماشینی)		داده های بی درنگ داده های سنجش از دور داده های گرید آب و هوایی/ آب و هوا/ خاک
چالش ها و فرصت های آبیاری دقیق				
مشارکت و انگیزه تولیدکنندگان	مدل عدم قطعیت ها و محدودیت ها	کمی سازی تنش آب گیاهان	دردسترس بودن و مقیاس پذیری داده ها	
اطمینان کم: <ul style="list-style-type: none">- ابزارهای غیرعملی و غیر قابل اعتماد- دسترسی محدود به اطلاعات- مشوق های محدود بر اساس بازار برای صرفه جویی در مصرف آب	مدل های مبتنی بر فرایند: <ul style="list-style-type: none">- عدم قطعیت در هنگام استفاده از مدل های کالیبره شده در سایر زمینه ها- فرایند نامشخص یا مفقود شده مدل های یادگیری ماشین: جعبه های سیاه و عدم جامعیت	تعریف نامشخص تنش آبی گیاهان: <ul style="list-style-type: none">- تعاریف مبتنی بر خاک: تمرکز فقط بر روی تأمین آب- تعاریف مبتنی بر گیاه: بر اساس دمای سطح سایبان و پتانسیل CWSI و iCWSI و پتانسیل آب برگ	در محل: معمولاً پرهزینه است، بنابراین مقیاس پذیر نیست. داده های سنجش از دور: وضوح ناکافی در زمان و مکان و تأخیر طولانی داده های هواشناسی گرید ^۱ : دقت مناسب و هزینه نسبتاً پایین	چالش ها
بهبود نرخ تطبیق پذیری <ul style="list-style-type: none">• ابزارهای آسان انعطاف پذیر• سیاست های مزرعه برای ارتقاء موسسات آب مبتنی بر بازار	مدل های مبتنی بر فرایند: <ul style="list-style-type: none">• محدود کردن پارامترهای حساس در هر مزرعه جداگانه راهنمای فیزیکی آماری / مدل های یادگیری ماشینی	تجدید تعریف تنش آب گیاه باتوجه به تامین آب خاک ، تقاضای آب مبتنی بر اتمسفر و تنظیم مبتنی بر فیزیولوژیک گیاهی <ul style="list-style-type: none">• تعرق• هیدرولیک گیاه• هدایت روزنه ای	✓ سنسورهای کم هزینه، 5G، IoT و LoRa داده های محل را ارزان و آسان تر جمع آوری می کنند. ✓ بهبود ماهواره ها و الگوریتم های همجوشی (داده های وضوح مکانی و زمانی بالا)	فرصت ها

مبتنی بر جدول 2 سامانه مدیریت هوشمند آبیاری «سما»، از داده های هواشناسی محلی یا گرید استفاده می کند. از معیار مقدار آبیاری مبتنی بر روابط آب و خاک و گیاه بر اساس روش پنمن-مونتیث فائو برای محاسبه نیاز آبیاری بهره می برد و محصول به صورت نرم افزار تحت وب و اندروید در دسترس خواهد بود. تنش آبی مبتنی بر مراحل فیزیولوژیک گیاه و همچنین با توجه به تأمین آب و ویژگی های بافت خاک و شرایط اتمسفر محاسبه می شود. عدم قطعیت ها در سما کنترل با استفاده از کنترل کننده هوش مصنوعی مبتنی بر کنترل کننده فازی کنترل می شود و برای هر مزرعه محاسبات هوشمند جداگانه ای

^۱ این قسمت در مرجع جدول وجود ندارد و توسط شرکت اضافه شده است.

وجود دارد. ابزارهای نرم افزاری نیز به گونه ای طراحی شده اند که انعطاف پذیری بالایی برای انطباق با هر گیاه و مزرعه و سیستم آبرسانی داشته باشد.

۲/۳ چگونگی اعمال تصمیمات گرفته شده در خصوص مقدار آبیاری

بعد از تصمیم گیری در خصوص مقدار آبیاری، باید این تصمیم اجرایی گردد. اجرای این تصمیم به معنی تنظیم و کنترل دقیق سیستم آبرسانی است. به نوعی که مقدار آب برآورد شده را به صورت دقیق و کنترل شده به مزرعه ارائه دهد. برای آبرسانی به هر قطعه باید یک «فرایند» اجرا شود که ممکن است شامل باز یا بسته شدن شیرهای کنترلی، خاموش یا روشن شدن پمپ یا پمپ هایی در مسیر باشد. اجرای دقیق چنین فرآیندهایی چالشی در عرصه تخصیص منابع آبی و آبیاری خودکار است.

در سامانه «سما» بر اساس طراحی موجود در سیستم آبرسانی برای آبیاری و قطع آبیاری هر قطعه یک «فرایند» تعریف می شود. نیاز آبیاری هر قطعه در زمان شروع آبیاری در لحظه محاسبه شده و فرایند شروع آبیاری با فرمان دادن به دستگاهها آغاز می گردد. بعد از به پایان رسیدن زمان آبیاری نیز «فرایند» اتمام آبیاری اجرا خواهد شد؛ بنابراین «سما» قابلیت تعریف فرآیندهای مختلف آبیاری را دارد و بر این اساس، فرآیندهای شروع و پایان آبیاری هر قطعه قابل برنامه ریزی است. نوبت آبیاری هر قطعه نیز قابل برنامه ریزی است و می تواند به صورت هوشمند نیز بر اساس تحمل تنش کم آبی گیاه عمل کند که در این صورت قطعات با تحمل تنش کمتر در اولویت بالاتر نوبت آبیاری قرار خواهند گرفت.



شکل ۱ کنترل کننده شیرهای برقی هیدرولیکی «سما»

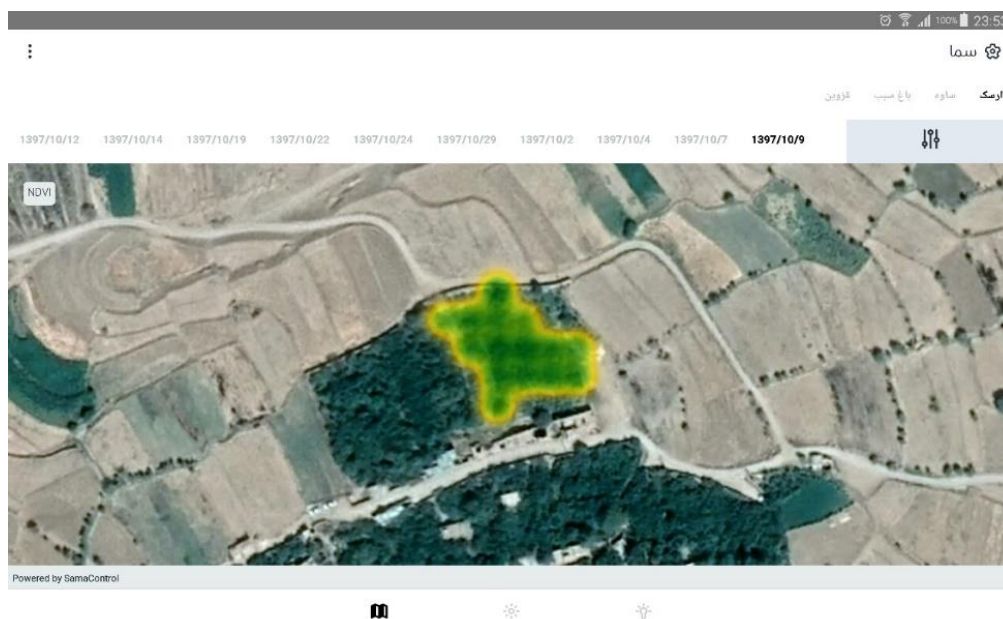


شکل ۲ تابلو فرمان پمپ به همراه راهاندازی اینورتر با کنترل کننده سما

۲/۴ بازخوردگیری از وضعیت آبیاری صورت گرفته

بازخوردگیری از وضعیت آبیاری صورت گرفته از چند جهت حائز اهمیت است. یکی تعیین میزان یکنواختی آبیاری است و دیگری مقدار آبیاری تخصیص داده شده به مزرعه است. همان طور که در بخش ۱.۵ نیز آورده شد برای اندازه گیری پارامترهای مختلف از جمله رطوبت خاک دو روش استفاده از حسگرهای نرم و سخت وجود دارد که به مقایسه آن ها پرداخته شد. در «سما» برای بازخورد گیری از وضعیت یکنواختی آبرسانی و میزان پراکندگی سبزینگی از تحلیل تصاویر ماهواره ای استفاده می شود. البته امکان اضافه کردن حسگرهای رطوبت و شوری خاک نیز وجود دارد که در صورت نیاز می توان از حسگر سخت نیز استفاده کرد.

تحلیل های مختلف عکس های ماهواره ای با واقعیت های مزرعه مورد بررسی خواهد گرفت. بعد از آن فرآیندهای واسنجی و صحت سنجی بر اساس اندازه گیری مستقیم رطوبت خاک و شاخص های گیاهی انجام می شود. همچنین مراحل رشد و نمو گیاه بر اساس مشاهدات و اندازه گیری های میدانی از ابتدای تاریخ کاشت ثبت می گردد.



شکل ۲ نمونه‌ای از نرم‌افزار «سما» - شاخص‌های سنجش از دور

۳ مسائل اصلی باغ پسته شرکت پیوند خاوران

بر اساس بازدیدهای صورت گرفته و جلسات حضوری با کارشناسان مزرعه، برخی مسائل اساسی که با استفاده از سامانه مدیریت هوشمند آبیاری قابل حل و یا مدیریت هستند احصاء گردید که در ادامه به آنها اشاره می شود:

- ۱- نیاز به اشراف مدیریتی در خصوص نحوه تخصیص مناسب منابع آبی
- ۲- نیاز به اشراف اطلاعاتی نسبت به تخصیص و عملکرد منابع آبی
- ۳- تخصیص مناسب منابع آبی بر اساس نیاز آبی گیاهان مزرعه باتوجه به کشت پسته
- ۴- بهره‌وری در استفاده از منابع آبی با مصرف بهینه منابع آبی با استفاده از کم آبیاری تنظیم شده
- ۵- بهره‌وری در عملکرد محصول با آبیاری به موقع و جلوگیری از تنش های آبی
- ۶- بررسی تغذیه و وضعیت تنش آبی گیاهان به صورت دوره ای
- ۷- نیاز به اطلاع از وضعیت دقیق منابع آبی به صورت دقیق و در لحظه
- ۸- کنترل و مانیتورینگ بر خط منابع آبی و اطلاع از وضعیت موجود به صورت در لحظه
- ۹- کنترل و جلوگیری از اتلاف منابع آبی
- ۱۰- اطلاع از وضعیت دقیق مزارع و نحوه عملکرد در طول فصل نمو
- ۱۱- کنترل، مدیریت و پایش یکپارچه آبیاری در کل مزارع
- ۱۲- امکان استفاده بلادرنگ و ذخیره سازی داده های هواشناسی به وسیله سامانه تحت وب
- ۱۳- بررسی دقیق یکنواختی و عملکرد سیستم های مختلف آبیاری

۴ راه‌حل‌های «سما»:

سما، مجموعه‌ای از دستیاران برای بهبود فرایندهای آبیاری و کاهش هزینه‌ها است. روش‌های هوش محاسباتی و هوشمندی منحصر به فرد دستیاران، قابلیت‌های تطبیق پذیری آنها را بالا برده و بنابراین کشاورزان را در همه شرایط یاری می‌کند. از جمله مسائلی که «سما» در حل آن‌ها کمک می‌کند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- بهینه‌سازی هوشمند آبیاری دقیق با بهره‌گیری از کم آبیاری تنظیم شده
- ۲- تخصیص مناسب منابع آب بر اساس روش‌های مختلف از جمله حجمی، ساعتی و یا بر اساس نیاز آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق به روش پنمن مانتیس فائو
- ۳- یکپارچه‌سازی در کنترل و مانیتورینگ منابع پراکنده
- ۴- ارزیابی عملکرد کشت‌های متنوع
- ۵- کنترل و پایش مستمر و در لحظه منابع آب و خطوط انتقال
- ۶- امکان مانیتورینگ و کنترل از محل‌های چندگانه به هر تعداد با امکان کنترل دسترسی
- ۷- جلوگیری از سرقت تجهیزات با اتصال حسگرهای اعلام سرقت در محل‌های سرپوشیده
- ۸- اجرای عملیات و فرایندهای مختلف آبیاری به صورت اتوماتیک از منبع آب تا مزرعه
- ۹- مدیریت بحران با هشدارهای کشاورزی و هواشناسی دقیق
- ۱۰- اطلاع از وضعیت دقیق مزارع و باغات و کمک به تصمیم‌گیری‌های کلان
- ۱۱- افزایش بهره‌وری با آبیاری دقیق و بر اساس نیاز آبی
- ۱۲- ارزیابی دقیق مزارع و باغات به لحاظ عملکرد
- ۱۳- اولویت‌بندی در تخصیص منابع آبی بر اساس فاکتور تحمل تنش کم آبی گیاه
- ۱۴- اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری در اراضی مورد نظر و بررسی نتایج آن‌ها
- ۱۵- ارزیابی مزارع و باغات با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور
- ۱۶- سنجش و پایش پارامترهای متعدد و محاسبه نیاز آبیاری بدون نصب سنسور و با اتصال بر خط به سامانه‌های مدرن هواشناسی

۵ ویژگی‌های «سما کنترل»

«سما کنترل» ویژگی‌های زیر را در اختیار استفاده‌کنندگان از این سامانه هوشمند قرار می‌دهد:

🔥 طراحی و توسعه نرم‌افزار و سخت افزار در رده صنعتی

- طراحی و ساخت در کلاس صنعتی
- کیفیت بسیار بالا در قطعات استفاده شده
- کارکرد بدون نقص در مقابل نویز
- کارکرد در دمای -40 تا $+85$ درجه
- کارکرد در لرزش‌های بسیار شدید
- دارای برنامه پیش‌فرض در مرکز کنترل الکترونیکی در مواقع اضطراری قطع ارتباط با سرور
- دارای زیرساخت نرم‌افزاری بسیار پیشرفته جهت ذخیره سازی و پردازش داده ها

🔥 آسانی در نصب و بهره‌برداری

- طراحی مبتنی بر نصب راحت
- تعریف آسان همه فرایندهای آبیاری و کودآبیاری از مبداء منابع تا گیاه به صورت یکپارچه (اجرای فرآیند با یک کلیک)
- قابلیت افزودن دستگاه‌های مختلف به صورت با سیم و بی سیم (۲ به توان ۶۴ دستگاه)
- انعطاف‌پذیری بالا در استفاده از کارت های گسترش دهنده
- طراحی بر مبنای حذف خطاهای انسانی
- تحمل‌پذیری خطا با جلوگیری از بروز خطا و شناسایی خطا با الگوریتم های خودکار
- ورودی‌های متنوع صنعتی استاندارد برای هر نوع ادراک از محیط
- انعطاف‌پذیری بسیار بالا در برنامه دهی به سامانه بدون نیاز به کدنویسی
- امکان تغییر برنامه‌ها و تدوین قوانین متعدد بر روی کل سامانه
- نمایش موقعیت مکانی دستگاه‌ها بر روی نقشه

🔥 ذخیره داده‌های حجیم و یادگیری عمیق

- ارائه اطلاعات مختلف هواشناسی کشاورزی و اطلاعات تحلیلی سنجش‌ازدور و ارائه عکس های ماهواره ای
- و ذخیره سازی آنها بر روی سامانه به همراه ارائه گزارش‌های متنوع از آنها
- تحلیل داده برای افزایش بینش مدیریتی سیاست‌گذاران حاکمیتی
- امکان کمک به تصمیم‌گیری بهتر و تخمین آینده برای بهره بردار

- امکان پشتیبانی از بهره‌بردار برای تصمیم‌گیری برای الگوی کشت با توجه به شرایط مختلف (اقلیم، آب، قیمت محصولات، سابقه کشاورز)
- ذخیره‌سازی تمامی داده‌های ناشی از اتفاقات مختلف در کل سیستم‌ها
- امکان گزارش‌گیری‌های متنوع و هوشمند مدیریتی بنا به نیاز مدیران از منابع آبی
- قابلیت ثبت داده‌ها بر روی سرور برای سال‌های متمادی
- امکان استفاده از روش‌های یادگیرنده برای پیش‌بینی رویدادهای آینده

یکپارچه‌سازی و هوشمندی

- امکان آبیاری هوشمند به روش کم آبیاری تنظیم شده مبتنی بر هوش مصنوعی برای محصولات مختلف
- یکپارچه‌سازی زمین‌های پراکنده و کشت چند محصولی
- سامانه یکپارچه کنترل و مانیتورینگ مرکزی تحت اینترنت
- برنامه‌دهی بر اساس تمامی دستگاه‌های نصب شده
- اجرای فرایندهای مختلف مانند کود آبیاری
- کنترل و مانیتورینگ فرایندهای آبیاری
- امکان ایجاد قوانین مختلف برای اجرای هوشمند فرایندها مبتنی بر تغییرات سنسورهای ورودی و خطاهای احتمالی

دقت بالا بدون نیاز به سنسورهای گران‌قیمت

- محاسبه نیاز آبی گیاه مبتنی بر داده‌های هواشناسی و ماهواره‌ای
- امکان ایجاد برنامه‌های مختلف آبیاری برای کشت‌های مختلف
- امکان آبیاری دقیق خودکار بر اساس اطلاعات هواشناسی و تحلیلی ماهواره

مدیریت منابع و امکانات

- اولویت‌بندی نوبت‌های آبیاری بر اساس تحمل تنش کم آبی گیاهان
- مدیریت و مانیتورینگ تسهیم حق آبه برای اراضی کشاورزی به روش زمانی و حجمی
- کنترل و مدیریت آبیاری از منابع آبی تا مزرعه
- کنترل و مانیتورینگ و مدیریت تمامی منابع آبی اعم از چاه، استخر، ایستگاه‌های پمپاژ و ...
- داشتن سطوح متفاوت دسترسی به سیستم کنترل و مانیتورینگ برای افراد مختلف

مدیریت هشدارها و اطلاع‌رسانی

- ارسال پیامک در شرایط اضطراری
- قابلیت ایجاد برنامه‌های آبیاری زمان‌بندی شده
- ارسال پیامک‌های اطلاع‌رسانی به مدیر (شروع به کار، اخطارها و ...)
- ارائه هشدارهای هواشناسی



۶ راهکار سما برای باغ پسته شرکت پیوند خاوران

سامانه مدیریت هوشمند آبیاری «سما»، دارای اجزای مختلفی است که در شکل ۳ نمایش داده شده است. در این سامانه، کاربران^۱ قادر خواهند بود تا از طریق دستگاه‌های ارتباطی الکترونیکی، نظیر کامپیوتر، تبلت یا تلفن همراه به سرور کنترل و مانیتورینگ^۲ وصل شده و عملیات‌های مختلف را انجام دهند. همچنین گزارش‌گیری‌های مدیریتی و عملیات کنترل و مانیتورینگ با ایجاد دسترسی‌های متفاوت برای کاربران مختلف، از طریق نرم افزار قدرتمند و هوشمند موجود در سامانه، قابل اجرا است.

سرور سامانه «سما» داده‌های هواشناسی و تصاویر سنجش از دور برای هر مزرعه را به صورت جداگانه ذخیره کرده و با استفاده از داده‌های هواشناسی، راندمان سیستم آبیاری، خروجی سیستم آبیاری در واحد سطح مزرعه و مساحت هر واحد سطح، نیاز آبیاری را بر حسب نوع محصول و نیاز آبی آن محاسبه می‌کند^۳. و به این ترتیب زمان آبیاری مزرعه را محاسبه نموده و بر همین اساس فرامین لازم را به ایستگاه‌های مختلف ارسال نماید.

داده‌های هواشناسی نیز به صورت برخط از سرویس‌های بین‌المللی و معتبر هواشناسی دریافت شده و ذخیره می‌گردند که تحلیل این داده‌های ذخیره شده در آینده مبنای بسیار خوبی برای تصمیم‌گیری‌ها و تدوین استراتژی‌های مدیریتی خواهد بود و ارزش بالایی برای سازمان خواهند داشت. شاخص‌های هواشناسی شامل دما، رطوبت هوا، تبخیر و تعرق مرجع و گیاه، سرعت و جهت باد، میزان ابری بودن، دمای نقطه شبنم و پارامترهای پیش‌بینی وقوع باران، برف، تگرگ و طوفان و برخی پارامترهای دیگر می‌باشد. همچنین تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نیز در پنل کاربری قابل مشاهده است که شاخص‌های مورد نیاز را در اختیار مدیر یا کارشناسان قرار دهد. این تصاویر هر هفته به روز رسانی شده و گزارشات آنها به صورت برخط عرضه می‌گردد و به طور دائم در سرور سما کنترل ذخیره می‌گردد.

سما کنترل مدیران را در تصمیم‌گیری میزان آبیاری برای مزارع مختلف یاری می‌کند و نیاز آبیاری مزرعه را به مدیران پیشنهاد می‌دهد. این پشتیبانی تصمیم‌گیری به مدیریت منابع و افزایش بهره‌وری منابع کمک بسیار زیادی می‌کند و البته باید توجه داشت که اعمال این تصمیم به صورت دقیق نیز بسیار مهم است. چرا که در صورت اجرایی نشدن این تصمیمات نتیجه مطلوب حاصل نخواهد شد. سماکنترل نه تنها در تصمیم‌گیری مدیران را پشتیبانی می‌کند بلکه در اجرای کامل و دقیق

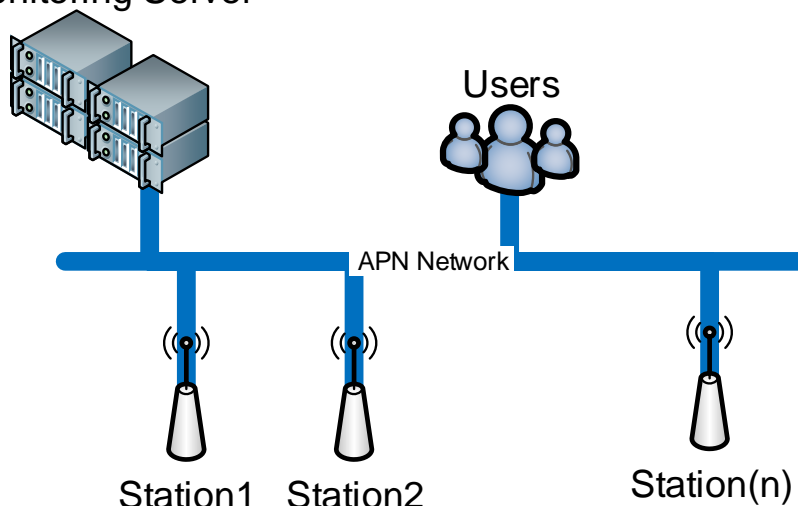
¹ Users

² Control & Monitoring Server

^۳ در سامانه سما کنترل، مختصات هر مزرعه در سامانه ثبت می‌گردد و تبخیر و تعرق مرجع به وسیله روش پنمن مانیتیس فائو و بر اساس داده‌های هواشناسی محاسبه می‌گردد. سرور سما کنترل به صورت آنلاین داده‌های هواشناسی را از سرویس‌های هواشناسی بین‌المللی دریافت می‌کند. میزان حجم آب خروجی سیستم آبیاری در واحد سطح و راندمان سیستم آبیاری نیز در سامانه وارد شده و به این ترتیب نیاز آبیاری محاسبه می‌گردد. همچنین با توجه به وجود ایستگاه هواشناسی مستقر امکان استفاده از آن ایستگاه نیز وجود دارد.

تصمیمات نیز مدیران را یاری می کند. همان طور که در شکل ۳ پیداست، از جمله اجزای این سامانه، ایستگاه^۱ ها هستند که در مناطق مختلفی نصب می شوند. شیرهای برقی باغ، چاه، ایستگاه فیلتراسیون یا پمپاژ، یک «ایستگاه» محسوب می شود. هر یک از این ایستگاه ها، نیازمند یک دستگاه کنترل کننده است که در محل های مورد نیاز برای آنها نصب می گردد.

Control & Monitoring Server



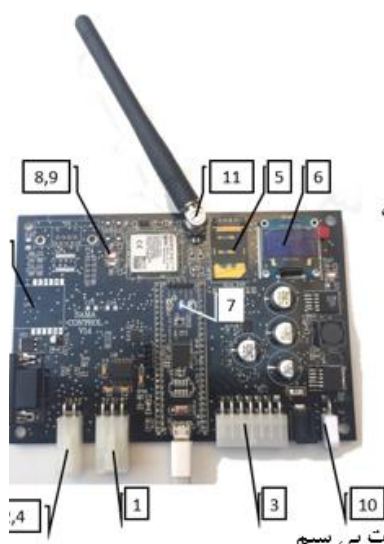
شکل ۳: اجزای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری (سما)

بنابراین، هر ایستگاه شامل یک دستگاه مرکز کنترل الکترونیکی «سما» است که وظیفه ارتباط با سرور و اعمال فرامین کنترلی و ارتباط با حسگرهای محیطی را دارد که دارای مشخصات فنی به شرح زیر است:

Digital outputs	14 open collector, NPN
Number of digital inputs	6 concurrent inputs, DC +12~36V
Analog inputs	2 Analog inputs (0-10V)
Wireless connection protocol	IEEE 802.15.4 / Zigbee
Wireless distance range	120 meters / 1200 meters (Optional)
Wired connection	RS485
Connect to server	2G based
Run command	Online: Server program / Offline: Default program
Update controller	OTA (On The Air)
Input voltage	DC 12~36V – 1A

- در صورت نیاز به ورودی یا خروجی های بیشتر یا ورودی های آنالوگ جریانی می توان از کارت توسعه EX0414 استفاده کرد.

¹ Station



- ۱- ورودی های دیجیتال
- ۲- ورودی های آنالوگ
- ۳- خروجی های دیجیتال
- ۴- کانکتور RS485
- ۵- محل قرارگیری سیم کارت
- ۶- نمایشگر
- ۷- نشانگر روشن بودن
- ۸- نشانگر ارسال اطلاعات
- ۹- نشانگر شبکه GSM
- ۱۰- ورودی برق ۱۲ ولت
- ۱۱- کانکتور آنتن GSM
- ۱۲- محل نصب مازول ارتباطات بی سیم



شکل ۴ نمایی از تابلو نصب شده؛ کنترل شیرهای برقی

شکل ۵ مازول کنترل کننده سما کنترل

۷ فهرست خدمات «سما»

با اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری «سما» به طور کامل، خدمات زیر مورد انتظار خواهد بود:

- ✓ امکان استفاده از روش کم آبیاری تنظیم شده برای محصولات طرح به منظور کاهش میزان آبیاری و تعیین اولویت بندی هوشمند آبیاری محصولات
- ✓ محاسبه نیاز آبی و آبیاری باغات و مزارع بر اساس داده های هواشناسی برخط و ویژگی های سیستم آبیاری و بافت خاک و دیگر پارامترهای مورد نیاز به منظور آبیاری دقیق
- ✓ بازخوردگیری از وضعیت باغات با استفاده از تحلیل های سنجش از دور عکس های ماهواره ای به منظور کنترل سیستم آبیاری و تنش های مختلف
- ✓ امکان مدیریت آبیاری درکشت چند محصولی با استفاده از برنامه دهی از طریق نرم افزار تحت وب
- ✓ کنترل و مدیریت آبیاری از ایستگاه فیلتراسیون تا مزرعه از طریق وب و اندروید
- ✓ ایجاد برنامه های مختلف آبیاری از طریق نرم افزار تحت وب
- ✓ امکان ایجاد و اجرای فرایندهای مختلف مانند کودآبیاری از طریق نرم افزار تحت وب
- ✓ کنترل و مانیتورینگ فرایندهای آبیاری از طریق نرم افزار تحت وب
- ✓ ارائه هشدارهای هواشناسی از طریق نرم افزار اندروید و وب
- ✓ ارائه هشدارهای سامانه ای و هواشناسی مورد نیاز از طریق سامانه برخط اختصاصی به صورت صوتی و پیامکی
- ✓ داشتن سطوح متفاوت دسترسی به سیستم کنترل و مانیتورینگ برای افراد مختلف
- ✓ فرمان اضطراری به ایستگاه پمپاژ در شرایط خرابی و بالعکس
- ✓ ارسال پیامک های اطلاع رسانی به مدیر (شروع به کار، اخطارها و...) و در شرایط اضطراری
- ✓ قابلیت ثبت داده ها بر روی سرور برای سال های مختلف و امکان گزارش گیری های متنوع مدیریتی مبتنی بر داده های ضبط شده

۸ ارزیابی دقت سامانه مدیریت هوشمند آبیاری سما

۸/۱ هدف:

سنجش دقت سامانه هوشمند آبیاری سما کنترل

۸/۲ روش:

برای نیل به هدف مطرح شده از مجموعه داده مربوط به منطقه Bushland واقع در ایالت تگزاس^۱ استفاده گردید.

این مجموعه کامل، اطلاعات شامل شش سال داده لایسیمتر توزین برای شش فصل ذرت را دارا است (۱۹۹۴، ۱۹۹۰، ۱۹۸۹، ۲۰۱۸، ۲۰۱۶، ۲۰۱۳)^۲. لایسیمترهای توزین، جرم اندازه گیری شده را بادقت ۰/۰۵ میلی متر در فواصل ۵ دقیقه ای به مقدار نسبی آب خاک ذخیره شده تبدیل و از تغییر ۵ دقیقه ای ذخیره آب خاک همراه با میزان بارندگی و آبیاری برای محاسبه تبخیر و تعرق محصول استفاده شده است. ET (مقدار تبخیر و تعرق واقعی) در فواصل ۱۵ دقیقه ای گزارش شده است. در ابتدا داده های ET در این مجموعه داده، داده های خام در نظر گرفته می شوند.

دیتاست استفاده شده "

Evapotranspiration and Water Balance Data for The Bushland, Texas Maize for Grain Datasets"

نام دارد که در این گزارش نیز مقادیر ذکر شده در این پایگاه داده به کارگیری شده است.

- ✓ مقادیر هواشناسی ۱۵ دقیقه ای، مقادیر تصحیح شده ET و میزان آبیاری از فایل "2018_Maize_water_balance" استخراج شد که مربوط به گیاه ذرت و سال ۲۰۱۸ است.
- ✓ اطلاعات بافت خاک هم از فایل "2018_West_Maize_Soil-water" دریافت شده است.^۳
- ✓ اطلاعات لایسیمتر SW (southwest) برای پایش انتخاب شد.
- ✓ اطلاعات گردآوری شده و داده های ساخته شده توسط سیستم سما در فایل خروجی به نام "data_set_ETc_15_min"
- ✓ آماده است.

¹ Bushland, Texas (Lat. 35.186714°, Long. -102.094189°, elevation 1170 m above MSL)

² <https://data.nal.usda.gov/dataset/weighing-lysimeter-data-bushland-texas-maize-grain-datasets>

An official website of the United States government

³ Lat. 35.18613985°, Long. -102.0979187°

✓ بنا به اطلاعات ثبت شده تاریخ آغاز دوره کشت روز ۱۳۱ امسال میلادی و پایان آن ۲۸۵ ام سال میلادی بیان شده است.

۸/۳ ملاحظات سیستمی:

از آنجاکه داده‌های فواصل ۱۵ دقیقه‌ای هم برای داده هواشناسی و هم برای داده‌های تبخیر و تعرق و آبیاری و بارندگی موجود و دقیق‌تر بود از این داده‌ها به عنوان ورودی سیستم استفاده شد (حدود ۱۴۸۰۰ داده)؛ بنابراین لازم بود هنگام به کارگیری معادله پنمن مونتیت فائو برای این دوره زمانی کوتاه‌تر اصلاحاتی در روابط صورت پذیرد.

۱. بر اساس (Ayman A. Suleiman, 2009) رابطه تبخیر و تعرق مرجع و ضریب ثابت استفان – بولتزمن σ به صورت زیر اصلاح گردید:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{9.4}{T_{hr} + 273} U_2(e^{\circ}(T_{hr} - e_a))}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} mm\ hour^{-1}$$

رابطه ۱

۲.

$$\sigma = 5.107E - 11\ MJm^{-2}hour^{-1}$$

رابطه ۲

۸/۴ شاخص‌های آماری:

برای ارزیابی خروجی سیستم سما کنترل و مقادیر خروجی لایسمرهای توزین موردنظر بر اساس داده‌های یکسان هواشناسی ثبت شده در پایگاه داده معرفی شده از چهار شاخص آماری "ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)"، "ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE)"، میانگین مطلق خطا (MAE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده شد.

۸/۴/۱ ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)

ریشه میانگین مربعات خطا با رابطه ۳ بیان می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{act} - y_{pre})^2}{n}}$$

رابطه ۳

خطای جذر میانگین مربعات یا انحراف جذر میانگین مربعات (root-mean-square deviation (RMSD) یا (root-mean-square error (RMSE)) تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل یا برآوردگر آماری و مقدار واقعی است. RMSE ابزار خوبی است برای مقایسه خطاهای پیش‌بینی توسط یک مجموعه داده است. در اینجا تبخیر و تعرق واقعی حاصل شده از دیتای لایسیمتر به عنوان خروجی واقعی (y_{act}) و خروجی پیش‌بینی شده توسط سیستم سما (y_{pre}) به عنوان مقدار پیش‌بینی لحاظ شده است. n تعداد کل داده‌های مشاهده شده است.

بنا به فصل رشد تعیین شده در پایگاه داده موجود، در محل لایسیمتر SW کاشت محصول روز ۱۳۱ ام سال میلادی و روز برداشت روز ۲۸۵ ام سال میلادی بوده؛ بنابراین مقدار n برابر با ۱۵۵ روز به عنوان دوره کشت در نظر گرفته شد

هرچه میانگین مربعات خطا کمتر باشد، تناسب به مجموعه داده ها نزدیک تر است و هرچه این مقدار به صفر نزدیک تر باشد، خطای مدل کمتر و دقت مدل بالاتر می‌باشد. در اینجا RMSE دارای واحد میلیمتر بر روز است.

۸/۴/۲ ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE)

شاخص NRMSE، با توجه به نرمال سازی در حذف تأثیر دامنه داده‌های به کاررفته نقش دارد؛ بنابراین بدون واحد است.

$$NRMSE = \frac{RMSE}{y_{max} - y_{min}}$$

رابطه ۴

y_{max} : ماکزیمم خروجی واقعی^۱: 15.45643818 میلیمتر بر روز

y_{min} : مینیمم خروجی واقعی^۲: 0.446502195 میلیمتر بر روز

۸/۴/۳ میانگین خطای مطلق (mean absolute error – MAE):

یک معیار اندازه‌گیری خطاست که به صورت میانگین‌گیری از خطای مطلق محاسبه می‌شود. این ساده‌ترین معیار خطا است که در مسائل رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساساً MAE مجموع میانگین اختلاف مطلق بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی است. به بیان ساده‌تر، با کمک MAE می‌توان فهمید که پیش‌بینی‌ها چقدر اشتباه هستند. رابطه زیر فرمول محاسبه MAE است. در مبحث خطای‌های مدل MAE میانگین تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی شده بر روی تمام نمونه‌ها (n) است.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_{act} - y_{pre}|}{n}$$

رابطه 5

که در آن پارامترهای n ، y_{pre} و y_{act} همان پارامترهای تعریف شده در RMSE هستند. MAE مقدار تطابق با خطای میانگین را بررسی می‌کند. مقدار مطلوب برای MAE برابر صفر است.

^۱ بر اساس دیتا ثبت شده در پایگاه داده؛ اطلاعات شیت "2018 Maize Daily WBal" از فایل "2018_Maize_water_balance"

^۲ بر اساس دیتا ثبت شده در پایگاه داده؛ اطلاعات شیت "2018 Maize Daily WBal" از فایل "2018_Maize_water_balance"

۸/۴/۴ ضریب همبستگی R (Correlation Coefficient)

به طور کلی از معیار مربع R برای اهداف توضیحی استفاده می شود. این معیار یک نشانه ای از خوبی یا تناسب یک مجموعه از مقادیر خروجی پیش بینی شده با مقادیر خروجی واقعی ارائه می کند و قدرت و جهت یک رابطه خطی را بین دو متغیر بیان می کند.

R عددی است بین -۱ تا +۱ که همبستگی بین دو متغیر را نشان می دهد. اگر با افزایش یک متغیر، متغیر دیگر افزایش یابد، ضریب همبستگی مثبت و اگر با افزایش یک متغیر، متغیر دیگر تغییر نکند، ضریب همبستگی برابر صفر است. معیار فوق به صورت عبارت بدون بعد و از رابطه زیر حاصل می شود.

$$R = \frac{n(\sum y_{act} \times y_{pre}) - \sum y_{act} \times \sum y_{pre}}{\sqrt{[n \sum y_{act}^2 - (\sum y_{act})^2][n \sum y_{pre}^2 - (\sum y_{pre})^2]}}$$

رابطه ۶

همبستگی بالاتر از ۰.۸ معمولاً یک همبستگی قوی تخمین زده می شود. به همین نسبت همبستگی کمتر از ۰.۵ نیز عموماً یک همبستگی ضعیف تلقی می شود. البته این مقادیر می تواند بسته به نوع داده های مورد آزمایش و تحلیل تغییر کند.

۸/۴/۵ ضریب تعیین R² (Coefficient Of Determination)

ضریب تعیین یا ضریب تشخیص قدرت توضیح دهنده مدل را نشان می دهد. میزان ارتباط خطی بین دو متغیر را اندازه گیری می کند.

R² مربع ضریب همبستگی چندگانه و عددی بین ۰ تا ۱ خواهد بود. مواردی وجود دارند که تعریف محاسباتی R² بسته به تعریف استفاده شده قادر به تولید مقادیر منفی است (که مربوط به مبحث کنونی نمی باشد).

۸/۵ نتایج و بحث:

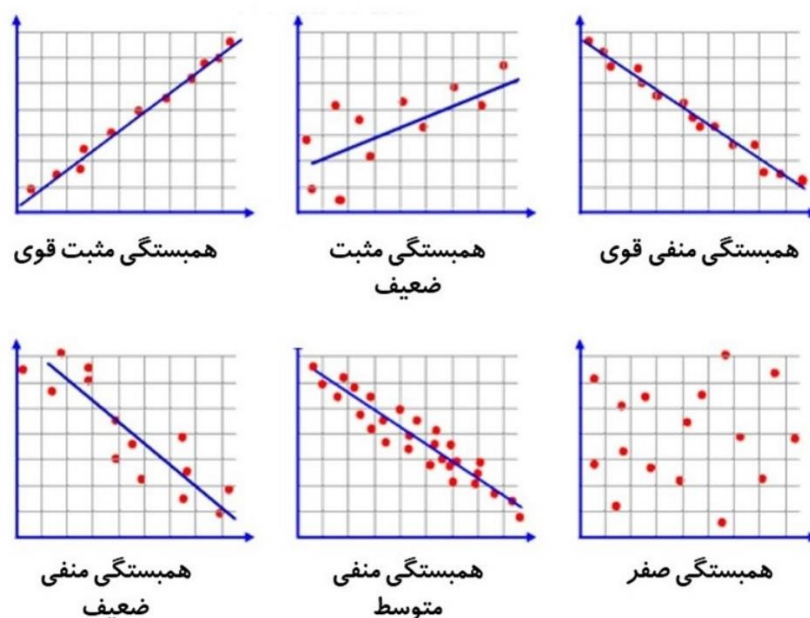
آنچه پس از دریافت نتایج پردازش سیستم به دست آمد به صورت زیر است:

R ²	R	(mm/day)MAE	NRMSE	(mm/day)RMSE
۰.۹۳۶۳	۰.۹۶	۰.۵۴	۰.۰۵۶	۰.۸۴

همان‌طور که قبلاً در مورد ضریب همبستگی توضیح داده شد این ضریب دو بخش دارد: مقدار عددی و علامت. مقدار عددی نشان می‌دهد چقدر رابطه خطی بین دو متغیر قدرتمند است. علامت نشان می‌دهد جهت این رابطه مثبت است یا منفی.

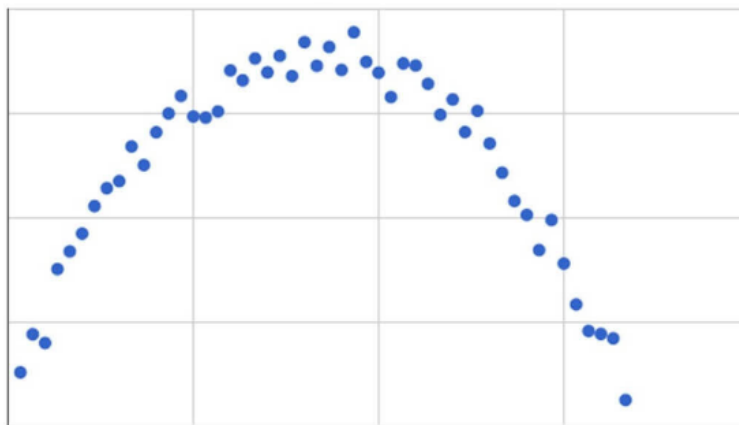
اگر ضریب همبستگی مثبت باشد، به این مفهوم است که افزایش در مقادیر یک متغیر با افزایش در مقادیر متغیر دیگر همراه است. همین‌طور کاهش در مقادیر یک متغیر با کاهش در مقادیر متغیر دیگر همراه است.

هرچه مقدار مطلق ضریب همبستگی (صرف‌نظر از علامت) به ۱ نزدیک باشد، نشان می‌دهد شدت رابطه خطی بین دو متغیر قوی‌تر است. در مقابل ضریب همبستگی نزدیک صفر نشان می‌دهد که رابطه خطی بسیار ضعیفی بین متغیرهای x و y برقرار است. در این حالت اگر نمودار پراکندگی دو متغیر رسم شود، این‌طور به نظر می‌رسد نقاط به شکل تصادفی در صفحه رسم شده‌اند.



شکل ۶ همبستگی و نمودارهای پراکندگی

اگر بین دو متغیر رابطه غیرخطی برقرار باشد، همچنان این امکان وجود دارد ضریب همبستگی نزدیک صفر باشد که نشان‌دهنده نبود رابطه خطی بین دو آن است. به همین دلیل در هنگام تحلیل بهتر است نمودار پراکندگی بین متغیرها رسم شود تا به وجود این روابط پی برد.

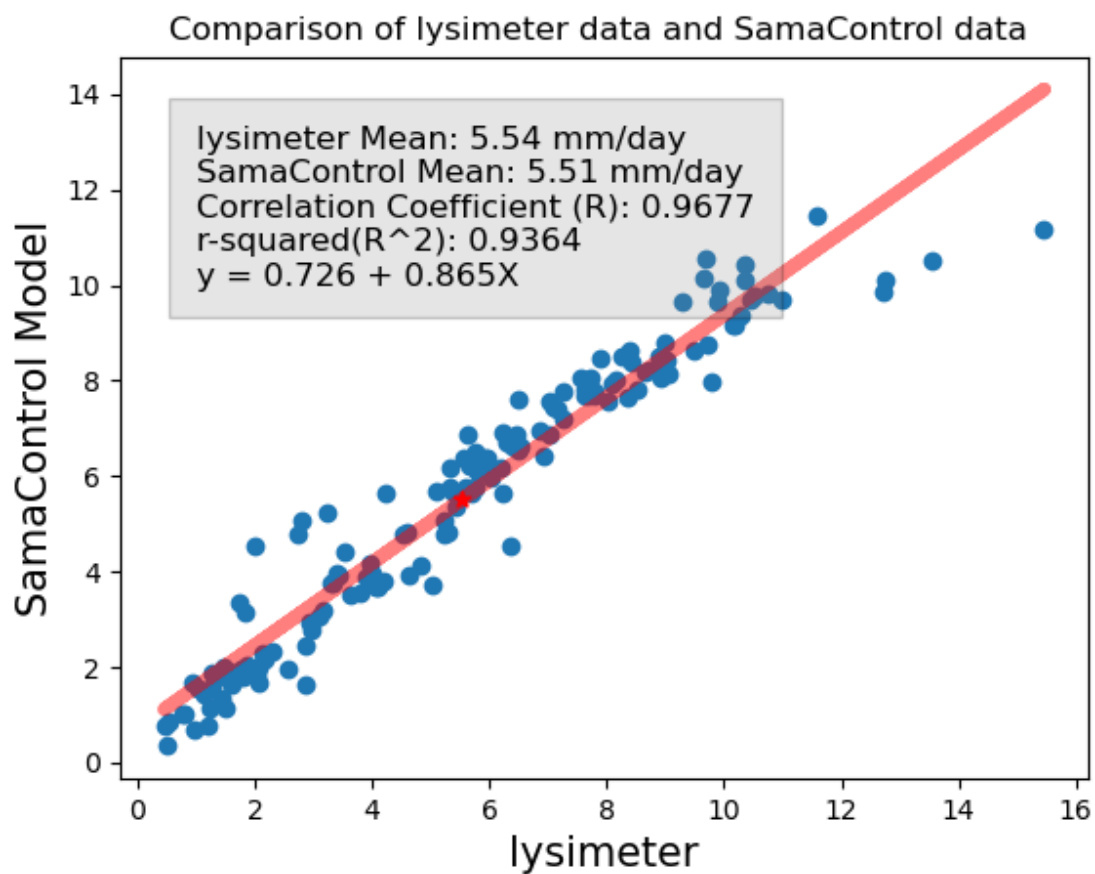


شکل ۷ وجود رابطه غیر خطی بین دو متغیر

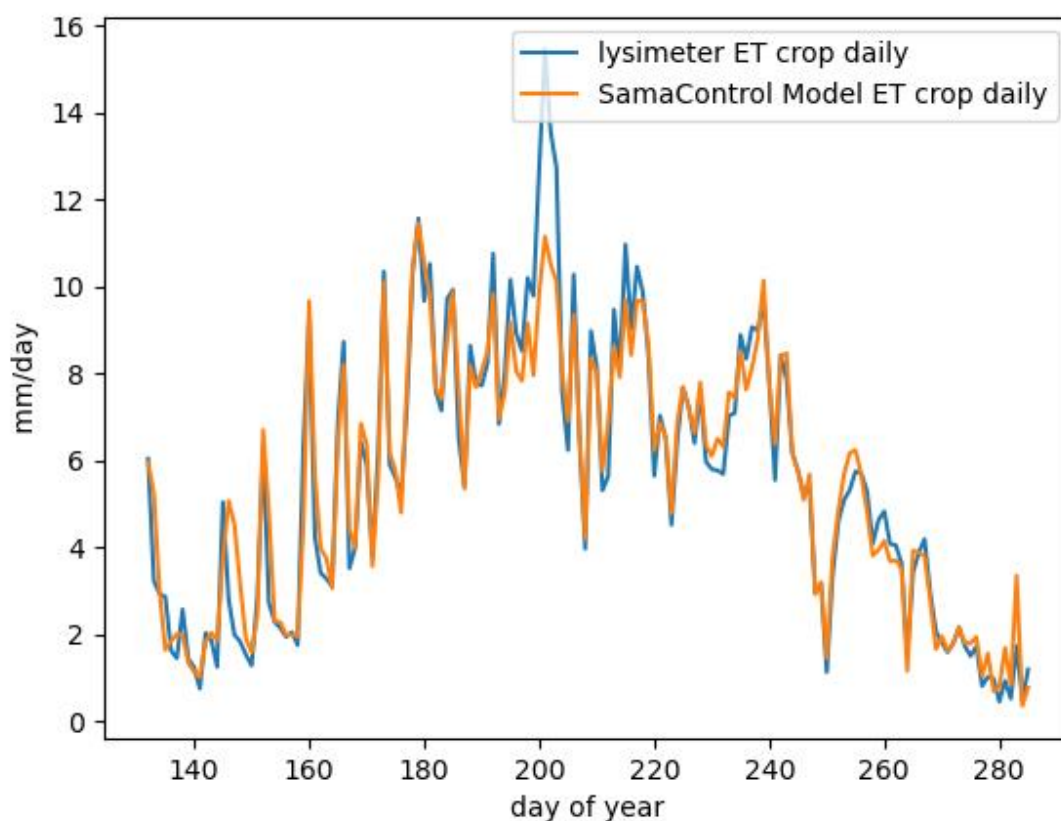
با توجه به مطالب بیان شده ضریب همبستگی R بین خروجی که از داده لایسمتری حاصل شده است با داده ای که از خروجی سیستم سما حاصل شده است مقدار ۰.۹۳۸۲ می باشد که با توجه به نمایش مقادیر، همبستگی مثبت و قوی با هم دارند و حدود ۹۴ درصد همبستگی بین دو خروجی وجود دارد.

ضریب تعیین R^2 درصدی از داده‌هایی که نزدیک خط بهترین برازش قرار گرفته‌اند را بیان می‌کند. هرچه بیشتر باشد داده‌های بیشتری به این خط نزدیک‌اند. در اینجا R^2 برابر ۸۸ درصد است و این بدان معناست که ۸۸ درصد از کل تغییرات در y_{pre} (خروجی سما) را می‌توان توسط رابطه خطی بین y_{pre} و y_{act} (خروجی لایسمتر) توسط رابطه رگرسیونی بیان می‌شود توصیف کرد.

ضریب تعیین چگونگی خوبی خط رگرسیون نشان‌دهنده داده‌ها را تخمین می‌زند. اگر خط رگرسیون به خوبی از همه نقاط روی نمودار تعاملی داده‌ها (Scatter Plot) عبور کرد می‌تواند همه تغییرات را توصیف کند. هرچه خط از نقاط دورتر شود قابلیت توصیف داده‌ها کمتر می‌شود. که در اینجا تغییرات به خوبی قابل توصیف خواهد بود.



شکل ۸: مقایسه خروجی داده لایسیمتر و خروجی سیستم سما



شکل ۹ مقایسه مقدار تبخیر و تعرق واقعی به دست آمده از لایسیمتر و خروجی سیستم سما در فصل رشد

بر اساس جدول ۳ مقدار آب مصرفی بر اساس داده های دیتا بیس موجود برای یک فصل رشد ذرت (۱۳۱ امین تا ۲۸۵ امین روز از سال میلادی) در محدوده SW مشخص شده مقدار ۸۶۲.۵۶ میلیمتر معادل ۸۶۲۵.۶ متر مکعب بر هکتار می باشد. این مقدار آب مصرفی بر اساس خروجی سیستم سما معادل ۸۱۷.۲۰ میلیمتر (۸۱۷۲ متر مکعب بر هکتار برای کل دوره رشد) می باشد و این نشان دهنده این است که خروجی حاصل ۵.۲۵ درصد تفاوت دارد.

جدول ۳ مقدار تبخیر و تعرق واقعی ذرت بر اساس خروجی لایسیمتر و سیستم سما

خروجی لایسیمتر (ETc میلیمتر بر روز)	خروجی سیستم سما (ETc میلیمتر بر روز)	روز از سال
10.18662354	6.470342098	131
6.044686875	5.96788496	132
3.23395218	4.84621858	133
2.92560858	2.611803876	134
2.862636552	1.371556767	135
1.61951913	1.482909517	136
1.445122215	1.674928014	137
2.56616577	1.535047583	138
1.43324145	1.010881346	139
1.23806313	0.871279009	140
0.751182228	0.7854997	141
2.02640553	1.338217642	142
1.855823175	1.408249961	143
1.250873694	1.333866694	144
5.040273492	3.555929646	145
2.802151935	5.084602744	146
1.98738576	5.069412209	147
1.826737155	4.35667892	148
1.530631935	2.133976923	149
1.275076282	1.491251983	150
2.872033879	2.25147164	151
6.2828982	6.718842484	152
2.722205115	5.440921263	153
2.290762485	3.322258305	154
2.141597295	2.57517234	155
1.936346153	1.977274921	156
2.046479652	1.723659031	157
1.747330731	1.507502963	158
6.37023573	3.965372909	159
9.29759265	5.9873332	160
4.232135115	5.278565355	161
3.412088159	4.21920097	162
3.283342785	2.902081449	163
3.1120452	2.016766045	164
6.90649929	5.547222781	165

8.725527855	7.725782015	166
3.519289215	4.303679217	167
3.988639035	2.860927973	168
6.43444749	6.14704684	169
5.911097805	5.432250746	170
3.79119582	2.734157483	171
6.207441435	4.806464452	172
10.35430524	9.130080182	173
5.91280641	6.116617217	174
5.597509185	5.199964698	175
5.209357837	3.883230073	176
7.262465288	5.70995741	177
10.34385494	9.043482489	178
11.57214326	11.02170294	179
9.6730884	10.00705657	180
10.51503332	9.575355458	181
7.611437925	7.012678015	182
7.15023378	6.154859064	183
9.719379675	8.463187463	184
9.9250083	8.495462123	185
6.503546655	6.545555913	186
5.41818513	4.816346582	187
8.64387243	7.259837091	188
7.78702689	6.795745005	189
7.72257672	6.925928937	190
8.24278734	7.416074912	191
10.76075456	8.739408291	192
6.843046469	6.207391401	193
8.02114551	6.722214541	194
10.15789514	8.172406303	195
8.9260704	7.239265825	196
8.515321758	7.08696808	197
10.20003808	8.238367686	198
9.789472215	7.142552502	199
12.72888473	9.056521379	200
15.45643818	10.22229965	201
13.54820454	9.864713999	202
12.73888206	9.654521193	203
7.558610243	7.733268878	204
6.239408243	6.636269349	205
10.28472926	8.739353035	206
6.52393071	6.393010007	207

3.97214901	3.995779222	208
8.976494115	7.81536764	209
8.151754455	7.782060332	210
5.31344367	5.473550871	211
5.635833592	6.731799148	212
9.466108785	8.049247289	213
8.098191675	7.550163452	214
10.96892622	8.73480237	215
9.03422907	8.01781198	216
10.45598711	8.864006829	217
9.87789451	8.780622801	218
8.402990913	8.197183973	219
5.64888654	5.967799281	220
7.031783745	6.659946966	221
6.498937395	6.232042588	222
4.51953837	4.576290286	223
6.46281828	6.635547495	224
7.677854978	7.384280861	225
7.236180585	6.87029718	226
6.39503037	6.272132692	227
7.617318705	7.312746318	228
5.97415725	6.151350024	229
5.79693915	5.680125206	230
5.767495515	6.221900818	231
5.69338974	6.073040093	232
7.027830113	6.936343785	233
7.09055181	6.969861661	234
8.88903738	7.844330426	235
8.337078495	7.184243493	236
9.066454155	7.5101535	237
8.99481195	7.944234169	238
9.66028181	9.028099099	239
7.786828215	7.40884629	240
5.545774215	6.294162913	241
8.43478686	8.075642522	242
7.885549823	8.226945896	243
6.183123615	6.346571769	244
5.757879645	5.979402765	245
5.21378829	5.383109854	246
5.365377315	6.014431641	247
2.964985965	3.103859025	248
3.157303365	3.435155275	249

1.131613065	1.544879285	250
3.34123668	3.84844386	251
4.59185607	4.839678601	252
5.090152837	5.658424787	253
5.322463515	6.257344113	254
5.75029026	6.865647798	255
5.69895264	6.784270515	256
5.289237108	6.188445199	257
4.08968514	5.186270403	258
4.629008295	5.605333082	259
4.8262131	5.984641214	260
4.080744765	5.333709621	261
4.048162065	5.307163019	262
3.62899755	4.943325385	263
1.492406865	1.263184428	264
3.427819245	4.481677986	265
3.87511614	4.792650502	266
4.18934052	4.993767382	267
2.949330375	3.727022954	268
2.05445844	2.225190587	269
1.809730575	2.538370062	270
1.591207942	2.070815666	271
1.80086967	2.294547426	272
2.16420651	2.679606074	273
1.72521423	2.183946031	274
1.50269823	2.119443319	275
1.720803645	2.227884213	276
0.8137728	1.152481738	277
1.021535195	1.69524616	278
0.98026245	0.487653948	279
0.446502195	0.495333476	280
0.93091158	1.011311779	281
0.519121881	0.527914095	282
1.72934667	1.766079645	283
0.490131225	0.241361368	284
1.185732135	0.896068226	285
862.5657509	817.2005706	جمع آب مصرفی (مترمکب) بر هکتار در فصل (رشد)

۸/۶ مراجع

1. Ayman A. Suleiman, G. H. (2009). A comparison of ASCE and FAO-56 reference evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 375 , 326-333.
2. Mario Co´rdova1, G. C.-R. (2015). Evaluation of the Penman-Monteith (FAO 56 PM) Method for Calculating Reference Evapotranspiration Using Limited Data. *Mountain Research and Development (MRD)*, 230 - 239.

۹ پیشنهاد اجرای عملیات

اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری را می‌توان در دو فاز اصلی تعریف کرد.

فاز اول:

- طراحی سامانه شامل تعیین محل قرارگیری تجهیزات و معماری شبکه ارتباطی
- انجام اندازه‌گیری‌های لازم دبی و نمونه‌برداری خاک

فاز دوم:

- راه‌اندازی سامانه نرم افزاری
- اجرای سامانه مدیریت هوشمند آبیاری شامل نصب تجهیزات سخت‌افزاری و الکترونیکی
- اجرای سامانه کنترل و مانیتورینگ و جمع‌آوری داده چاه‌های آب
- آبیاری بر اساس نیاز آبیاری دقیق و اجرای خودکار فرآیندهای آبیاری

۱۰ مدت اجرای پروژه، گارانتی و خدمات پس از فروش

مدت اجرای کل پروژه، چهار ماه کاری بعد از پیش پرداخت می باشد.

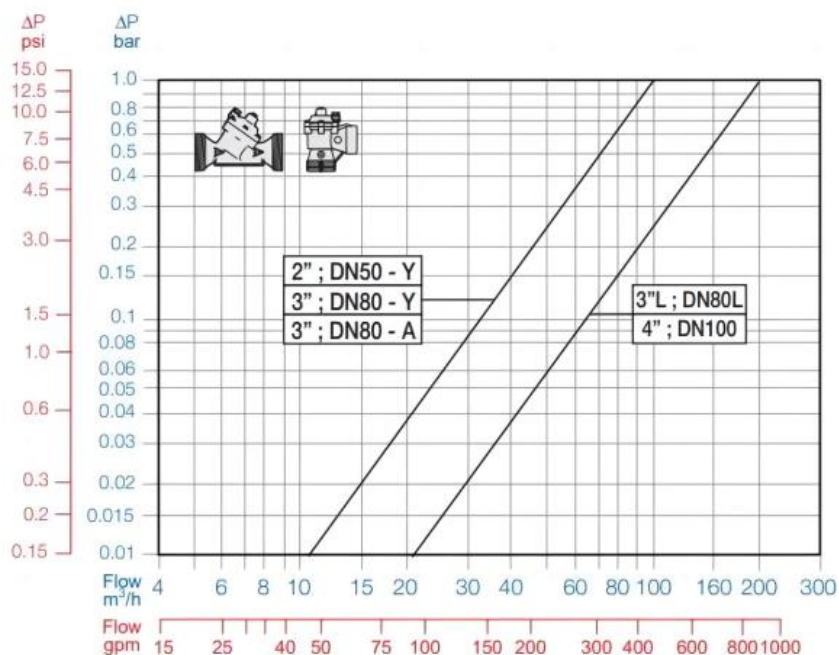
دستگاه های نصب شده توسط شرکت رایان آروین الگوریتم دارای ۱۸ ماه گارانتی هستند که در شش ماه اول، گارانتی به صورت تعویض می باشد. همچنین ۱۰ سال خدمات پس از فروش نیز خواهند داشت.

۱۱ لیست اقلام و قیمت

ردیف	شرح اقلام یا خدمات	قیمت واحد	تعداد	قیمت کل	توضیحات
۱	برد کنترل کننده «سما» دارای ورودی های آنالوگ جریانی	۱۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۵	۶,۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰	این دستگاه مجهز به باتری و سلول خورشیدی است. دارای پایه
۲	پرشر ترنسmitter	۴۵,۰۰۰,۰۰۰	۴	۱۸۰,۰۰۰,۰۰۰	کنترل فشار ایستگاه های فیلتراسیون
۳	کابل برق ۰.۷۵ * ۲ سیما	۱۳۰,۰۰۰	۵۰۰	۶۵,۰۰۰,۰۰۰	
۴	شیر ۴ اینچ برقی هیدرولیک	۱۶۵,۰۰۰,۰۰۰	۶۲	۱۰,۲۳۰,۰۰۰,۰۰۰	
5	شیر ۳ اینچ برقی هیدرولیک	115,000,000	4	460,000,000	
۶	لول سوئیچ	۳۰,۰۰۰,۰۰۰	۱	۳۰,۰۰۰,۰۰۰	
۷	هزینه طراحی سامانه هوشمندسازی و اتوماسیون	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰	
۸	هزینه نصب	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	
جمع کل				۱۹,۸۶۵,۰۰۰,۰۰۰	
نوزده میلیارد و هشتصد و شصت و پنج میلیون ریال					

۱۲ مشخصات فنی شیر برقی

Flow Chart



شکل ۱۰ نمودار دبی فشار شیرهای برقی



نحوه پرداخت

مرحله ۱: ۵۰ درصد مبلغ کل قرارداد به عنوان پیش پرداخت

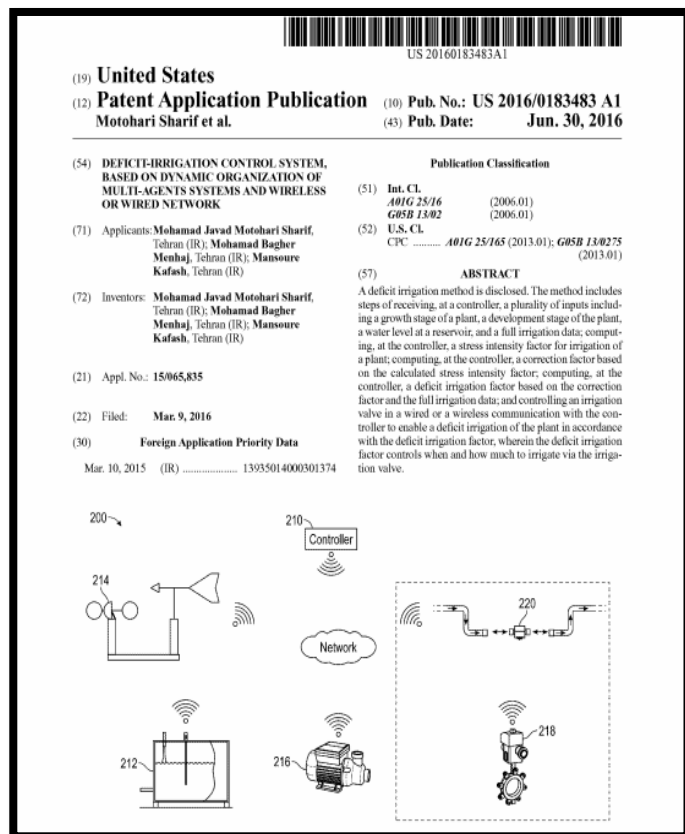
مرحله ۲: ۲۰ درصد مبلغ کل قرارداد بعد از تحویل تجهیزات

مرحله ۳: ۲۰ درصد مبلغ قرارداد بعد از نصب کامل تجهیزات و تحویل کل سامانه

مرحله ۴: ۱۰ درصد مبلغ کل قرارداد حسن انجام کار

۱۳ پیوست ۱: افتخارات شرکت رایان آروین الگوریتم

- ✓ ثبت اختراع سامانه مدیریت هوشمند آبیاری در داخل کشور
- ✓ ثبت اختراع سامانه مدیریت هوشمند آبیاری در کشور آمریکا
- ✓ تأییدیه سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
- ✓ مقالات علمی پژوهشی متعدد



۱۴ پیوست ۲: معرفی شرکت فنی مهندسی رایان آروین الگوریتم

شرکت فنی مهندسی

رایان آروین الگوریتم

ما تولیدکنندگان سامانه‌های کنترل هوشمند هستیم

که چکمه‌هایمان گلی است

الگوریتم (راهکار)	آروین (آزمون)	رایان (اندیشمند)
ارائه راه‌حل‌هایی نوآورانه	سال‌ها تجربه ارزشمند	دانش فنی - مهندسی قوی
در صنعت‌های گوناگون، مانند	در زمینه‌های اینترنت اشیا،	در حوزه‌های فناوری اطلاعات
آب، کشاورزی، آموزش و...	هوش مصنوعی، کنترل و...	و ارتباطات، مکاترونیک و...

شرکت «رایان آروین الگوریتم» با اتکای به خداوند متعال و به همت جمعی از دانش‌آموختگان و متخصصان حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات در سال ۱۳۹۵ تأسیس شده است. این شرکت، باتکیه بر دانش فنی و تجربه غنی چندین ساله اعضای خود

در زمینه‌های گوناگون فنی و مدیریتی، همواره پایش، شناسایی و تبیین صحیح و دقیق مهم‌ترین مسائل و چالش‌های داخلی و بین‌المللی و سپس ارائه راه‌کارهایی هوشمندانه، مبتکرانه، پیش‌دستانه و جامع برای رفع آن‌ها را سرلوحه خود قرار داده است.

بدین ترتیب، شرکت رایان آروین که گواهی دانش‌بنیان را نیز از سال ۱۳۹۶ از سوی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری دریافت کرده و همچنین دارای ثبت اختراع بین‌المللی در کشور آمریکا، سه گواهی ثبت اختراع داخلی و تائیدهای دانشگاه تهران و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران است، باقوت و سرعت به حرکت خود در جهت اهداف تعیین‌شده ادامه می‌دهد.

محصولات شرکت

❖ «سما»: سامانه مدیریت هوشمند کشاورزی - دستگاه‌های الکترونیکی

- ♦ مرکز کنترل - نسخه «شبیم» (پایه)
- ♦ توسعه‌دهنده - نسخه «رویش ۴۸۸»
- ♦ مرکز کنترل - نسخه «چشمه» (حرفه‌ای)
- ♦ توسعه‌دهنده - نسخه «رویش پیشرو ۴۸۸»
- ♦ مرکز کنترل - نسخه «باران» (آبفشان دوار - خطی)
- ♦ توسعه‌دهنده - نسخه «رویش ۴۴۸»
- ♦ مرکز کنترل - نسخه «پریار» (دامداری هوشمند)
- ♦ [در دست ساخت]

❖ «آی اندیش»: سامانه مدیریت هوشمند آموزش [محصول قبلی شرکت]

مجموعه محصولات «سما»

مدیریت	هوشمندی	پیش
کنترل کارآمد و	بهینه‌سازی مصرف	افزایش قدرت
خودکار سامانه‌ها	منابع ارزشمند	تحلیل مدیریتی

محصول اصلی دانش‌بنیان شرکت که در سال‌های اخیر توسعه دیده‌شده و ثبت و تأیید اختراع آن در آمریکا و ایران به انجام رسیده است، «سما» نام دارد. این محصول، یک پلتفرم مبتنی بر «اینترنت اشیای صنعتی» (IIoT: Industrial Internet of Things) و «هوش مصنوعی اشیاء» (AIoT: Artificial Intelligence of Things) است و با ترکیب توانمندهای فناورانه لبه دانش در حوزه‌های سخت‌افزار، نرم‌افزار، خدمات ابری، هوش مصنوعی و علم داده، یک سامانه هوشمند جهت کنترل، برنامه‌ریزی، تحلیل و پایش از راه دور محسوب شده و به سمت «اینترنت اشیای ۲/۰» (IoT 2.0) در حرکت است.

این پلتفرم به نحوی طراحی و پیاده‌سازی شده است که در عین قدرت و پایداری بالا، بسیار منعطف بوده و در بسیاری از حوزه‌های گوناگون صنعت، کشاورزی و خدمات قابل استفاده و سفارشی‌سازی است؛ اما به دلایلی چون بحران آب و محیط‌زیست در ایران و دنیا، خودکفایی و امنیت غذایی، سهم بالای اشتغال در بخش کشاورزی، حضور کم فناوری‌های نوین این حوزه در کشور و... تصمیم شرکت بر اولویت کنونی استفاده این محصول به طور ویژه در زمینه‌های مرتبط با مدیریت انتقال آب، آبیاری و کشاورزی هوشمند بوده که آن را در چندین نسخه برای اجرای پروژه‌های گوناگون عرضه کرده است.

مهم‌ترین ویژگی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری «سما کنترل»

- ✓ طراحی و پیاده‌سازی سخت‌افزار، نرم‌افزار و شبکه در سطح فنی صنعتی، اما در سطح قیمتی اقتصادی
- ✓ هزینه و مشکلات کم، با ترکیب هوشمندانه حسگرهای سخت و نرم (خدمات هواشناسی و ماهواره‌ای برخط)
- ✓ پایش و مدیریت بهینه منابع از طریق کنترل هوشمند و یکپارچه فرایندها روی انواع تجهیزات و دستگاه‌ها
- ✓ نرم‌افزار ابری با امکانات متنوع و غنی برای کاربران حرفه‌ای و محیط گرافیکی ساده برای کاربران عمومی

پروژه‌های در حال اجرا با «سما»

- ◆ سامانه مدیریت هوشمند آبیاری و کودآبیاری زیرسطحی، مزرعه تحقیقاتی «سازمان انرژی اتمی» [البرز، ساوجبلاغ]
- ◆ سامانه مدیریت هوشمند ایستگاه‌های انتقال آب، تصفیه‌خانه مرکزی «آستان قدس رضوی» [خراسان رضوی، مشهد]
- ◆ سامانه مدیریت هوشمند آبیاری و کودآبیاری زیرسطحی، باغ هلو در مزرعه نمونه «آستان قدس رضوی» [خراسان رضوی، مشهد]
- ◆ سامانه مدیریت هوشمند آبیاری آب‌فشان دوار (Center Pivot)، کشت و صنعت تهران هولدینگ مزارع نوین ایرانیان «سازمان اتکا» [تهران، منطقه عباس‌آباد]
- ◆ سامانه مدیریت هوشمند آبیاری قطره‌ای، «باغ نمونه فدک» [خراسان جنوبی، بشرویه]
- ◆ مطالعات هوشمندسازی آبیاری و کودآبیاری، بوستان‌های بانوان، ایران‌زمین و هنرمندان [تهران، مناطق ۱۸، ۲ و ۶ «شهرداری تهران»]
- ◆ مطالعات هوشمندسازی آبرسانی و آبیاری آب‌فشان دوار، کشت و صنعت شمال شرق هولدینگ مزارع نوین ایرانیان «سازمان اتکا» [خراسان رضوی، عباس‌آباد]
- ◆ مطالعات هوشمندسازی آبرسانی و آبیاری، پروژه آراز ۳ «قراگاه سازندگی خاتم‌الانبیا صلی‌الله‌علیه و آله» [آذربایجان شرقی، منطقه ارس]
- ◆ مطالعات هوشمندسازی آبیاری، باغ‌های پسته «کمیتة امداد امام خمینی رحمت‌الله‌علیه» [کرمان، رفسنجان]

سرمایه انسانی

مشاوران ارشد

پروفسور محمدباقر منهاج

❖ رئیس هیئت مدیره و مشاور در زمینه های فناوری های بالا

◆ استاد تمام دانشگاه صنعتی امیرکبیر

◆ دانشمند برتر رشته برق جهان در سال ۲۰۰۴

◆ مؤلف کتب مرجع در حوزه هوش مصنوعی و مهندسی کنترل

محمدعلی رحیمزاده

❖ مشاور در زمینه های فنی

◆ بیش از ۱۴ سال فعالیت در زمینه طراحی معماری و پیاده سازی سامانه های نرم افزاری و سخت افزاری، امنیت نرم افزار و...

نیروهای ارشد

محمدجواد مطهری شریف

❖ مؤسس و مدیر اجرایی و فنی

- ◆ بیش از ۱۰ سال فعالیت در زمینه اینترنت اشیا، کنترل و هوش مصنوعی
- ◆ مؤسس و مدیرعامل سابق شرکت «مولد علم» در پارک علم و فناوری دانشگاه تهران
- ◆ دانشجوی دکترای مهندسی برق - کنترل
- ◆ ارشد مهندسی برق - مکترونیک
- ◆ مهندسی کامپیوتر - نرم افزار

منصوره کفاش

❖ مؤسس و مدیر تحقیق و توسعه

- ◆ ارشد مهندسی برق - مکترونیک
- ◆ کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک

سهیل تقوی

❖ مدیر ارتباطات بازاریابی

- ◆ مشاور سابق کسب و کار پیام رسان بله
- ◆ مدیر سابق ارتباطات بازاریابی شرکت بیان
- ◆ ارشد ارتباطات اجتماعی
- ◆ مهندسی کامپیوتر - نرم افزار

مرتضی مطهری شریف

❖ مدیر مالی و بازرگانی

- ◆ بیش از ۱۵ سال فعالیت در حوزه فروش و بازاریابی

علیرضا رضازاده

❖ مدیر توسعه نرم افزار

- ◆ کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - نرم افزار
- ◆ مهندسی فناوری اطلاعات

مهران معروفی

❖ مدیر توسعه سخت افزار

- ◆ کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک

امیر محمدی لسکوکلایی

❖ مدیر اجرایی



توانمندی‌ها و تجربیات شرکت

- ❖ کشاورزی، آبیاری و دامداری هوشمند
- ❖ اینترنت اشیا
- ❖ الکترونیک دیجیتال و الکترونیک صنعتی
- ❖ برق قدرت و الکترونیک قدرت
- ❖ سامانه‌های کنترل هوشمند
- ❖ سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی
- ❖ سامانه‌های شناختی (Cognitive Systems)
- ❖ سامانه‌های هوشمند منازل و ساختمان‌ها
- ❖ سامانه‌های روشنایی هوشمند
- ❖ سامانه‌های حفاظت الکترونیکی و امنیتی
- ❖ شبکه‌های حسگر بی‌سیم
- ❖ ابزار دقیق
- ❖ نرم‌افزارهای تحت وب
- ❖ آموزش الکترونیک و یادگیری هوشمند
- ❖ بسترهای باز (Open Platforms)
- و...

فناوری‌ها و ابزارهای اصلی مورد استفاده

فناوری‌های کشاورزی (AgTech)

فناوری ویژه «سما کنترل» در آبیاری هوشمند (کم‌آبیاری تنظیم‌شده) [ARIOT: Advanced Regulated Irrigation using Integrated Outstanding Technologies] / آبیاری دقیق / کشاورزی دقیق / سنجش ازدور ماهواره‌ای / هواشناسی کشاورزی

برق قدرت و کنترل

Electro pump / Electro valve / Variable-voltage/adjustable-frequency inverter drive / / PID Controller / RS485 / RS232 / Modbus / کنترل پیشرفته و تطبیق‌پذیر

سامانه‌های هوشمند (Intelligent Systems)

MATLAB / Python / کنترل‌گر فازی / شبکه عصبی / یادگیری ماشین /

اینترنت اشیا

MQTT / FOTA / Android / Ubuntu Core

مخابرات

NB-IoT / GSM / Zigbee (IEEE 802.15.4) / BLE / Wi-Fi (IEEE 802.11) / GNSS

سخت‌افزار رایانه

Programmable System on a Chip / ARM Cortex-M / ریزتراشه / ریزپردازنده / ریز کنترل‌گر /

نرم‌افزار سمت کارساز (Server side)

Java / PHP / NodeJS / Python / MySQL / MongoDB / Graylog / Elasticsearch



نرم افزار سمت کارخواه (Client side)

AngularJS / QT / Android / React Native



تماس با ما



Rayan Arvin Algorithm Inc.

Apt. 313, 2nd Floor, Shahab 3 Bldg.
Sth. of Shahid Navvab Safavi Sbwy Sta.
Jomhuri Eslami Sq.
TEHRAN, TEHRAN, I. R. IRAN.

شرکت رایان آروین الگوریتم

ایران، تهران،
میدان جمهوری اسلامی،
جنوب ایستگاه متروی شهید نواب صفوی،



رايان آروين الكورنم پيشنهاده اجراي سامانه مديريت هوشمند آبياري باغ الكوبي جهاد كشاورزي بيرجند

برج شهاب ٣، طبقه دوم، شماره ٣١٣

(+9821) 6638 1228

١٢٢٨ ٦٦٣٨ (+٩٨٢١)

SamaControl.com

Sales@SamaControl.com

