

اتوماسیون و کاربرد حسگرهای دی الکتریک در سیستم آبیاری قطره‌ای

حسین دهقانی سانج و مهدی اکبری^۱

چکیده

برنامه‌ریزی در سیستم آبیاری قطره‌ای بر اساس فاکتورهای اقلیمی بوده و از محلی به محل دیگر متفاوت می‌باشد. در کاربرد یک سیستم آبیاری قطره‌ای، تامین رطوبت مورد نظر در خاک اهمیت بالایی دارد. در اینجا یک کنترل دقیق با استفاده از یک سیستم اتوماسیون و در نتیجه برگشت اطلاعات از مزرعه به سیستم قابل دستیابی می‌باشد. سیستم کنترل طراحی شده بایستی توانایی عکس العمل در مقابل تغییرات کم و سریع رطوبت خاک، آب گیاه و یا تبخیر و تعرق را داشته باشد. به همین منظور یک سیستم اتوماسیون می‌بایستی برای مانیتور کردن رطوبت خاک، حجم آب، آبدهی، فشار کارکرد سیستم، سرعت باد، درجه حرارت، میزان تشعشع خورشیدی، بارندگی و... مجهز به سنسورهای اندازه‌گیری باشد. اطلاعات جمع‌آوری شده در کارکرد پمپ، مدیریت آبیاری، شیرهای کنترل فشار، دستگاههای تزریق و... موثر می‌باشد. کنترلر به عنوان قلب سیستم اتوماسیون است که اطلاعات رسیده از حسگرها را دریافت کرده و با محدوده های مورد نظر مقایسه و سپس فرمان‌های لازم برای شیرها، تزریق کننده‌ها، پمپ‌ها و ... را صادر می‌نماید. از مهمترین اجزاء اتوماسیون در سیستم آبیاری قطره‌ای، حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت در خاک است که دقت، کاربردی بودن، طول عمر و تعداد مورد نیاز آن برای مانیتور کردن رطوبت بایستی مورد توجه قرار گیرد. اهداف این مطالعه عبارت است از ۱- بررسی مزایای اتوماسیون در سیستم آبیاری قطره‌ای، ۲- معرفی انواع سیستم اتوماسیون در آبیاری قطره‌ای، شرایط کاربرد، اجزای مورد نیاز و اصول کارکرد آنها، ۳- بررسی انواع حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت در خاک و ۴- ارائه اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب یک سیستم اتوماسیون مناسب.

کلمات کلیدی: اتوماسیون، حسگرها و آبیاری قطره‌ای.

مقدمه

آبیاری یکی از قدیمی‌ترین فناوری شناخته شده در کشاورزی است. اما تکامل در عملیات آبیاری و روشهای آن هنوز ادامه دارد. حتی در آینده بعلت افزایش رقابت در استفاده از منابع محدود آب، نیاز بیشتری به پیشرفت و

^۱ - اعضاء هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تکامل آن احساس می‌شود. آبیاری قطره‌ای از جمله روش‌های آبیاری نوین است که در سالهای اخیر جایگاه ویژه‌ای بین کشاورزان پیدا کرده است. در این روش آبیاری آب مورد نیاز بجای اینکه برای سطح زیر کشت تأمین گردد، برای هر بوته و یا درخت بطور جداگانه محاسبه و در اختیار قرار داده می‌شود. بنظر می‌رسد که این روش آبیاری بتواند در آینده تا اندازه‌ای جوابگوی مسئله کم آبی در کشاورزی باشد. بخصوص اینکه در روش مذکور همچون سایر روشهای آبیاری تحت فشار انتقال و جابجایی آب در سطح مزرعه توسط لوله صورت می‌گیرد و از تلفات انتقال جلوگیری می‌شود.

روش آبیاری قطره ای با توجه به مزایای خود در مقایسه با سایر سیستم های آبیاری (یکنواختی توزیع آب، کاهش تبخیر از سطح خاک، حذف رواناب از سطح مزرعه، افزایش کارایی مصرف آب و ...)، این امکان را به بهره بردار می‌دهد تا بتواند با مدیریت مناسب آب مورد نیاز را با بیشترین راندمان مورد استفاده قرار دهد. لیکن، تحقق این امر نیاز به مدیریت‌های بالا در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از این سیستم دارد. این سیستم در مزارع نسبتاً بزرگ با محدودیت‌هایی مواجه می‌باشد که از آن جمله می‌توان به تغییرات فشار در شبکه توزیع آب اشاره داشت. این مهم می‌تواند باعث شود قطعات زراعی تحت آبیاری به اندازه مشابه و برنامه‌ریزی شده آب دریافت نکنند. این امر باعث می‌گردد تا اهدافی که سیستم آبیاری قطره‌ای با توجه به آنها طراحی و اجرا گردید است، تحقق نیابد.

نیاز آبی مورد استفاده در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کشور عموماً بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی و اطلاعات عمومی از گیاهان تحت آبیاری می‌باشد و برنامه‌ریزی آبیاری نیز بر اساس همان اطلاعات تهیه و تنظیم و به بهره‌بردار آموزش داده شده است. این در حالی است که اطلاعات هواشناسی در سالهای مختلف تغییراتی را از خود نشان می‌دهد و نیز وارپته های گیاهی دارای اختلافاتی در خصوص نیاز آبی می‌باشند. با توجه به تاریخ کشت و نیاز آبیاری و در نتیجه برنامه ریزی آبیاری، نیاز به بهینه کردن دارد. این مسایل می‌تواند باعث کاهش عملکرد واقعی سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت به عملکرد طراحی شود. در این خصوص اتوماسیون سیستم آبیاری می‌تواند تا حد قابل توجهی تغییرات مذکور را پوشش داده و عملکرد واقعی سیستم را بهبود بخشد. هدف از این مقاله ۱- بررسی مزایای اتوماسیون در سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سیستم‌های متداول آبیاری قطره‌ای، ۲- معرفی انواع سیستم اتوماسیون در آبیاری قطره‌ای، شرایط کاربرد، اجزای مورد نیاز و اصول کارکرد آنها، ۳- بررسی انواع حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت در خاک و ۴- ارائه اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب یک سیستم اتوماسیون مناسب می‌باشد.

مزایای اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای

اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای سال‌ها است که در بسیاری از کشورها توسعه یافته است، لیکن این امر در کشور ایران نسبتاً جدید می‌باشد. کشاورزان به سبب تمایل به سرمایه‌گذاری کمتر، عموماً سیستم‌های غیر اتوماتیک و یا نیمه اتوماتیک را در آبیاری ترجیح می‌دهند. این در حالی است که این سیستم‌ها نیاز به توجه بیشتری در زمان بهره‌برداری دارند. از دلایل لزوم توسعه اتوماسیون در ایران و یا سایر کشورها می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- باز و بسته کردن دستی شیرفلکه‌ها محدود شده و مدیریت آبیاری با دقت بیشتری صورت می‌گیرد.

- امکان اجرا و کاربرد سیستم های پیشرفته و تکنولوژی های جدید در آبیاری بوجود می آید.
- تغییر و بهینه کردن دور آبیاری و کاربرد کود در دوره های زمانی مختلف که باعث بهبود راندمان کاربرد آب و کود می شود.
- کاربرد آب از منابع مختلف با راندمان بالا امکان پذیر می شود.
- آبیاری در شب با دوره های زمانی مختلف امکان پذیر می شود.
- امکان بهینه کردن مصرف انرژی با توجه به کنترل قدرت پمپ بر اساس فشار مورد نیاز و روشن و خاموش کرد به موقع پمپ فراهم می شود.

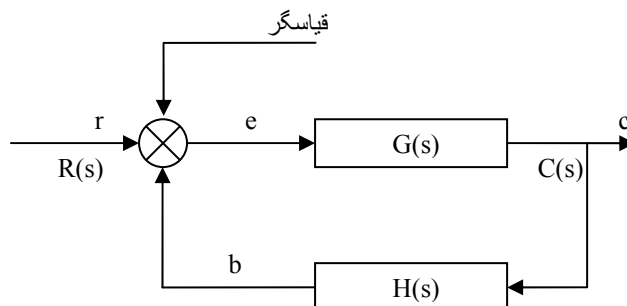
سیستم کنترل اتوماسیون

در سیستم آبیاری قطره ای با کاربرد آب بطور مستقیم در نزدیکی گیاه و محیط ریشه اولین قدم به سوی اتوماسیون سیستم آبیاری می باشد. سیستم های کنترل به دو دسته قابل تقسیم بندی هستند: ۱- سیستم های کنترل یک طرفه و یا بدون عکس العمل و ۲- سیستم های کنترل لوپ و یا با عکس العمل. در سیستم های کنترل یک طرفه، سیستم با یک فرمان ورودی $R(s)$ فعال می گردد (شکل ۱). در این سیستم امکان کنترل، نظارت و تغییر سیستم وجود نداشته و هیچ تمهیداتی برای جبران عملکرد نامناسب اجزای سیستم آبیاری وجود ندارد. سیستم بر اساس یک سری فرضیات از پیش تعیین شده مانند شروع بکار سیستم پمپاژ در یک زمان معین و یا باز شدن شیرفلکه ها برای عبور حجم مشخصی از آب عمل می کند. در این سیستم عوامل متغییر مزرعه ای مانند میزان رطوبت در خاک و یا بارندگی تاثیری بر روی کارکرد سیستم و تغییر برنامه آبیاری ندارند.



شکل ۱: سیستم کنترل یک طرفه

یک سیستم لوپ با حداقل دو فرمان عمل می کند (شکل ۲). فرمان اول (ورودی) که باعث فعال شدن سیستم می شود و فرمان دوم که از خروجی سیستم می آید. فرمان دوم این امکان را به سیستم می دهد تا نسبت به اصلاح عملکرد خود به شرحی که در زیر آمده است، اقدام کند. سیگنال خروجی C بوسیله یک حسگر $H(s)$ اندازه گیری شده و سیگنال عکس العمل b را تولید می کند. قیاسگر سیگنال b را با سیگنال ورودی r مقایسه کرده و سیگنال عملیاتی e را ایجاد می کند که معرف اختلاف بین r و b می باشد. سیگنال e سیستم را فعال نموده و خروجی C را با هدف کاهش خطا تولید می کند. در یک سیستم لوپ، میزان رطوبت خاک، تبخیر و تعرق گیاه، شرایط اقلیمی و ... با حسگرهایی اندازه گیری شده و میزان و یا مدت زمان آبیاری تعیین می شود. برای هر دو سیستم یک طرفه و لوپ روش های کنترل مختلفی بر اساس زمان، حجم و رطوبت خاک تعریف و تعیین گردیده است. عکس العمل



شکل ۲: سیستم کنترل لوپ

سیستم به عنوان یک عامل کنترل کننده بوده و میتواند بر اساس سیستم های مختلف فیزیکی و بیولوژیکی به سیستم منتقل شود که بعضی از آنها در زیر تشریح می گردند:

سیستم اتوماسیون آبیاری قطره ای بر اساس زمان:

در این سیستم مدت زمان کارکرد سیستم با توجه به حجم آب آبیاری که بایستی از سیستم عبور کند و متوسط آبدهی پمپ تعیین می گردد. مقدار نیاز آبی با توجه به نوع گیاه، مرحله رشد، شرایط اقلیمی و مراحل حساس رشد و ... تعیین و سپس بر اساس حجم آبی که روزانه بایستی توسط سیستم پمپ شود، مدت زمان کارکرد روزانه سیستم تعیین می شود. در این سیستم برنامه ریزی آبیاری محدود به روشن و خاموش کردن سیستم کنترل مبتنی بر مدت زمانی مشخص (به عنوان یک متغیر) می باشد. در این سیستم کامپیوتر، میکرو کامپیوتر و یا کنترلر برنامه ریزی شده است تا میزان آبدهی، فشار و ... را کنترل کند. این نوع سیستم نسبتاً ساده و اقتصادی بوده و قابلیت برنامه ریزی برای هر زمانی از روز را دارد. کنترلر به عنوان قلب سیستم بوده و قابلیت برنامه ریزی مختلف برای هر یک از روزهای هفته و در طول ۲۴ ساعت روز را دارد. این سیستم می تواند دارای چندین کنترلر جانبی بوده که هر یک تعدادی شیر را کنترل کند. با افزایش کنترل های جانبی سیستم پیچیده تر شده و هزینه آن نیز به همان نسبت افزایش می یابد.

سیستم اتوماسیون آبیاری قطره ای بر اساس حجم:

شیرهای کنترل حجمی برای توزیع یک حجم آب مشخص برای هر قطعه تحت آبیاری بکار میرود. این شیرها در ابتدای هر قطعه تحت آبیاری نصب شده و به خط لوله اصلی متصل می باشند. در این سیستم تمام شیرهای کنترل به یکدیگر متصل بوده و معمولاً در زمانی که یک شیر باز است، شیرهای دیگر بسته بوده و با بسته شدن آن شیر بعدی باز می شود. خاموش شدن پمپ می تواند بر اساس بسته شدن آخرین شیر کنترلی موجود در سیستم تنظیم گردد. شیرهای کنترلی بصورت اتوماتیک و بعد از عبور حجم مشخصی از آب بسته می شوند. مقدار آب مورد نیاز برای هر قطعه بصورت دستی تنظیم می شود و هیچ گونه سیگنالی برای کنترل آبیاری به سیستم ارسال نمی گردد.

سیستم اتوماسیون آبیاری قطره ای بر اساس رطوبت خاک: یک سیستم اتوماسیون آبیاری قطره ای بر اساس رطوبت خاک از نوع سیستم لوپ می باشد. این سیستم قادر است که با کنترل تغییرات رطوبتی خاک باعث عملکرد

بالای محصول برای بهره برداران شود. حسگرهای رطوبت خاک به کامپیوتر یا میکرو کامپیوترهایی متصل هستند که بر اساس یک پارامتر مانند رطوبت خاک عمل می نمایند. برای اندازه گیری و ثبت تغییرات رطوبتی خاک، حسگرهای متنوعی ابداع و مورد استفاده می باشند که در ادامه تشریح می گردند.

انواع حسگرهای اندازه گیری رطوبت در خاک

تانسیومتر عقربه ای و الکترونیکی

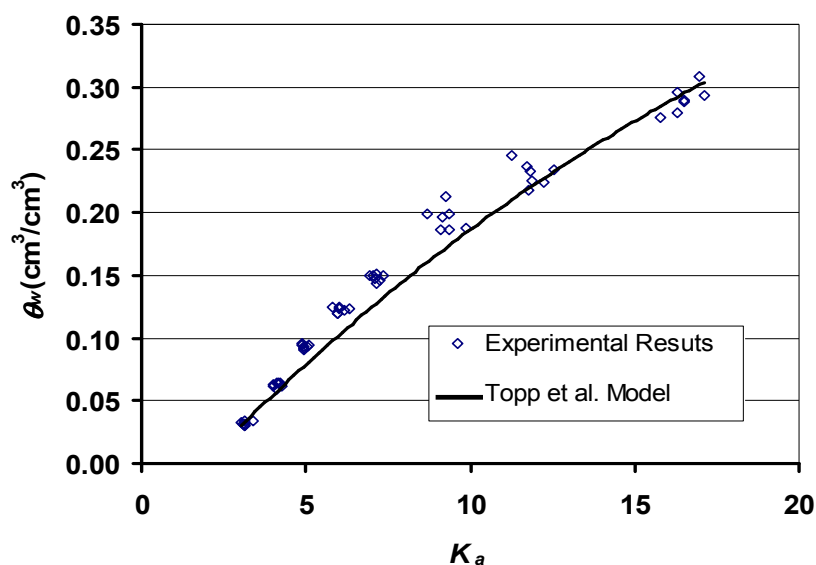
کاربرد تانسیومتر اصولاً محدود است به دامنه کارکرد آن که در حدود ۶۰-۸۰ سانتی بار می باشد. کاربرد تانسیومتر نیاز به مدیریت و کنترل دقیق آنها دارد.

حسگرهای با مقاومت الکتریکی

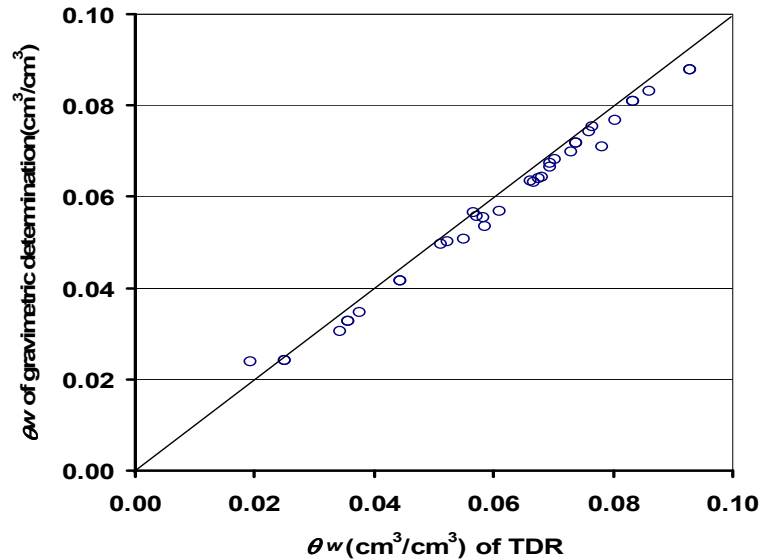
مقاومت الکتریکی این حسگرها با تغییر رطوبت خاک تغییر می کند. مدارهای خاصی برای ارتباط این حسگرها به کنترلرهای آبیاری نیاز است. حسگرها نیاز به بازدید دوره ای و کالیبره شدن در مقایسه با تانسیومتر دارند.

حسگرهای دی الکتریک

این حسگرها ضریب ثابت دی الکتریک را در محیط خاک اندازه گیری می کنند. خروجی حسگر بر حسب ولت بوده و برای ارتباط به کنترلرها نیاز به مدارهای مخصوص دارند. این حسگرها در سطح وسیعی مورد استفاده هستند و قیمت آنها نسبتاً پایین و به آسانی در دسترس می باشند. شکل ۳ رابطه بین ثابت دی الکتریک (K_a) و رطوبت خاک (θ_w) را برای یک خاک شنی نشان می دهد ($R^2 = 0.99$). در این شکل نتایج یک تحقیقات مزرعه ای بر روی کاربرد حسگرهای دی الکتریک برای ثبت تغییرات میزان رطوبت در خاک شنی در مقایسه با مدل تاپ و همکاران (۱۹۸۰) ترسیم گردیده است. این حسگرها در شرایط کاربرد آب های غیر شور با دقت بالایی مقدار رطوبت خاک را اندازه گیری و به کنترلرها ارسال می دارند (شکل ۴).

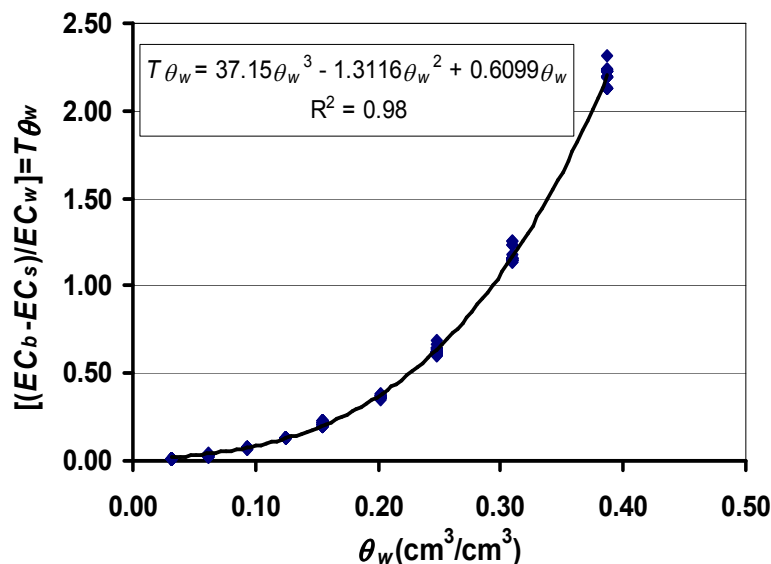


شکل ۳: رابطه بین ثابت دی الکتریک (K_a) و رطوبت خاک (θ_w)



شکل ۴: تغییرات رطوبت خاک اندازه‌گیری شده توسط یک حسگر دی الکتریک (θ_{w-TDR}) و اندازه‌گیری مستقیم از نمونه خاک (θ_w)

بعضی از انواع جدید این حسگرها در مقابل تغییرات کیفیت آب از خود حساسیت نشان نمیدهند و بعضی دیگر قابلیت اندازه‌گیری توام رطوبت و شوری را در خاک دارند. این حسگرها برای کاربرد در شرایط کاربرد آب شور که بایستی آبشویی خاک نیز در برنامه ریزی آبیاری وارد شود، مناسب تر میباشند. شکل شماره ۵ رابطه بین رطوبت خاک با اندازه‌گیری مستقیم از نمونه خاک و خروجی اندازه‌گیری شده توسط یک حسگر دی الکتریک را در شرایط کاربرد آب شور نشان می‌دهد.



شکل ۵: رابطه بین رطوبت خاک با اندازه‌گیری مستقیم از نمونه خاک (θ_w) و خروجی اندازه‌گیری شده توسط یک حسگر دی الکتریک ($T\theta_w$)

کاربرد حسگرها در سطح مزرعه

کنترل بوسیله دو حسگر

در این روش، یک حسگر در محیط ریشه گیاه قرار می‌گیرد که باعث باز شدن جریان آب می‌شود و حسگر دوم در ناحیه خارجی محیط خیس شده قرار گرفته و به عنوان یک عامل برای بسته شدن جریان عمل می‌کند. علی‌الرغم سادگی ظاهری سیستم، شروع بکار آن نسبتاً مشکل بوده چرا که بایستی میزان ظرفیت مورد نیاز سیستم در حد فاصل بین دو حسگر در کنترلر محاسبه و جریان یابد.

کنترل بوسیله یک حسگر

در این حالت تنها یک حسگر در محیط ریشه قرار گرفته و به باز و بسته شدن سیستم فرمان می‌دهد. محل قرار گرفتن حسگر و به عبارتی حجم خیس شده خاک مدت زمان آبیاری را مشخص می‌کند. در شرایط واقعی مزرعه، برنامه آبیاری متغیر می‌باشد که می‌تواند به علت غیر یکنواختی خاک، مشابه نبودن توزیع آب در خاک در تمام جهت‌ها، توزیع غیر همگن آب در خاک و اثر ادوات کشاورزی بر روی تراکم خاک باشد. این فاکتورها بر عملکرد حسگرها اثر می‌گذارد و لذا تعداد زیادی حسگر برای یک مزرعه مورد نیاز می‌باشد تا با اطمینان آماری مناسبی مدیریت شود. گزارش‌ها حاکی از آن است که با انتخاب آگاهانه محل قرارگیری حسگرها، تعداد چهار حسگر برای معرفی شرایط مزرعه کافی می‌باشد و متوسط خروجی از چهار حسگر در کامپیوتر یا میکرو کامپیوتر برای تعیین آبیاری تجزیه و تحلیل می‌شود. در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی اتوماسیون آبیاری قطره‌ای بر اساس تغییرات رطوبتی خاک در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای بدون اتوماسیون بر روی زراعت نیشکر، ۵۶ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد. نتایج همچنین نشان داد حداکثر عملکرد ۱۳۵ تن در هکتار با کارایی مصرف آب ۱/۲۲ تن بر هکتار بر سانتیمتر آب آبیاری در نتیجه کاربرد اتوماسیون آبیاری حاصل گردید.

انتخاب یک سیستم اتوماسیون مناسب

برای انتخاب یک سیستم اتوماسیون مناسب، ابتدا بایستی فهرستی از نیازها فنی تهیه و با توصیه‌های کارخانه‌های تولید کننده سیستم اتوماسیون مقایسه گردد. جدول ۱ به عنوان راهنما برای انتخاب سیستم مناسب توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

برای رسیدن به امنیت غذایی و تولید پایدار محصولات کشاورزی، توسعه اتوماسیون ضروری می‌باشد و علی‌الرغم بالا بودن هزینه اولیه سیستم اتوماسیون، بواسطه صرفه جویی در مصرف آب، انرژی و کودهای شیمیایی، هزینه‌های مربوطه مستهلک خواهد شد. فاکتورهای مختلفی شامل نوع گیاه، شرایط خاک، اقلیم و ... بر روی نیاز آبی و برنامه آبیاری تاثیرگذار می‌باشند. اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای بر روی یک گیاه را نمی‌توان بر روی محصولات مختلف بکار برد. اتوماسیون یک سیستم آبیاری قطره‌ای نیاز به اطلاعاتی در زمینه‌های مختلف نیاز آبیاری و الکترونیک دارد تا میزان سرمایه‌گذاری را به حداقل برساند. لذا مهارت بهره‌بردار و میزان سرمایه‌گذاری در انتخاب سیستم اتوماسیون موثر می‌باشد. انتخاب و به‌کارگیری حسگرهای دی‌الکتریک با توجه به دقت آنها و درجه

اتوماسیون کردن سیستم آبیاری در مقایسه با سایر حسگرها از اولویت بیشتری برخوردار هستند.

جدول ۱: فهرست انتخاب یک سیستم اتوماسیون

۵	۴	۳	۲	۱	فاکتور*
					آبیاری بر اساس حجم آب آبیاری
					آبیاری بر اساس مدت زمان
					کود آبیاری بر اساس حجم
					کود آبیاری بر اساس زمان
					نسبت کود آبیاری
					برنامه جانبی
					شستشوی فیلترها (زمان)
					شستشوی فیلترها (مقدار)
					شستشوی فیلترها (اختلاف فشار)
					کارکرد پمپ با زمان
					کارکرد پمپ با تغییرات جریان
					زنگ هشدار برای کارکرد نامناسب سیستم
					لیست خطاها بر روی یک صفحه
					شناسایی خطا در میزان جریان
					چاپ اطلاعات
					واکنش به تبخیر
					واکنش به بارندگی
					واکنش به سرعت باد
					واکنش به رطوبت خاک
					واکنش به کارکرد نامناسب سیستم
* ۱- ضروری، ۲- مورد نیاز، ۳- ترجیح داده می شود، ۴- نا مطمئن و ۵- مازاد بر نیاز					

منابع

1. Abhijit B.J., 1999. Automation in microirrigation systems. Proceeding of International Conference on Microirrigation, India, pp. 178-186.
2. Dehghanisani, H., Yamamoto, T., and Inoue, M., 2004. Practical aspect of TDR for simultaneous measurements of water and solute in a dune sand field. Journal of Japanese Society of Soil Physics, No. 98: 21-30.
3. Devinder D. and Ashwani K., 1999. Automation of microirrigation systems. Proceeding of International Conference on Microirrigation, India, pp. 229-235.
4. Malavia D.D., Modhvadia K.B., Asodaria K.B. and Ramani B. 1999. Microirrigation and fertigation under arid and semi-arid Saurashtra. Proceeding of International Conference on Microirrigation, India, pp. 435-441.
5. Topp, G.C., Davis, J.L. and Annan, A.P. (1980). Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. Water Resources Research, 16(3), p.574-582.