کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دفتر بهبود و توسعه روش‌های آبیاری

مجموعه مقالات

اولین کارگاه فنی اتوماسیون (خودکارسازی) سامانه‌های آبیاری تحت فشار

زمان: سوم خرداد ماه ۱۳۸۶

مکان: کرج- کیلومتر ۷ جاده ماهدشت، معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت جهاد کشاورزی

مجموعه مقالات

مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی اتوماسیون (خودکارسازی)
سامانه‌های آبیاری تحت فشار

۳ خرداد ماه سال ۱۳۸۶

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فهرست **صفحه**

۱- آشنایی با روش‌ها و تجهیزات اتوماسیون سیستم‌های آبیاری تحت فشار
ناصر ولی‌زاده، سحر ملک‌زاده

۲- اتوماسیون سامانه‌های آبیاری تحت فشار
همدم قناتیان، قاسم زارعی، علی گرجی

۳- کاربرد مبدل‌های فرکانس جهت کنترل خودکار نقطه کار ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری تحت فشار
علی نیک‌منش، مجید زمانی

۴- کاربرد سیستم کنترل اتوماتیک یکپارچه در طرح شبکه آبیاری تحت فشار
علاء پرهیزگار، محمد سلاغ‌پور، نسیم مستوفی‌زاده

۵- توسعه سیستم کنترل مرکزی برای آبیاری تحت فشار
یاسین اسروش، عقیل یاری، سعید اسلامیان، امیر کرمانی‌ها، امجد پیام، مجتبی وطن‌آرا، حامد جمشیدی‌پور، علی پورامین، احمد فلاح کهن، فرشید میلانیان

۶- معرفی عملکرد سیستم کنترل هوشمند آبیاری (MIC)
محمد ایوبی مهریزی، مهدی شادالوئی

۷- خودکار کردن سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه
وحیدرضا وردی‌نژاد، عبدالمجید لیاقت، حامد ابراهیمیان

۸- آبیاری بارانی اتوماتیک جهت کنترل دما به منظور کاهش سرمازدگی درختان میوه و مرکبات
علی اصغر قائمی، محمدرفیع رفیعی

۹- اتوماسیون سیستم‌های آبیاری در گلخانه‌ها
قاسم زارعی، ابوالفضل ناصری، حسین صدرقائن

۱۰- اتوماسیون و کاربرد حسگرهای دی‌الکتریک در سیستم آبیاری قطره‌ای
حسین دهقانی سانیج، مهدی اکبری

۱۱- نقش خودکارسازی در بهبود و توسعه روش‌های آبیاری قطره‌ای

مهدی اکبری، حسین دهقانی سانیج

۱۲- اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای

علیرضا فراورویی، حمیدرضا راجع، پیمان مشرف

۱۳- خودکارسازی و سهولت در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری تحت فشار

محمدجعفر ربیعی‌زاده

۱۴- مدیریت آب در سیستم‌های آبیاری تحت فشار با کنترل مرکزی

غلامرضا بستانیان، مجید بهزاد، عدنان صادقی لاری

۱۵- سیستمی ساده برای خودکارسازی سیستم‌های آبیاری تحت فشار

امیر اسلامی، شهرام قائم مقامیان

۱۶- یکنواختی توزیع نیترات در آبیاری عقربه‌ای تحت مدیریت کود آبیاری گندم و مقایسه با آبیاری جویچه‌ای در منطقه باجگاه شیراز

یاسر چغا، علی اصغر قائمی

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

آشنایی با روش‌ها و تجهیرات اتوماسیون سیستم‌های آبیاری تحت فشار

ناصر ولی‌زاده[۱] و سحر ملک‌زاده[۲]

چکیده

نخستین تلاش در ابداع آبیاری تحت فشار، استفاده از لوله های فلزی منفذدار بود که آب بصورت فواره ای از آن خارج می شد. در دهه ۱۹۲۰ اولین نمونه آبپاش توسط یک کشاورز در کارگه ساده آهنگری او ساخته شد. سپس در دهه۱۹۳۰ تفکر آبیاری قطره ای قوت گرفت و نمونه های اولیه آن در دهه۱۹٤۰ اجراء شد. روشهای آبیاری بارانی کلاسیک (بدون استفاده از نیروی محرکه برای جابجایی) تاکنون روند تکاملی خود را طی می کند، ضمن آنکه از دهه۱۹۷۰ سیستم های مکانیزه آبیاری بارانی مجهزتر شده و روی این نوع روشها ساخت تجهیزات اضافی جهت کاهش نیروی انسانی و نیل به اتوماسیون سریعتر بوده است. از دهه۱۹۸۰ نیز روشهای قطره‌ای تکامل یافته و تا کنون انواع توزیع کننده ها نظیر قطره چکانها، میکروجت ها، اسپریرها، نوارها، بابلرها و ... تولید شده اند. با محدود شدن منابع آب و اراضی فاریاب و افزایش حقوق کارگران و قوانین سخت کارگری در کشورهای صنعتی، اندیشه اتوماسیون در روشهای آبیاری تحت فشار جان گرفت. بدین ترتیب علاوه بر ساده سازی و کاهش نیروی کارگری، مصرف آب، انرژی، هزینه های بهره برداری و نگهداری صرفه جویی شده و متعاقب آن استهلاک تجهیزات نیز کاهش یافت. اتوماسیون آبیاری تحت فشار می تواند در سطح کوچک و اراضی وسیع عملی شود. بدلیل عبور آب از شبکه لوله ها و استفاده از پمپ، سازگاری آبیاری تحت فشار به اتوماسیون در مقایسه با روشهای آبیاری سطحی بیشتر است. اتوماسیون بنابر تقاضای کاربرد، دامنه وسیع دارد. یعنی می تواند بسادگی با نصب یک تایمر یا PRESSURE SWITCH روی پمپ در غیاب کاربر بر حسب زمان یا تغییرات فشار در شبکه، پمپها را یکایک روشن یا خاموش نماید و یا با نصب یک برنامه ریز (کنترلر) در ایستگاه پمپاژ و چند شیر خودکار الکتریکی در ابتدای مانیفولد، علاو بر روش شدن پمپ، فرمان باز و بسته شدن شیر خودکار (شروع آبیاری) را صادر نماید. استفاده از انواع سنسورها و کامپیوتر باعث شد که شرایط خاک، هوا و گیاه توسط سیگنال از سنسورها به دفتر مرکزی ارسال شده و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی، برنامه آبیاری روزهای بعد تهیه شود. استفاده از

---

[۲]- کارشناس آبیاری مهندسین مشاور یکم و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
[۳]- دانشجوی دوره کارشناسی مهندسی آبیاری و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تجهیزات نرم افزاری، مخابراتی، ماهواره ای، اتوماسیون را بقدری گسترده ساخته که می توان از فاصله دور حتی بین قاره ای، برنامه آبیاری را کنترل و پایش نمود. در این مقاله سعی شده است بطور خلاصه موارد فوق تشریح شود.

واژه های کلیدی: اتوماسیون، آبیاری تحت فشار، بهینه سازی

مقدمه

انسان در ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در ناحیه بین النهرین و دره حاصلخیز آن اقدام به کشت گندم و جو و سپس آبیاری با دست نمود. تا اوایل قرن بیستم ابتکارات در جهت تکمیل روشهای آبیاری سطحی ادامه داشت. سهم ایرانیان در این پیشرفت ها حائز اهمیت و ارزشمند بوده است. با تولید لوله های فلزی و سپس پلیمری و همچنین اتصالات متنوع و بعد انواع پمپ ها، فن استحصال، انتقال و توزیع آب بسرعت پیشرفت نمود. متأسفانه با ساخت پمپ های قوی، برداشت از منابع آب زیرزمینی شدت گرفت، بنحوی که هم اکنون با بیلان منفی آب روبرو شده ایم. از دهه ۳۰ قرن بیستم با کاربرد اولین لوله های منفذدار جهت فوران آب از آن و سپس ساخت اولین نمونه آبپاش در یک کارگاه ساده آهنگری، قدمهای اولیه روشهای آبیاری تحت فشار برداشته شد. تولید نمونه های اولیه قطره چکان و اجرای روش قطره ای از دهه ٤٠ شروع و تا کنون ادامه دارد. روشهای آبیاری میکرو طیف وسیعی از روشهای قطره ای و میکروجت ها را شامل می شود. از دهه ٦٠ روی انواع آبپاش ها، لوله ها و اتصالات آبیاری بارانی مطالعه و از دهه ۷۰ روشهای مکانیزه بارانی رایج گشت. این روشها شامل بارانی قرقره ای[3]، بارانی دوار مرکزی[4]، بارانی خطی[5] و بارانی چرخدار[6] می باشند. با افزایش سطح زیرکشت، دستمزد کارگران، هزینه انرژی و آب، کارشناسان آبیاری بر آن شدند که با اتوماسیون روشهای مختلف آبیاری تحت فشار، علاوه بر کاهش هزینه ها و مشکلات کارگری، در مدیریت مصرف آب و اعمال برنامه آبیاری علمی و اقتصادی تحول ایجاد نمایند.

گستره اتوماسیون در روش‌های آبیاری تحت فشار

خودکار نمودن در روشهای آبیاری تحت فشار می تواند شامل یک یا چند قسمت از بخش های زیر باشد:

- ایستگاه ای پمپاژ
- انتقال آب
- توزیع آب در سطح مزارع، باغات و گلخانه ها
- ادوات کنترل آبیاری و مدیریت در دفتر مرکزی و تقسیمات مزرعه ای یا باغی
- تجهیزات کامپیوتری و مخابراتی و ماهواره ای

---

3 - Reel machine, Traveling gun
4 - Center pivot
5 - Linear move, lateral move
6 - Wheel move, side roll

هدف از اتوماسیون در روشهای آبیاری تحت فشار

- اعمال مدیریت صحیح در امر بهره برداری از منابع محدود آب موجود (زمان شروع، خاتمه و طول دوره آبیاری[۷])
- کاهش نیروی انسانی
- کاهش خطاهای انسانی
- ایجاد هماهنگی بین واحد های کوچکتر[۸] در یک مزرعه، باغ یا کشت و صنعت
- اعمال کم آبیاری
- کنترل سیستم از راه دور (محلی،کشوری، قاره ای)
- کنترل حجم آب مصرفی با برنامه ریزی بهینه ساعت کار ایستگاه پمپاژ و توزیع کننده ها[۹] در پای گیاهان
- شروع و خاتمه آبیاری با استفاده از حسگر ها[۱۰]
- برگشت از حالت آبیاری به شستشوی معکوس[۱۱] در آبیاری قطره ای
- برنامه توزیع کود بطور خودکار در زمان مناسب و به میزان صحیح

تجهیزات اتوماسیون در روشهای آبیاری تحت فشار

در سالهای اخیر با پیشرفت صنعت در امر تولیدات فلزی و پلیمری، تجهیزات الکتریکی– الکترونیکی، کامپیوتری، قطعات و لوازم، اصلاحات اساسی انجام شده که خلاصه ای از آن به شرح زیر بیان می شود:

- تایمرها یا برنامه ریزها[۱۲]
- شیرهای خودکار
- شیرهای خودکار الکتریکی[۱۳]
- شیرهای خودکار بدون سیم[۱٤]
- پاشنده ها
- حسگرها
  - حسگر باران[۱۵]
  - حسگر با سیم
  - حسگر بدون سیم
  - حسگر رطوبت خاک

---

7 - Irrigation duration
8 - Irrigation zone
9 - Distributors (sprinkler, drippers, …)
10 - Sensors
11 - Automatic backwash
12 - Irrigation controllers
13 - Solenoid electric values
14 - SVC electric connection
15 - Rain clik

- حسگر سطح آب (الکترود)
- حسگر در حالت کار پیوسته یا منقطع

❖ پلاک گچی

شکل ۱: *حسگرهای مختلف قابل استفاده درخودکار نمودن روش آبیاری تحت فشار*

❖ تانسیومتر[16]
❖ تجهیزات کنترل از راه دور[17]
❖ ایستگاه های هواشناسی قابل نصب در روشهای خودکار آبیاری شامل پارامترهای:
- باد
- درجه حرارت
- بارندگی

❖ قطع آبیاری در صورت جریان بیش از حد آب[18]
❖ تجهیزات کنترل آبیاری در ایام یخبندان[19]
❖ تجهیزات کنترل آبیاری در شرایط باد شدید
❖ تجهیزات کنترل آبیاری قطره ای شامل شیر خودیار، فیلتر و فشار شکن
❖ ایستگاه ماهواره ای در مزرعه قابل ارتباط با دفتر مرکزی کنترل سیستم[20]
❖ ایستگاه کنترل شبکه آبیاری از دفتر مرکزی [21]

---

16 - Tensiometere
17 - ICR
18 - Flow clik
19 - Freeze clik
20 - ICC - SAT
21 - IMMS

- ❖ تابلو کنترل پمپ شناور (سیستم هائی که به پمپ شناور مجهز می باشد)
  - قابلیت شروع بکار مجدد خودیکر در زمان معین پس از یک توقف
  - جلوگیری از کاریرد پمپ در حالت خشک (افت سطح آب در چاه)
  - حفاظت از پمپ در موقع عدم کاریرد یک فاز یا بیشتر، نوسانات ولتاژ، جلوگیری از اتصال کوتاه و اضافه ولتاژ
  - قابلیت کنترل از دور
  - قابلیت تنظیم دستی

امکان اتوماسیون در روشهای آبیاری بارانی

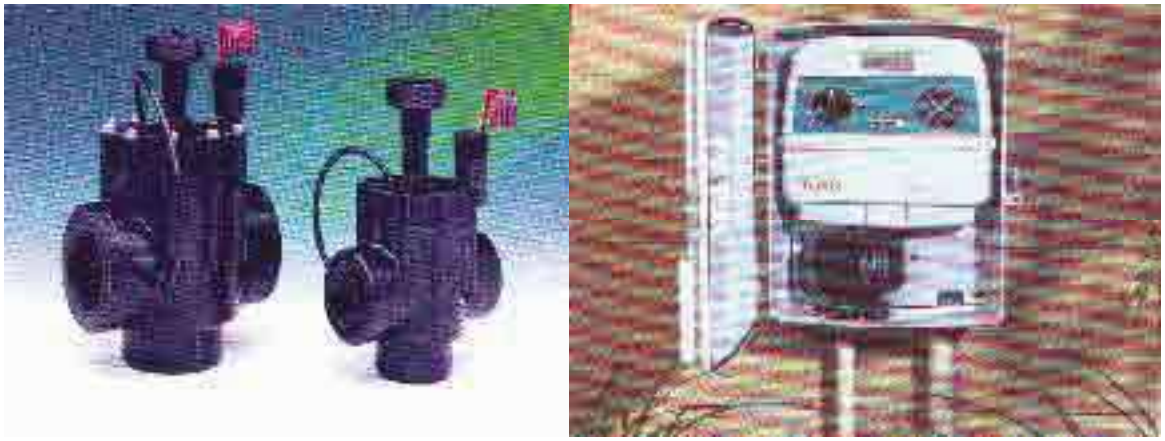
اصولا میتوان ایستگاه های پمپاژ را به کلید خودکار و تایمرکیه شروع کار و توقف را فرمان می دهند، مجهز نمود. زمانیکه در سیستم آبیاری، نوسانات جریان آب (تقاضا) وجود دارد. سوئیچ فشار[۲۲] روی لوله رانش هر پمپ نصب می شود. با کم شدن آب مصرفی در سیستم بارانی یا قطره ای، فشار در شبکه لوله های اصلی و فرعی افزایش یافته و سوئیچ فشار یکی از پمپ ها را خاموش می کند و با افزایش مصرف آب، فشار در شبکه کاهش یافته و بترتیب پمپهای دیگر توسط سوئیچ فشار راه اندازی می شوند. اخیرا پمپهای دور متغیر با تغیرات دبی و فشار، دور خود را تنظیم می نمایند. این عمل علاوه بر صرفه جوئی در انرژی، از استهلاک الکتروپمپ نیز می کاهد. کنترلرها و برنامه ریزهای نصب شده در ایستگاه پمپاژ، می توانند به پمپ فرمان دهند و برنامه هفتگی و ماهیانه ضمن راه اندازی بخش های مختلف مزرعه، شیرهای خودکار الکتریکی یا الکترومکانیکی را باز و بسته نمایند.

در روش‌های آبیاری بارانی ثابت[۲۳] که کلیه تأسیسات و شبکه لوله ها و آبپاش ها ثابت می باشند، می توان با نصب شیر های کنترل الکتریکی در ابتدای هر خط فرعی با توجه به میزان آب، یک یا چند بخش از مزرعه را آبیاری نمود. این شیر خودکار دارای سولونوئید بوده و با ارسال فرمان از کنترلر، سیم پیچ عمل نموده و سوپاپ را بسمت بالا کشیده و آب جریان می یابد و با قطع جریان الکتریسیته ۱۲ تا ۲٤ ولت مستقیم، سونولوئید سوپاپ را رها کرده و دریچه مسدود می شود. کنترلرهائی که با برق ۱۱۰ متناوب کار می کردند، بدلیل خطر برق گرفتگی بتدریج منسوخ شده اند. نمونه هایی از این تجهیزات در شکلهای ۲ و ۳ ارائه شده اند.

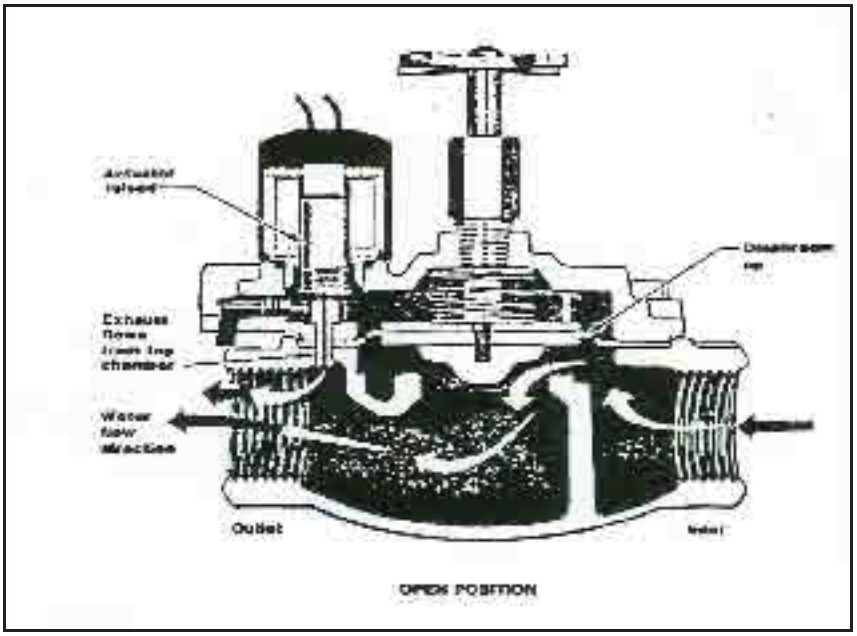
در روش آبیاری قرقره ای (شکل ٤)، استقرار قرقره و ارابه[۲٤] که آبپاش بزرگ[۲۵] روی آن قرار دارد، توسط کارگر انجام می شود. سرعت حرکت ارابه، عمق آب توزیع شده را تعیین می نماید. اخیرا وسیله ای ساخته شده که در کنار شاسی قرقره نصب می شود[۲٦] و در صورتیکه در مسیر حریت ارابه بطور مثال دو گیاه یونجه و ذرت با نیاز آبی متفاوت کشت شده باشد، می تواند پس از آبیاری یونجه وقتی ارابه به ناحیه ذرت می رسد توسط این وسیله سرعت حرکت را اصلاح نموده و عمق آب مورد نظر ذرت را توزیع نماید.

---

22 - Pressure switch
23 - Solid set
24 - Trolley
25 - Big gun
26 - Echo – rain



شکل ۲: *کنترلر و شیرخودکار الکتریکی که در ابتدای خط فرعی روشها آبیاری بارانی یا قطره ای نصب می شوند*

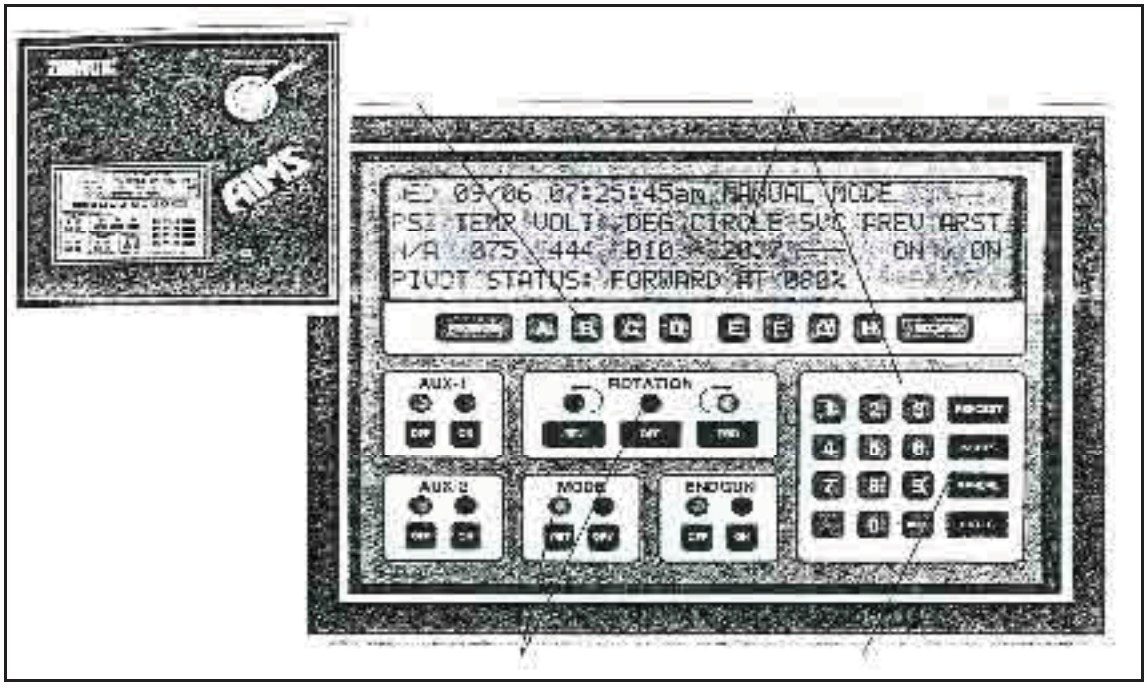


شکل ۳: *شیر خودکار در حالت باز (با برقراری جریان از کنترلر به سولونوئید، میله بالا آمده و دیافگرام باز می شود.)*

دستگاه بارانی دوار مرکزی در بین انواع روشهای آبیاری بارانی، بیشترین قابلیت را با فن اتوماسیون دارد زیرا حرکت آن دائمی و بدون توقف می باشد. در روش های استاندارد، کاربر پس از روشن نمودن پمپ و کلید اصلی در تابلو، جهت حرکت دستگاه و همچنین کلید درصد سرعت[۲۷]، سرعت مناسب دستگاه را برای توزیع عمق آب محاسبه شده تنظیم می نماید. اخیرا تابلوهای استاندارد به تابلو های دیجیتال رایانه ای[۲۸] تبدیل شده اند که یک نمونه آن در شکل ۵ ارائه شده است. روی این تابلو موقعیت دستگاه، عمق آب مصرفی، سرعت دستگاه بر حسب در صد و جهت حرکت برای فعالیت های مورد نظر دستگاه نشان داده می‌شود.

[27] - Percent Timer Switch
[28] - Automatic Irrigation Management System (AIMS)

شکل ٤: *ارابه دستگاه قرقره ای در حال آبیاری مزرعه ذرت*



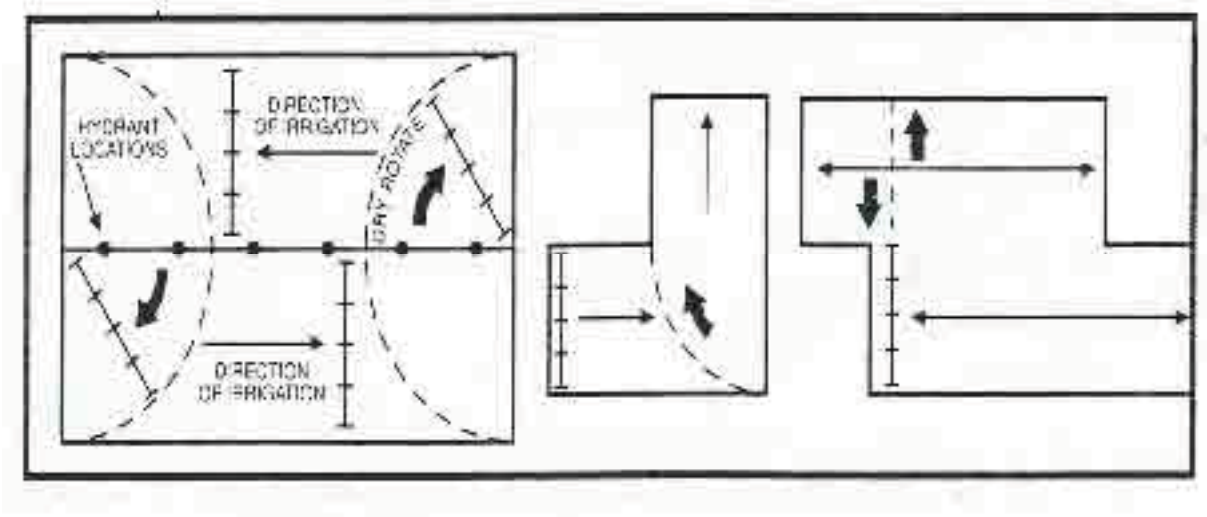
شکل ٥: *تابلو کنترل کننده دیجیتال رایانه ای در روش آبیاری بارانی دوار مرکزی*

در این روش می توان عملکرد دستگاه را اصلاح، چاپ و حفظ نمود. این دستگاه شامل تاریخ، ساعت، نشانگر سیستم دستی یا خود کار، فشار در سیستم، ولتاژ برق، درجه حرارت، موقعیت دستگاه نسبت به صفر درجه و سرعت دستگاه می باشد. دستگاه بارانی دوار مرکزی می تواند خشک (پمپ خاموش) یا تر (پمپ در حال کار) راه اندازی شود. در دستگاه های دوار مرکزی می توان انتخاب های زیر را به آن افزود:

- توقف خودکار در یک نقطه از دایره[۲۹]
- شروع بکار خودکار آبپاش انتهائی در نقطه خاصی از مزرعه[۳۰] بکمک بوستر پمپ و میکروسوئیچ در جعبه کنترل[۳۱]
- برگشت خود کار دستگاه در یک نقطه از مزرعه به وضعیت قبل[۳۲]

استفاده از سیستم AIMS به کاربر اجازه می دهد که چنانچه در یک دایره، گیاهان مختلفی کشت شده است و هر یک عمق آب آبیاری متفاوتی نیاز دارند، بدون دخالت کاربر آبیاری مطابق برنامه عملی شود. برای این منظور در تابلو دیجیتال، محدوده هر گیاه را با زاویه صفر تا ۳۶۰ درجه وارد می نمائیم. مثلا گیاه اول صفر تا ۶۰ درجه و گیاه دوم ۶۰ تا ۱۲۰ درجه، سپس عمق آب برای هر یک برحسب میلیمتر یا اینچ وارد می شود و الی آخر. دستگاه بطور خودکار در هر قسمت با تغییر سرعت، عمق آب مورد نظر را توزیع مینماید.

در روش آبیاری بارانی خطی به سه طریق آبگیری مینمایند که عبارتند از کانال ، لوله قابل انعطاف[۳۳] و هیدرانت. در روش آبگیری توسط هیدرانت می توان حرکت دستگاه و مانور آنرا بشکل زیر تنظیم نمود تا زمین بشکل های زیر آبیاری شود.



شکل ۶: *قابلیت تغییر جهت روش بارانی خطی مانند دوار مرکزی در انتهای مزرعه به کمک نصب تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی در نیروی محرکه و چرخها و کلید فرمان و میکروسوئیچ در جعبه کنترل*

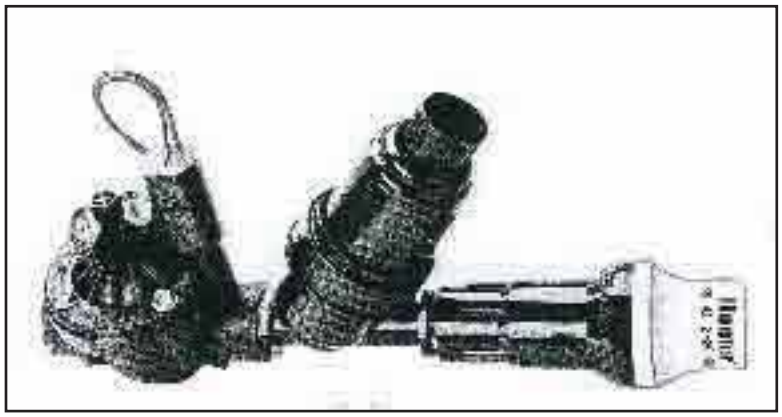
امکان خودکار نمودن روشهای آبیاری قطره ای و میکرو

در آبیاری قطره ای و میکرو بدلیل عبور جریان در لوله ها می توان خودکار نمودن را تا حد زیادی عملی نمود بگونه ای که در غیاب کاربر،کلیه عملیات نظیر روشن و خاموش شدن پمپ، زمان شروع و خاتمه آبیاری هر بخش،

[29] - Auto stop
[30] - Auto end gun restart
[31] - Control box
[32] - Auto reverse
[33] - Hose feed

انجام آبیاری در زمانهای کوتاه ولی متواتر، عملیات کود دادن همراه آبیاری[۳۴]، شستشوی معکوس فیلترهای شن و توری و نهایتا تغذیه خودکار در روشهایی نظیر هایدروپونیک و گلخانه ها را انجام داد. تجهیزات بکار رفتهدر این زمینه بسیار متنوع می باشند که به چند نمونه از آنها بشرح زیر اشاره می شود.

۱- ***کیت کنترل مرکزی:*** این کیت در ابتدای خط فرعی یا مانیفلد نصب می شود و شامل فشار شکن، فیلتر توری بشکل Y و سپس شیر خودیار الکتریکی می باشد (شکل ۷). بدین ترتیب با فرمان کنترلر، شیر خودکار باز شده و جریان آب با فشار خروجی تنظیم شده به لوله فرعی یا مانیفلد وارد می شود.



شکل ۷: *کیت آبیاری میکرو شامل فشارشکن، فیلترتوری و شیر خودکار الکتریکی*

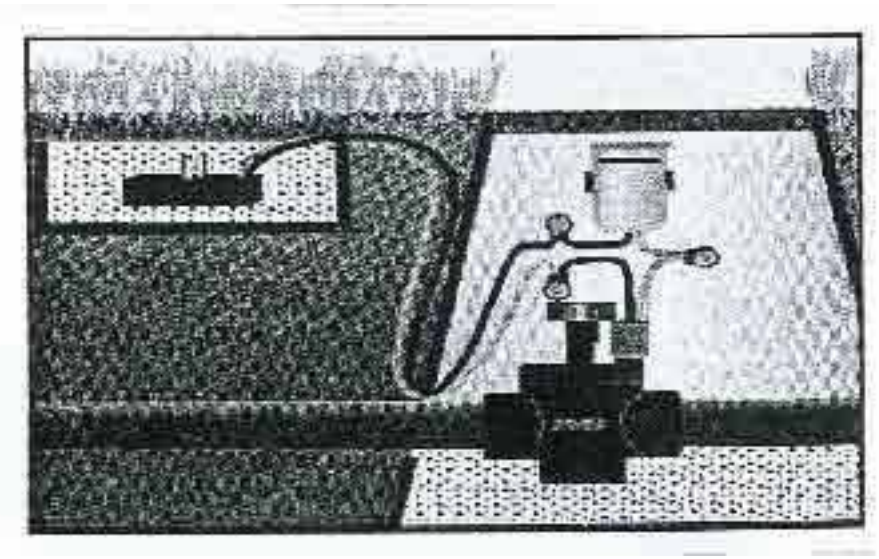
۲- ***سنسور رطوبت و شیر خودکار در ناحیه ریشه:*** در این سیستم مطابق شکل ۸، یک سنسور رطوبت در عمق ریشه قرار می گیرد و سیگنال آن به شیر خودکار (دارای باطری با طول عمر یک سال) که روی لوله فرعی نصب شده، ارسال می شود لذا آبیاری آغاز می شود. با اشباع شدن ناحیه ریشه، فرمان بسته شدن دیافراگم در شیر خودکار صادر می شود و آبیاری متوقف می شود. این روش بسیار ساده بوده و نیاز به کنترلر در دفتر مرکزی و سیم کشی نمی باشد.

۳- ***شیر هوشمند[۳۵] مجهز به برنامه ریزی دیجیتالی:*** این شیر مطابق شکل ۹، روی خط فرعی نصب شده و در کنار آن قلابی برای نصب برنامه ریز دیجیتالی پیش بینی شده است. برنامه مورد نظر آبیاری در برنامه ریز دیجیتالی وارد شده و سیم رابط آن به شیر خودکار مرتبط می شود. برنامه آبیاری با فواصل یک دقیقه می تواند در برنامه ریز ثبت شده و به شیر خودکار فرمان باز و بسته شدن را صادر نماید.

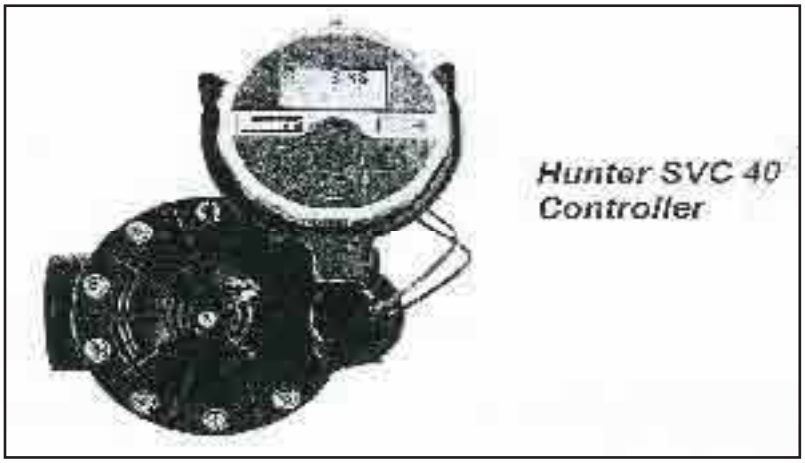
٤- *شیر خودکار با سه دکمه برنامه ریزی:* این شیر خودکار که در ابتدا لوله فرعی نصب می شود، دارای سه دکمه در بالای خود می باشد (شکل ۱۰). دکمه اول دارای ۱۲ موقعیت برای آبیاری در هر روز می باشد. دکمه دوم برای تنظیم فواصل آبیاری بین ۵ تا ۵۵ دقیقه بوده و دکمه سوم برای پیش تنظیم آبیاری شامل ساعات AM و PM است.

---

34 - Fertigation
35 - Smart valve



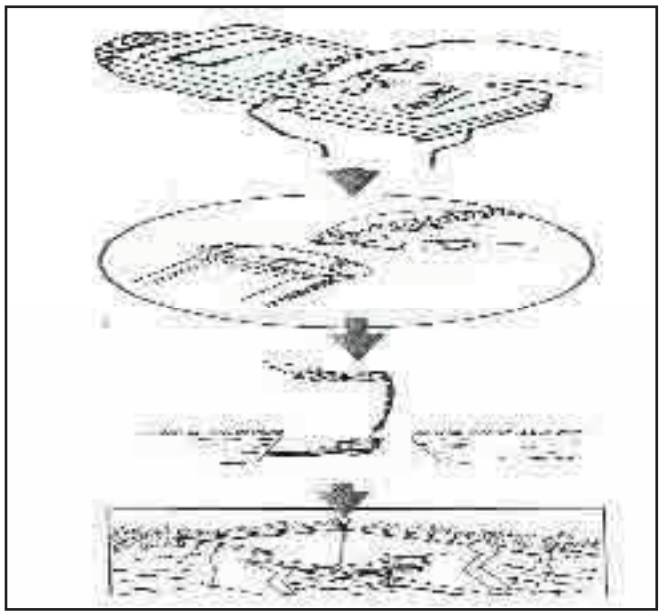
شکل ۸: *سنسور رطوبت و شیر خودکار الکتریکی مجهز به باطری*



شکل ۹: *شیر خودکار هوشمند*

شکل ۱۰: *شیر خودکار ضد آب مجهز به باطری و سه دکمه تنظیم در بالای آن*

۵- ***کنسول آبیاری قابل حمل:*** برنامه آبیاری در یک برنامه ریز سیار (کنسول) مطابق شکل ۱۱، وارد شده و توسط کاربر در سطح باغ جابجا می شود. به کمک سیم رابط، کنسول به شیر خودکار نصب شده روی خط فرعی (در چاله) وصل و برنامه آبیاری به شیر خودکار منتقل می شود.



شکل ۱۱: *کنسول آبیاری قابل جابجایی و نحوه انتقال اطلاعات مدیریت آبیاری از آن به شیر خودکار نصب شده روی لوله فرعی در چاله*

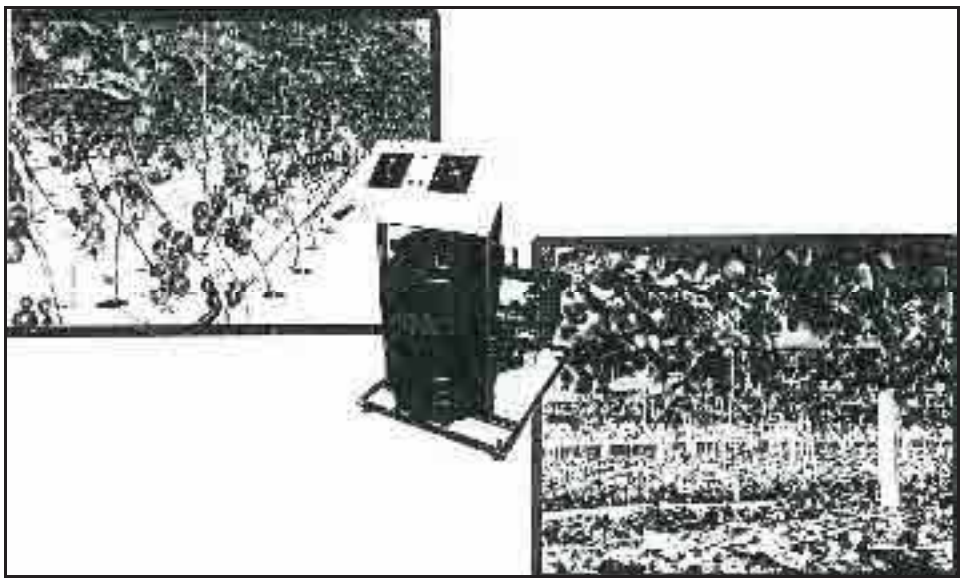
شکل ۱۲: *تانسیومتر مجهز به کنترلر هیدرولیکی و لوله باریک و شیر خودکار*

۶- ***تانسیومتر و کنترلر*** *هیدرولیکی*: همچنان که در شکل ۱۲ ملاحظه می شود، تانسیومتر در عمق مورد نظر نصب شده و توسط سرامیک حساس به رطوبت در نوک آن، فشار هیدرولیکی توسط یک لوله باریک به شیر خودکار هیدرولیکی منتقل می شود و بدین ترتیب با نوسان میزان رطوبت در ناحیه ریشه و تغییرات مکش رطوبت خاک[۳۶] از طریق لوله باریک فرمان باز و بسته شدن شیر خودکار صادر می شود. در این روش ساده و کاربردی نیاز به الکتریسیته و باطری نبوده و آبیاری بطور خودکار شروع و خاتمه میابد.

۷- ***تغذیه خودیار در روش هایدروپونیک:*** به کمک این روش که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، می توان مواد غذائی مورد نیاز گیاهان را به میزان لازم و در زمان مناسب با آب آبیاری مخلوط و توزیع نمود.

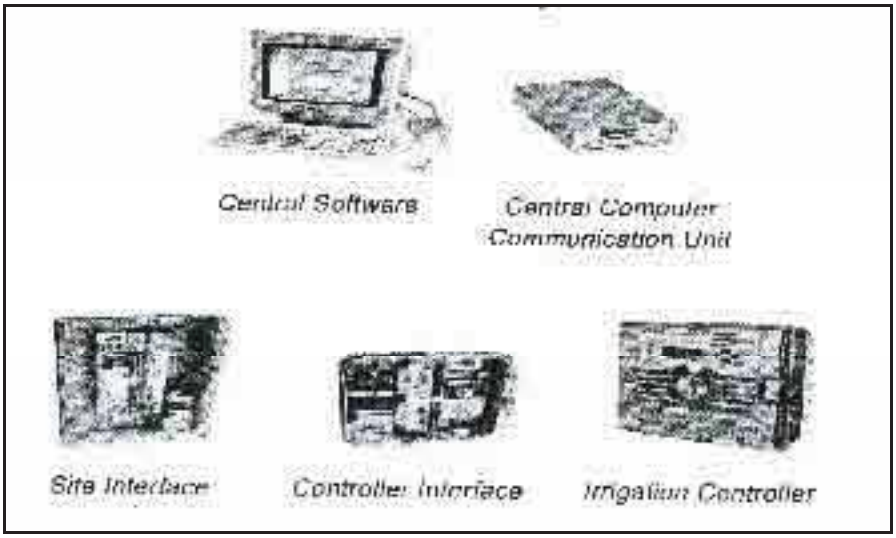
تجهیزات کنترل مرکزی رایانه ای

بمنظور مدیریت صحیح آبیاری و کنترل شبکه از یک نقطه (دفتر مرکزی) مطابق شکل ۱۴ به تجهیزاتی نیاز داریم که عبارتند از: نرم افزار مرکزی[۳۷] ، سیستم مخابراتی[۳۸]، مبدل سایت[۳۹]، مبدل کنترلر[۴۰] و کنترلر آبیاری[۴۱]. این تجهیزات می بایست قابلیت آنرا داشته باشد که بتوان مخابرات را دو طرفه نمود و یا به تعداد ایستگاه ها در آینده افزود. سیستم می بایست به تغییرات جریان آب پاسخ داده و عمل نماید. این تجهیزات علاوه بر صدور فرمان به شیرهای خودیار و دستگاه های آبیاری می توانند آمار واقعی اقلیم، رطوبت در خاک را دریافت نموده و جهت اصلاح برنامه به دفتر مرکزی ارسال نماید، بدین ترتیب در طول هفته ها، برنامه آبیاری به روز اجراء می شود.



شکل ۱۳: *سیستم کاملا خودکار تغذیه در روش هایدروپونیک مجهز به برنامه ریز*

36 - Moisture tension
37 - Central software
38 - Central computer communication unit
39 - Site interface
40 - Controller interface
41 - Irrigation controller



شکل ۱٤: *تجهیزات مورد نیاز در یک کنترل مرکزی رایانه ای*

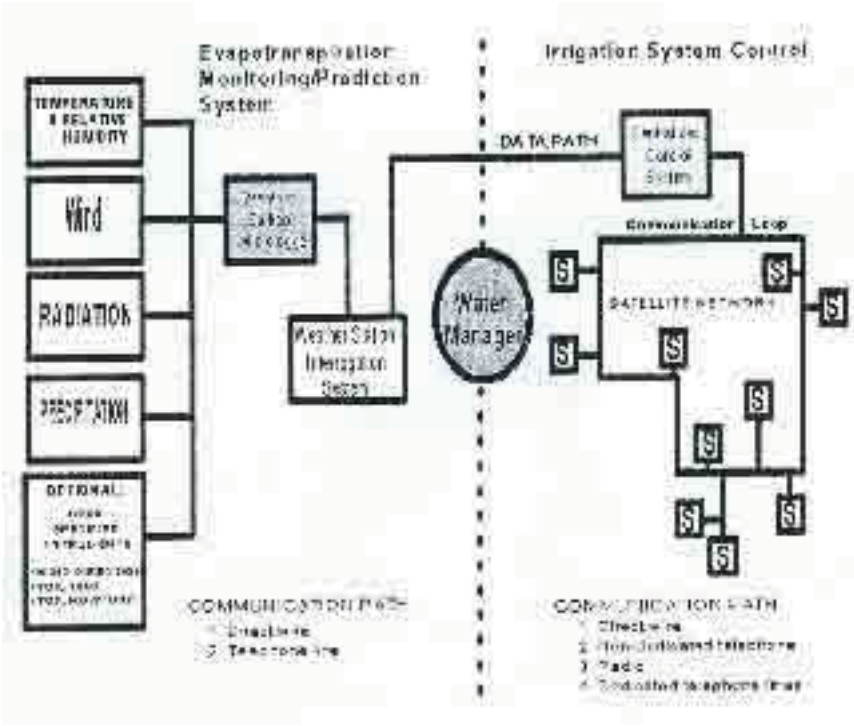
در سال های اخیر کنترل از راه دور بسیار پیشرفت نموده لذا می توان این برنامه را به اشکال مختلف اجراء نمود که عباتند از: کنترل از دفتر مرکزی، کنترل در سطح مزرعه توسط کاربر در حال حرکت، کنترل منطقه ای و کنترل قاره ای. در شکل ۱۵ یک نمونه کنترل ماهواره ای مجهز به ادوات اندازه گیری عوامل اقلیمی و مخابرات نشان داده شده است. این تجهیزات دارای مشخصات زیر می باشند:

- تمام ادوات در یک جعبه کاملا مقاوم به شرایط اقلیمی جای دارند.
- دارای سیستم مخابراتی در یک بسته بندی که نیاز به جعبه مبدل جداگانه ندارد.
- می تواند به تعداد ایستگاه های مورد نظر پاسخ دهد.
- قابل برنامه ریزی برای هر یک از ۳۱ روز در یک ماه هستند.
- به باطری نیاز نداشته و در صورت قطع جریان می تواند اطلاعات را در خود حفظ کند.

شکل ۱۵: *یک دستگاه کنترل مرکزی ماهواره ای ICC – SAT*

- قابلیت برنامه ریزی ایستگاه پمپاژ را دارد.
- دارای تجهیزات داخلی اتصال به کنترل از راه دور SSR و ICR هستند.
- می تواند از ۸ تا ٤٨ ایستگاه را کنترل نماید.

در شکل ١٦ شماتیک یک واحد کنترل مرکزی کامل آبیاری با تجهیزات ایستگاه هواشناسی ماهواره ای و جمع آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل آن بمنظور مدیریت صحیح آبیاری نشان داده شده است. همچنین، در شکل ۱۷ تابلو واحد مرکزی کنترل اتوماتیک در روش های آبیاری قطره ای ارائه شده است.



شکل ١٦: *اجزاء یک سیستم کنترل مرکزی خودکار مجهز به ایستگاه هواشناسی و شبکه ماهواره ای*

شکل ۱۷: *تابلو مرکزی کنترل اتوماتیک در روش آبیاری قطره ای*

منابع

۱. ولی زاده، ناصر. ۱۳۸٦. خودکار نمودن سامانه های آبیاری تحت فشار. نشریه در دست چاپ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

2. Antelco Micro irrigation products, Australia
3. Automatic backwash control, ICD company, USA
4. Control and automation in citrus micro irrigation system, university of Florida
5. Green touch Landscape supply, Hunter irrigation supplies, USA
6. Hardie Micro irrigation design manual, USA
7. Hunter irrigation products, 2005 catalog, USA
8. Irrigation Journals
9. Irrigation system controllers, university of Florida
10. Lockwood irrigation Handbook
11. Micro process applications in irrigation catalog, France
12. Nelson irrigation, equipments catalog, USA
13. Rain Bird irrigation products, USA
14. Valley, sprinkler irrigation automation, USA
15. Wade Rain irrigation equipments catalog, USA
16. Zimatic, Center pivot, Linear move, Canada

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

اتوماسیون سامانه‌های آبیاری تحت فشار[۱]

همدم قناتیان[۲]، قاسم زارعی[۳] و علی گرجی[٤]

چکیده

آنچه که از سیستم های مکانیزه آبیاری نسبت به روش های سنتی انتظار می رود، کاهش مصرف آب به شرط کاهش نیافتن سطح بهره وری است. سیستم های مکانیزه شدیدا به راهبری نیروی انسانی متکی هستند و حضور نیروی انسانی به منظور نظارت مستمر بر انواع سیستم های آبیاری، یکی از مهمترین مولفه های محدود کننده سطح بهره وری سیستم های مکانیزه می باشد که خطر ناشی از خطاهای انسانی، تعلل و تاخیر در انجام اقدامات را به همراه دارد. همچنین، مولفه محدود کننده دیگری که از رشد قابل قبول ضریب بهره وری این نوع تجهیزات جلوگیری میکند، مستند نشدن تصمیمات، اقدامات و وضعیت پارامترها در طول دورهٔ بهره برداری است. با تشکیل نشدن بانک اطلاعاتی از وضعیت عملکردی سیستم و نیز در دسترس نبودن فیدبک لازم از نتیجه تصمیمات و اقدامات انجام شده، به رغم صرف هزینه های مربوط به سیستم های مکانیزه، بهره وری به حد مورد نظر نخواهد رسید. با توجه به ضرورت افزایش بهره وری و کارآیی مصرف آب، نتیجه مطالعات معطوف به این موضوع شده است که با انجام اتوماسیون سیستم های آبیاری تحت فشار که عبارتند از نصب و راه اندازی تجهیزات سخت و نرم افزاری و شامل تجهیزات ابزار دقیق، کنترلی، مخابراتی، الکتریکی و نرم افزارهای کنترلی، هستند، محدودیت های ذکر شده شامل خطای نیروی انسانی و عدم وجود Data base از وضعیت عملکرد سیستم از بین رفته و امکان بهبود مدیریت مصرف آب و ارتقاء سطح بهره وری واحدهای آبیاری مهیا گردد. برای تحقق این مهم و ارائه الگوی عملی، در این مقاله مطالعات و اقدامات انجام شده برای اتوماسیون واحدهای آبیاری اراضی معاونت صنایع و امور زیر بنایی وزارت جهاد کشاورزی تشریح و نتایج پیش بینی شده حاصل از آن، بحث شده است.

واژه های کلیدی: سامانه های آبیاری تحت فشار، اتوماسیون و بهره وری.

---

[۱]- **مطالعه موردی: اتوماسیون سامانه های آبیاری اراضی معاونت صنایع و امور زیر بنایی وزارت جهاد کشاورزی**

[۲]- کارشناس الکترونیک شرکت ندا گستر آسیا

[۳]- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

[٤]- کارشناس دفتر بهبود و توسعه روش های آبیاری

مقدمه

با عنایت به مصرف سهم عمده ای از منابع محدود آب کشور در بخش کشاورزی، سیاست گذاری برای مدیریت بهینه مصرف آب، امری ضروری بوده و به همین دلیل اخیرا محققین به منظور صرفه جویی در مصرف آب و نیز افزایش راندمان آبیاری و کارآیی مصرف آب، به سمت مزرعه سوق پیدا کرده اند. با توجه به اینکه حدود ۵۵۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشور به انواع مختلف سیستم های آبیاری تحت فشار مجهز شده اند، ارتقاء عملکرد این سیستم ها در کوتاه مدت راهکاری موثر در این زمینه است. نتیجه مطالعات وضع موجود واحدهای آبیاری تحت فشار در مزارع کشاورزان و کشت و صنعت های کشور و نیز برنامه های بهینه سازی مصرف آب در سایر کشورها، نشان می دهد که کم هزینه ترین و سریع ترین راه حل برای مدیریت مصرف بهینه آب که حاصل افزایش بهره وری واحد های مختلف آبیاری تحت فشار می باشد، ارتقاء وضع موجود در واحدهای آبیاری از سطح مکانیزاسیون به سطح اتوماسیون است که بدون بهم زدن وضع موجود و فقط با اصلاح تجهیزات در حال کار و کم کردن نقش نیروی انسانی، دستیابی به آن امکان پذیر می باشد. براساس آمار و اطلاعات موجود، چنانچه سطح زیر کشت آبی کشور را در حدود ۸/۲ میلیون هکتار در نظر بگیریم، ملاحظه می‌گردد که در حال حاضر تقریباً شش درصد اراضی فاریاب کشور به روش تحت فشار آبیاری می‌شوند. با بررسی‌های کارشناسی بعمل آمده، در حال حاضر امکان توسعه انواع روش‌ها آبیاری تحت فشار برای حدود ۲۰ ٪ از اراضی فاریاب کشور تا پایان سال ۱۳۹۱ وجود دارد (سالانه حدود ۱/۵ ٪) که این هدف با اجرای طرح دهساله‌ای (۱۳۹۱-۱۳۸۲) تحت عنوان «طرح توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار» توسط دفتر بهبود و توسعه روش‌های آبیاری معاونت صنایع و امور زیربنایی در دست انجام می‌باشد. برای تحقق این مهم و کاستن از مسائل و مشکلات ناشی از کاربرد اینگونه سیستم های آبیاری و ارائه الگوی عملی، در این مقاله مطالعات و اقدامات انجام شده برای اتوماسیون واحدهای آبیاری اراضی معاونت صنایع و امور زیر بنایی وزارت جهاد کشاورزی تشریح و نتایج پیش بینی شده حاصل از آن، بحث شده است [۲، ۳ و ۵].

مواد و روش‌ها

مطالعات حاضر بر اساس بازدید های میدانی از عملکرد سامانه های آبیاری تحت فشار (اراضی معاونت صنایع و امور زیربنایی در کرج) و شناخت زمینه های بهینه سازی بهره برداری از آنها صورت گرفته است. در این بررسی با توجه به نتایج حاصله از ضرورت ها و اهداف اجرای سامانه های آبیاری تحت فشار و همچنین با بهره گیری از تجارب شرکت Rain man به عنوان همکار و پس از بررسی و مطالعه پروژه های مشابه اجرا شده در سایر کشورها با شرایط آب و هوایی و زراعی مختلف، دستیابی به اهداف مختلف همزمان با بوم سازگار نمودن تجهیزات مد نظر قرار گرفته است. همچنین قابلیت های نرم افزار Citect مورد بررسی قرار گرفته است و برای توجیه اقتصادی، فنی و مدیریتی لازم برای اصلاح تجهیزات وضع موجود و ارتقاء سامانه های آبیاری تحت فشار از سطح مکانیزاسیون به سطح اتوماسیون در اراضی یاد شده از روش منطق فازی[5] و همچنین از نرم افزار Matlab استفاده شده است.

[5] - Fuzzy logic

بحث و نتیجه گیری

سیستم مکانیزاسیون و راهکارهای ارتقاء آن

یکی از شاخص هایی که برای ارزیابی مدیریت آبیاری مورد استفاده قرار می گیرد کارآئی مصرف آب (Water use efficiency) می باشد که میزان محصول تولید شده به ازای واحد آب مصرف شده است [۵]. با توجه به اینکه بخش عمده ای از آب های کشور (حدوداً ۸۰٪) در بخش کشاورزی مصرف می شود لذا استفاده از سیاست ها در جهت افزایش کارآئی مصرف آب باعث صرفه جویی حجم بالایی آب خواهد شد به طوریکه برای مثال با افزایش ۱۰٪ در کارآئی مصرف آب در این بخش، حجم آبی معادل ۱۸ میلیارد متر مکعب صرفه جویی خواهد شد که برابر با حجم آب ذخیره شده در پشت ۹۰ سد مانند سد کرج با ظرفیت ۲۰۰ میلیون متر مکعب خواهد بود. یکی از راههای افزایش کارآئی مصرف آب استفاده از سامانه های آبیاری تحت فشار است. این سامانه ها آبیاری شامل بارانی قرقره ای[6]، بارانی دوار مرکزی[7]، بارانی خطی[8]، بارانی چرخدار[9]، بارانی کلاسیک متحرک، نیمه متحرک و ثابت و نیز انواع آبیاری های موضعی می باشند [۱]. طبق آمار موجود میانگین راندمان آبیاری توسط این سامانه ها در حدود ۷٤ ٪ است (متوسط راندمان آبیاری فعلی کشور حدود ٤۰ ٪ است) و میانگین بهره وری هر متر مکعب آب مصرفی حدود یک کیلو گرم است [٤].

در حال حاضر در کشور ما پیشرفت های خوبی در زمینه کاربرد سامانه های آبیاری تحت فشار انجام شده است به طوریکه تا پایان سال ۸٤ به میزان ۵۵۸۱۵۰ هکتار از اراضی کشور به سامانه های آبیاری تحت فشار مجهز شده است. حال این سوال مطرح است که آیا این پایان راه است و سیاستگذاری و برنامه ریزی در ادامه کار و در جهت صرفه جویی در هزینه های تامین آب آیا باز هم امکان پذیر است و اساسا کشورهای پیشرفته در این زمینه چه راهکارهایی را دنبال کرده اند؟ در حال حاضر کارآئی آب در زیر بخش با روش های آبیاری تحت فشار هفتاد و نه درصد می باشد به عبارت دیگر به ازای مصرف هر متر مکعب آب به طور متوسط ۰/۷۹ کیلوگرم محصول تولید می گردد. در نتیجه تولید در واحد سطح نسبت به کشورهای پیشرفته پایین می باشد [٤]. با بررسی های انجام شده روی سامانه های آبیاری تحت فشار از عوامل اصلی کاهش کارآئی این سامانه، وابستگی شدید به نیروی انسانی می باشد به طوری که همواره همراه با عامل نیروی انسانی عامل خطا نیز وجود دارد. به عنوان مثال در یک آبیاری بهینه، گیاه باید به اندازه نیاز آبی خود (ETc) آبیاری شود اما اینکه کشاورز چگونه متوجه شود که چه مقدار و چه هنگام گیاه نیاز به آبیاری دارد؟ و یا اینکه آیا این امکان همیشه وجود دارد که برنامه های آبیاری به موقع انجام شود و یا در موقع بروز مشکل در یک قسمت از سیستم آیا امکان برطرف کردن عیب سیستم به موقع و به هنگام وجود دارد؟ از مشکلات عملیات آبیاری کشور است. همچنین یکی دیگر از مشکلات عمده عدم ایجاد یک بانک اطلاعاتی از میزان آبیاری، حوادث رخ داده و یک Data base متشکل از اطلاعات لازم برای هر گیاه در طول فصل آبیاری است که در نتیجه امکان مدیریت مطلوب بر اساس سوابق گذشته وجود ندارد و در نهایت منجر به کاهش کارآیی مصرف آب می‌شود.

---

[6] - Reel machine, Traveling gun
[7] - Center pivot
[8] - Linear move, lateral move
[9] - Wheel move, side roll

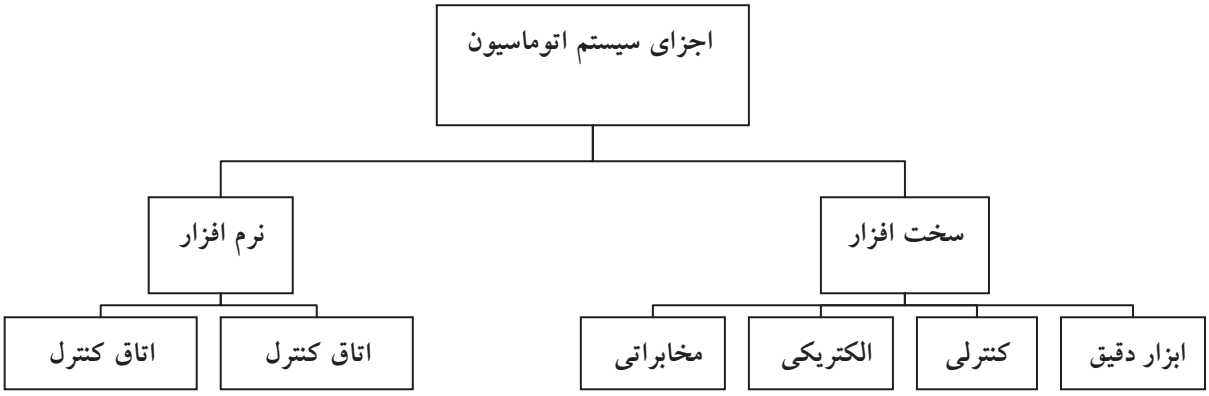
در حال حاضر در کشورهای پیشرفته در زمینه آبیاری از جمله آمریکا، کانادا، استرالیا و ... برای رفع مشکلات موجود و ارتقاء سامانه های آبیاری تحت فشار از سطح مکانیزاسیون به سطح اتوماسیون سامانه های آبیاری تحت فشار رو آورده اند [۷ و۹].

سیستم اتوماسیون

اتوماسیون در واقع یک مدیریت نرم افزاری متمرکز بر کلیه فرایندهای یک سیستم به طور دائمی (شبانه روزی) می باشد که تحت نظارت و کنترل یک واحد مرکزی پردازشگر پیاده سازی می شود.

ساختار سیستم اتوماسیون

ساختار یک سیستم اتوماسیون بصورت شکل شماتیک زیر است که عبارتند از:

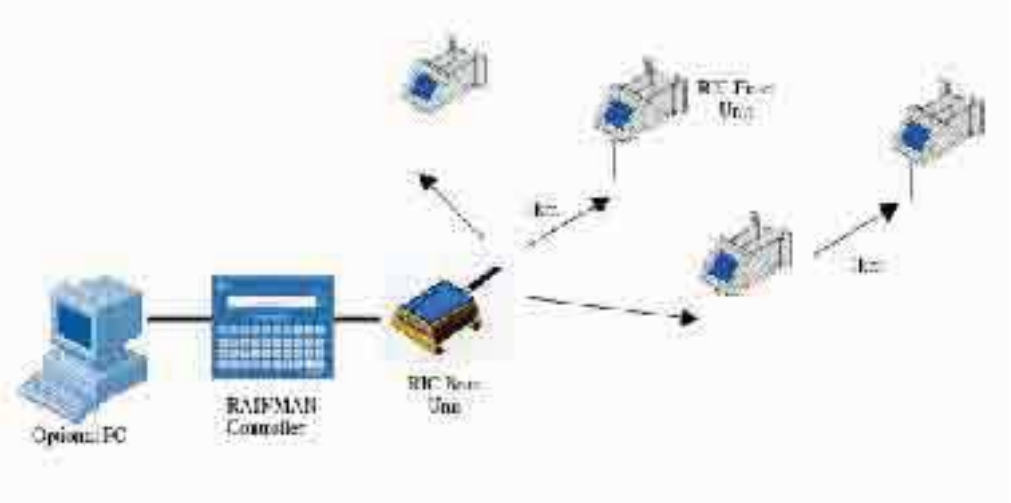


شکل ۱: *ساختار شماتیک یک سیستم اتوماسیون*

- ابزار دقیق شامل فلومتر، سطح سنج، فشار سنج، شیرهای برقی، سنسور، موقعیت یاب و پکیج هواشناسی که با نصب تجهیزات ابزار دقیق پارامترهای فیزیکی مانند ارتفاع و فشار تبدیل به پارامترهای الکتریکی مانند آمپر یا ولتاژ می شود.
- تجهیزات کنترلی شامل RTU[10] و RIC[11] (شکل ۲) که یک ترمینال برای جمع آوری سیگنال ها و پردازش و فرمان دهی جهت کنترل وضع موجود است [۹].
- تجهیزات الکتریکی که شامل UPSها، Power meter، VSD و ... میباشند.
- تجهیزات مخابراتی که شامل مودم ها، آنتن، دکل، کابل ها و ... میباشند.

همچنین نرم افزار های استفاده شده در اتاق کنترل محلی و مرکزی دارای قابلیت های زیر می باشند [۱٤]:

10 -Remote Terminal Unit
11 -Remote Irrigation Control



شکل ۲: *IRC و نحوه ارتباط فیلدها با یک PC*

توانایی نرم افزار:

۱- نمایش و کنترل کلیه اطلاعات کنترلر های محلی

۲- نمایش اطلاعات هواشناسی منطقه (پکیج کلیماتولوژی) مطابق شکل (۳)

۳- نمایش فشار، مقدار جریان و ولتاژ هر الکترو پمپ و... برای هر سامانه آبیاری مطابق شکل (٤)

٤- نمایش مقدار رطوبت خاک و موقعیت تجهیزات آبیاری

۵- چاپ و ذخیره سازی تمام اطلاعات از قبیل نمودارها، Trendها و جداول

٦- تعیین سطوح دسترسی مختلف برای اپراتور مسئول تعمیرات و مدیریت

۷- نمایش جریان برق هر واحد آبیاری در قسمت Status هر واحد در صفحه گرافیکال و ارسال فرمان Shutdown در حالت اضافه جریان به صورت اتوماتیک

۸- تغییر Configuration هر یک از کنترلرهای محلی

۹- محاسبه حجم آب مصرف شده توسط هر یک از واحدهای آبیاری به صورت لحظه ای و تجمعی در نمودارهای روزانه، ماهیانه و سالیانه

۱۰- محاسبه مجموع ساعات فعال بودن هر پمپ

۱۱- امکان افزایش ظرفیت های پیش بینی شده

سطوح کنترلی و نحوهٔ ارتباط آن

برای خودکارسازی یک مجموعه گسترده، از سطوح کنترلی مختلفی استفاده می‌کنیم. پایین‌ترین سطح کنترلی LCC[12] (شامل یک RTU یا یک RIC) است که اطلاعات را از فیلدها (سنترپیوت‌ها، چاه‌ها و ..) جمع‌آوری کرده و سپس این اطلاعات را به سطح کنترلی بالاتر از خود LCC[13] (RTU) ارسال می نماید. هر LCC خود ممکن است دارای چندین زیر مجموعه ULCC باشد. بنابراین اطلاعات همه LCC ها به اتاق کنترل مرکزی

1- Under Local Control Computer
13- Local Control Computer

CCC[14] ارسال شده و در آنجا پردازش اصلی روی اطلاعات رخ می دهد و در صورت نیاز دستورات لازم را به زیر مجموعه های کنترلی خود می فرستد. نمونه ای از نحوه ارتباط کامپیوتر کنترل مرکزی و زیر مجموعه هـای آن در شکل (۵) ارائه شده است.

شکل ۳: *اطلاعات ایستگاه هواشناسی در اتاق کنترل مرکزی*

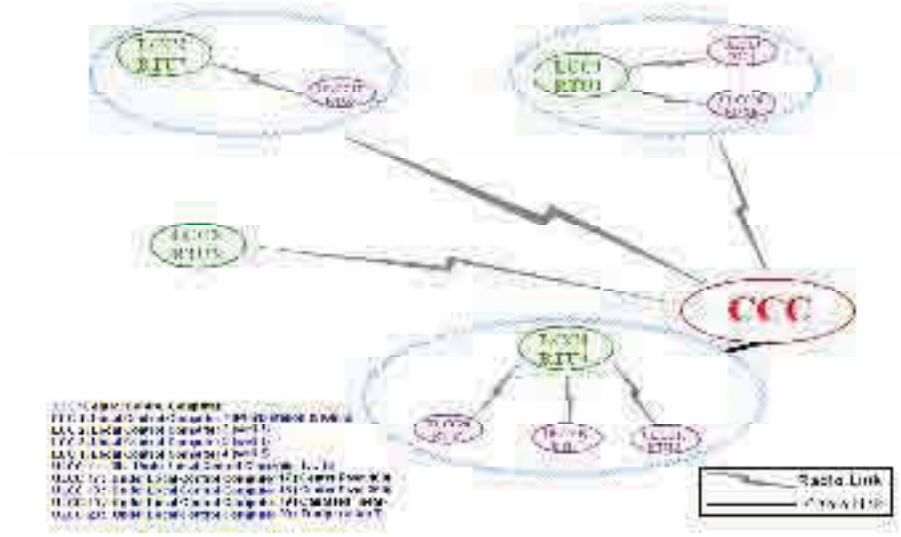
شکل ٤: *صفحه مربوط به نمایش وضعیت پمپها و Pump Station*

درجه اتوماسیون سامانه های آبیاری تحت فشار موجود

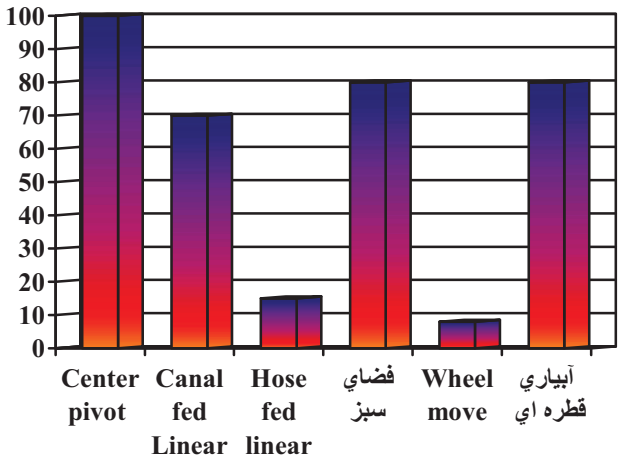
از آن جا که سامانه های آبیاری تحت فشار دارای انواع مختلفی هستند آیا همه این سیستم ها قابلیت ارتقاء از سطح مکانیزاسیون به سطح اتوماسیون را دارند؟ در نمودار شکل (٦) درجـه اتوماسـیون هـر یـک از سـامانه هـای

3- Central Control Computer

آبیاری نشان داده شده است. بر اساس روش تحلیل فازی [۸]. انجام شده بر روی این سامانه ها و با توجه به شرایط منطقه، نوع گیاه، آب و هوا به این نتیجه می رسیم کـه سـامانه هـای آبیـاری Canal Fed Linear، Center Pivot، قطره ای و فضای سبز اجرا شده در اراضـی معاونـت صـنایع و امـور زیربنـایی کـه در حـال حاضـر دارای درجـه اتوماسیون بالای ۶۰٪ (سطح آستانه اتوماسیون قابل توجیه تجهیزات آبیاری اراضی مذکور) هستند، توجیه اقتصادی، فنی و مدیریتی لازم را برای اصلاح تجهیزات وضع موجود و ارتقاء آنها به سطح اتوماسیون دارند.



شکل ۵: *نمونه ای از نحوه ارتباط کامپیوتر کنترل مرکزی و زیر مجموعه های آن*



شکل ٦: *درجه اتوماسیون هر یک از سامانه های آبیاری تحت فشار اجراء شده در اراضی مورد مطالعه*

همچنین، سیستم های آبیاری Wheel Move و Hose Fed Linear با توجه به شرایط وضـع موجـود آنهـا از درجـه اتوماسیون پایین تر برخوردار می باشند که در نتیجه ارتقاء سطح اتوماسیون در آنهـا در اولویـت هـای بعـدی قـرار دارند.

برای درک بهتر از اتوماسیون سامانه های آبیاری تحت فشار در زیر نحوه اتوماسیون دستگاه Center Pivot که دارای بالاترین درجه اتوماسیون است، می پردازیم. به طور کلی یک دستگاه سنتر پیوت را می توان شامل دو مجموعه عمده در نظر گرفت. مجموعه اول اجزای مکانیکی دستگاه است و شامل قسمتهای مختلف دستگاه از نظر سازه ای میباشد که وظیفه انتقال و توزیع آب را بر عهده داشته و همچنین شامل قسمتهای مختلف به منظور حرکت دستگاه روی زمین می باشد. مجموعه دوم، سیستم الکتریکی دستگاه است که شامل مدارهای الکتریکی جهت ارسال فرمانهای حرکت و توقف به موتورهای الکتریکی دستگاه بوده و از تابلوی مرکزی، تابلوهای کنترل دهانه و کابل کشی تشکیل شده است. جهت تبدیل مدار الکتریکال سنترپیوت های موجود به سنترپیوتی که قابلیت اتوماسیون را داشته باشد، باید کنترل کننده سنترپیوت، متناسب با نیاز، به سیستم الکتریکی سنترپیوت اضافه نمود. بسته به نوع کنترل کننده، اصلاحات در مدار فرمان لازم و ضروری است اما با اجرای اتوماسیون، تغییری در سیستم مکانیکی، موتورهای الکتریکی محرک و مدارات قدرت صورت نمی گیرد. دستگاه کنترل کننده سنترپیوت، کنترل محلی و بلادرنگ سنترپیوت را انجام می دهد. ضمن اینکه وضعیت فعلی و اطلاعات آماری این سنترپیوت بر روی LCD کنترل کننده قابل مشاهده است و با صفحه کلید کنترل کننده می توان برنامه آبیاری را تنظیم نمود. برنامه آبیاری بر اساس اطلاعاتی که از پکیج هواشناسی و عوامل جوی و سنسورهای رطوبت سنج خاک بدست می آید، تنظیم می گردد. در سایت‌های بزرگ که متشکل از تعدادی سنترپیوت می باشد (شکل ۷)، برای هر دستگاه موجود در سایت نیازی به نصب پکیج کلیماتولوژی مجزا نیست بلکه با نصب پکیج در سایت می توان اطلاعات هواشناسی را به ایستگاه کنترل مرکزی (CCC) منتقل کرد تا به هر یک از واحدهای آبیاری ارسال شود. حضور کنترل کننده محلی سنترپیوت از نظر دریافت اطلاعات از سنسور موقعیت زاویه ای، سنسور تشخیص خلاف زاویه اسپن ها، دسته بندی اطلاعات و ارسال آن به CCC و همچنین گرفتن دستورات لازم جهت روشن/خاموش کردن دستگاه، سرعت حرکت، برنامه آبیاری و ... ضروری می باشد. انتقال اطلاعات از کنترل کننده محلی سنترپیوت به CCC بسته به موقعیت و فاصله می تواند بصورت کابلی یا رادیویی انجام شود.

شکل ۷: *نمایشی از یک سایت بزرگ با چندین سنترپیوت*

با عنایت به موارد فوق و بر اساس نتایج مطالعات انجاو شده، در نهایت با اجرای اتوماسیون سامانه های آبیاری تحت فشار اهداف زیر محقق می‌شود:

اهداف بهره‌برداری

به منظور بهره برداری از سامانه های آبیاری تحت فشار در زمینه های مختلف اپراتوری، تاسیسات، تعمیر و نگهداری آنها که صرفه جویی در منابع آب، انرژی و افزایش عملکرد محصول و.... را موجب می شود، با اجرای طرح اتوماسیون مدیریت بهره برداری با دریافت اطلاعات جامع، کامل و به موقع از واحد های آبیاری مختلف قادر خواهند بود تصمیم های مناسبی را اتخاذ نماید تا با کمترین هزینه بتواند بیشترین کارآئی را برای آنها ایجاد نماید. به این منظور و با نصب تجهیزات ابزار دقیق، نمایش وضعیت و اطلاعات مربوط به کلیه تجهیزات و پارامترهای هواشناسی منطقه به صورت لحظه ای توسط سیستم فراهم می شود. این اطلاعات می توانند به صورت های مختلف مانند گراف، نمودارهای میله ای، آلارم های و گزارش وضعیت ثبت و ذخیره گردند و در نتیجه اطلاعات پایه (Data base) از سوابق و رفتار کلیه تجهیزات، تاسیسات، پارامترها را فراهم نماید [۱۲ و ۱۳].

اهداف کنترلی

مابین تجیهیزات مختلف واحدهای آبیاری اعم از چاهها، ایستگاههای پمپاژ، ایستگاه کنترل مرکزی و ... اتباطات لازم فراهم می شود. مثلاً بوسیله اندازه گیری میزان تبخیر و تعرق هوا (ET_O) و ضریب گیاهی (Kc) و اندازه گیری میزان بارندگی(R) برنامه آبیاری گیاه و در نتیجه واحد آبیاری مشخص می شود، الکتروپمپ نصب شده در چاه و شیرهای برقی مربوط به هر واحد آبیاری متناسباً فعال یا غیرفعال می گردند. بدین منظور با نصب تجهیزات کنترل اتوماتیک و کنترل از راه دور و سیگنالهای فرمان، پارامترهای زراعی مختلفی همراه با اطلاعات هیدرولیکی شبکه و پارامترهای هواشناسی بصورت لحظه ای مونیتور (پایش) و بوسیله اینترلاک هایی که توسط سیستم فراهم می شود، کنترل می گردند. کنترل مقدار آب لازم با توجه به نوع گیاه و پارامترهای هواشناسی مانند رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، درجه حرارت، ساعات آفتابی و میزان بارندگی انجام می گیرد و همزمان از طریق کنترل دور الکتروپمپها، دبی و فشار مورد نیاز شبکه در حد مطلوب کنترل می شود.

نتیجه گیری

با اجرای اتوماسیون سامانه های آبیاری تحت فشار از جمله سنتر پیوت که دارای بالاترین درجه اتوماسیون است، شرایط زیر فراهم می شود:

- امکان تسلط کامل نرم افزاری و سخت افزاری بر کارکرد آبیاری و فرآیند تولید، انتقال و توزیع آب و تجهیزات واحدهای آبیاری به صورت محلی و مرکزی
- تامین به موقع و به اندازه نیاز آبی گیاهان مورد نظر
- کاهش قابل توجه انرژی الکتریکی مصرفی
- افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح
- امکان مدیریت بهینه مصرف انرژی و صرفه جویی در مصرف آن
- کاهش هزینه های نیروی انسانی و ترابری در اثر حذف بازدیدها

- حذف خطاهای انسانی
- ایجاد انعطاف پذیری لازم در شبکه تامین، توزیع و کاربرد آب
- ایجاد برنامه آبیاری انعطاف پذیر نزدیک به آبیاری مطلوب
- کاهش قابل توجه استهلاک تجهیزات و تاسیسات زیربنایی
- کاهش قابل توجه هزینه تعمیرات و اعمال روشهای مهندسی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه
- صرفه جویی در مصرف نهاده ها
- امکان گزارش گیری و بررسی آماری و اقتصادی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت منابع آب ونیز هزینه های تولید، انتقال و توزیع آب
- اعمال سیاستهای بهینه سازی مصرف آب

منابع

۱- علیزاده، ا. ۱۳۸٤. اصول و عملیات آبیاری قطره ای. انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- بی نام. ۱۳۸۰. طرح مقدماتی دهسالهٔ توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار (۱۳۹۰-۱۳۸۱). معاونت آب و خاک وزرات جهاد کشاورزی.

۳- بی نام. ۱۳۸۱. پیشنهاد طرح دهسالهٔ توسعه روش‌های آبیاری بارانی در جهت افزایش عملکرد و تولید گندم آبی و دیم کشور (۱۳۹۰-۱۳۸۱). دفتر بهبود و توسعه روش‌های آبیاری معاونت آب و خاک.

٤- بی نام. ۱۳۸٤. روشهای نوین آبیاری. نشریه کشاورزی و غذا. شماره ۳۳.

۵- زارعی، ق. و سید حسین صدر قائن. ۱۳۸۳. سیمای توسعه روش‌های آبیاری بارانی در ایران تا افق ۱٤۰۰. مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی. کرج.

٦- فرشی, ع. ا. ۱۳۸۳. مصرف بهینه آب کشاورزی. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه های آبیاری و زهکشی.

7- Wang, L. X. 1990. A Course in Fuzzy System and Control.

8- www.rainman.com.au

9- www.zimmatic.com

10- www.valmont.com

11- pwa.ars.usda./gov/fno/wmr

12- www.cprl.ars.usda.gov/wmmis.htm

13- www.citect.com

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

کاربرد مبدلهای فرکانس جهت کنترل خودکار نقطه کار ایستگاههای پمپاژ آبیاری تحت فشار

علی نیک‌منش[۱] و مجید زمانی[۲]

چکیده

یکی ازمشکلات عمده ایستگاههای پمپاژ طرحهای آبیاری تحت فشار، متغیر بودن فشار و دبی موردنیاز (نقطه کار) درمحل ایستگاه پمپاژ باتوجه به الگوی کشت، مساحت اراضی درحال بهره برداری و تعدادآبپاش فعال می باشد. برای رفع این مشکل در ایستگاههای پمپاژ به طور معمول از روشهایی مانند افزایش تعداد پمپها، کنارگذر و شیرهای فشارشکن استفاده می شود. این روشها با افزایش هزینه سرمایه گذاری و یا هزینه تلفات انرژی همراه می باشند. یک روش بهتر که تلفات انرژی نیز در پی ندارد، استفاده از کنترل دور می باشد. یکی از ابزارهای این روش، دستگاههای مبدل فرکانس یا درایو می باشد. مبدلها یا اصطلاحا درایوها، با ایجاد تغییر فرکانس ورودی در الکتروپمپها، علاوه بر تثبیت فشار در ایستگاهها، تنها سیستمی است که به صورت هوشمند این قابلیت را دارا می باشد تا با تغییرات دبی، فشار کارکرد شبکه را مطابق منحنی که از قبل برای سسیستم تعریف شده است، تغییردهند. این ویژگی منحصربه فرد باعث گردیده که بتوان درایو را به عنوان اساس و پایه اتوماسیون شبکه های آبیاری تحت فشار نامگذاری کرد. مزایای دیگر این سیستم عبارتنداز: صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان تا۳۰٪، افزایش ضریب اطمینان سیستم، افزایش عمرمفید تاسیسات الکتریکال و مکانیکال در ایستگاههای پمپاژ، کاهش تجهیزات کنترلی، کاهش قابل ملاحظه در هزینه های بهره برداری و نگهداری شبکه، به حداقل رساندن احتمال وقوع ضربه قوچ و امکان نشت یابی شبکه با دقت بالا. دستگاه مبدل فرکانس در پروژه آبیاری بارانی اراضی بیله سوار مغان واقع در استان اردبیل، نصب گردیده و در این مقاله به صورت موردی بررسی گردیده است. در این پروژه، سامانه آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک) به وسعت ۳۳۰۰ هکتار می باشد که اراضی تعداد زیادی خرده مالک را تحت پوشش شبکه آبیاری بارانی قرار داده است. در این پروژه ۷۲۱ مالک با میانگین مساحت قطعات زراعی کمتر از ۲/۲ هکتار تحت پوشش ۲۱ واحد آبیاری قرار گرفته اند. مشکل اصلی این پروژه متغیر بودن الگوی مصرف آب آبیاری در دوره های آبیاری و به تبع آن تغییرات فشار شبکه خارج ازمحدوده استاندارد می باشد که باعث عدم

---

[۲]- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی- کارشناس سابق مشاور سامان آبراه
[۳]- کارشناس برق- شرکت پرتو صنعت

یکنواختی پاشش آبپاشها و پایین آمدن چشمگیر راندمان آبیاری از یکسو و از سوی دیگر کارکرد پمپها در خارج از دامنه اپتیمم می شود. به همین دلیل، جهت حل این مسئله بانگرشی نو به جای استفاده از روشهای رایج موجود مثل استفاده از شیرهای کنارگذر و یا شیرهای خفه کن، از مبدلهای فرکانس در ایستگاههای پمپاژ استفاده شده است. قریب به دو سال است که فاز یک پروژه به بهره برداری رسیده است و کمترین مشکلات را در این مدت به همراه داشته است.

کلمات کلیدی: اتوماسیون، سامانه های آبیاری تحت، مبدلهای فرکانس و ایستگاههای پمپاژ.

مقدمه

پروژه آبیاری بارانی بیله سوار مغان از ۲۱ واحد آبیاری مستقل که هر یک مجهز به یک ایستگاه پمپاژ می باشد، تشکیل شده است. وسعت اراضی تحت پوشش ایستگاههای پمپاژ متفاوت بوده و مساحت متوسط آنها ۱۵۰ هکتار می باشد. بسته به سطح تحت پوشش و دبی مورد نیاز در هر ایستگاه پمپاژ از یک تا چهار پمپ اصلی و یک پمپ بصورت رزرو استفاده شده است. بطور نمونه در شکل‌های ۱و۲ منحنی مشخصه و منحنی راندمان پمپهای ایستگاه پمپاژ واحد یک ارائه شده است. این ایستگاه مجهز به سه دستگاه پمپ اصلی مدل WKL – 125/2a می باشد. که منحنی دبی– فشار تولیدی در شرایط کار یک، دو و سه پمپ، همچنین منحنی سیستم واحد مزبور ارائه شده است. معمولاً در خطوط انتقال با افزایش دبی به ارتفاع پمپاژ بیشتری نیاز است که موجب می شود منحنی سیستم بصورت یک خط نباشد. همانطورکه در شکل ۳ ملاحظه می شود، فشار تولیدی پمپها در دبی های مختلف تا ۷۰ متر نیز می-رسد. در حالیکه فشار مورد نیاز شبکه حدود ٦۰–۵۰ متر می باشد. بعبارتی چنانچه دبی مصرفی در شبکه کاهش یابد، فشار آب تولیدی ایستگاه افزایش می یابد که در صورت عدم کنترل، مشکلاتی در سیستم از جمله کاهش راندمان آبیاری و امکان آسیب دیدن شبکه بوجود خواهد آمد. همانطورکه در نمودار ملاحظه میشود این مشکل غالباً در شرایطی بروز می نماید که دبی مصرفی در شبکه بین دبی تولیدی دو یا سه پمپ یا مابین دبی یک تا دو پمپ باشد. یکی از روشهایی که می تواند از افزایش فشار تولیدی ایستگاه پمپاژ جلوگیری نماید، تنظیم مصرف شبکه دقیقاً با دبی تولیدی دو یا سه پمپ است ولی مسائل مختلفی در بهره برداری اعم از پیش بینی شده یا نشده باعث عدم تحقق این امر میگردد که از آن جمله میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

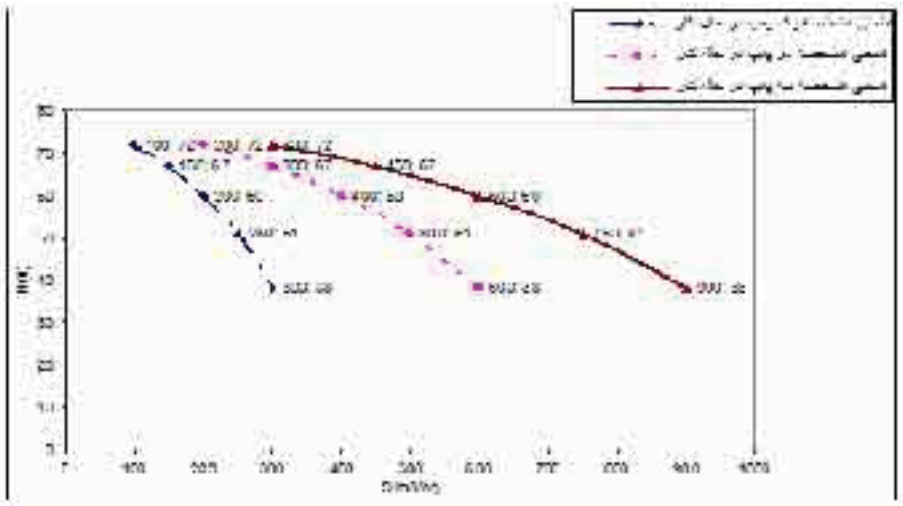
۱- نامنظم بودن شکل اراضی کشاورزی و به تبع آن کوتاه و بلندی طول لترالها

۲- عدم رعایت یکجا کشتی در اراضی تحت پوشش یک آبرسان

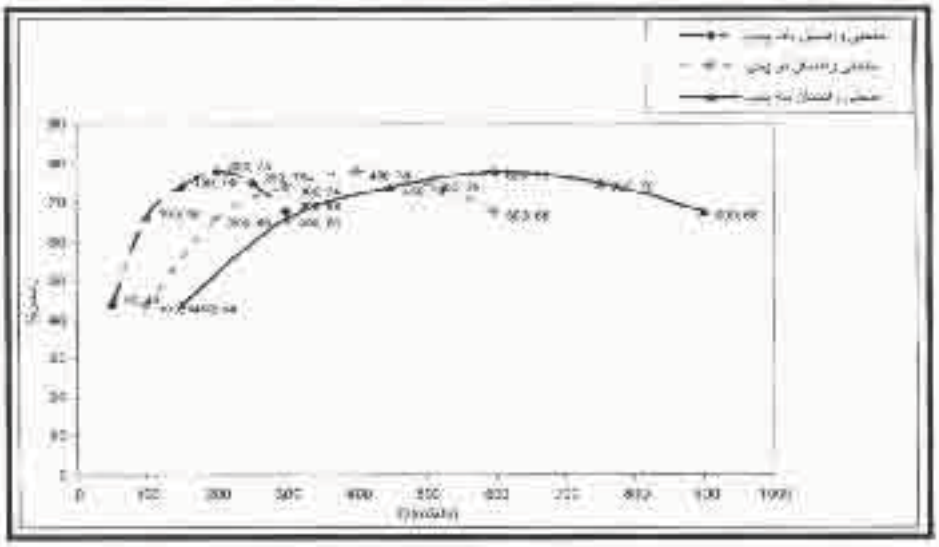
۳- اشتباهات در بهره برداری مانند باز یا بسته شدن ناگهانی شیرها در خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی

٤- برداشت محصول در بخشی از اراضی یا وجود آیش (تغییر دبی مصرفی)

بنابراین فراهم آوردن امکان کنترل فشار در خروجی ایستگاه پمپاژ از ضروریات سیستم آبیاری بارانی بیله سوار یا طرحهای مشابه میباشد.



شکل ۱: *منحنی مشخصه پمپهای ایستگاه پمپاژ واحد یک مغان (WKL – 125/2a)*



شکل۲: *منحنی راندمان پمپهای ایستگاه پمپاژ واحد یک مغان*

مواد و روش‌ها

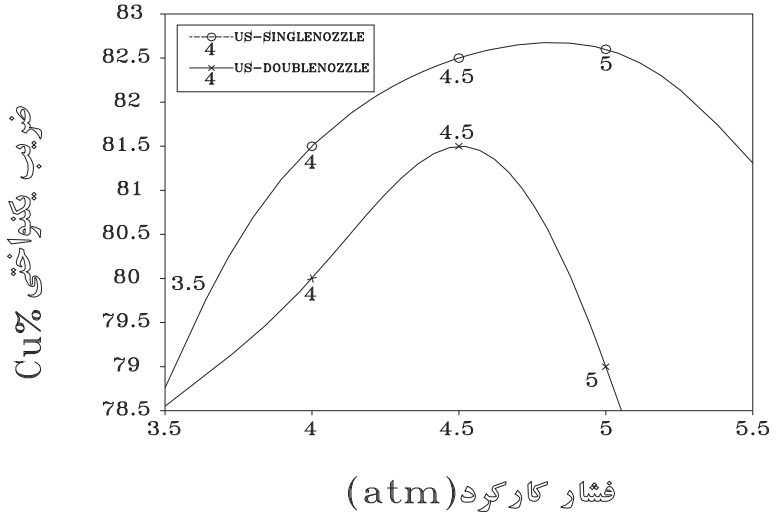
با ملاحظه منحنی مشخصه پمپهای ایستگاه پمپاژ واحد یک، حدفاصل کارکرد پمپهای اول تا سوم تنها سه نقطه وجود دارد که از لحاظ فشار کارکرد مناسب بوده و منطبق بر منحنی سیستم می‌باشد. به همین دلیل دبی مورد نیاز شبکه در صورت عدم تطابق با این سه نقطه، موجب تحلیل فشار اضافه به سیستم می گردد. برای کنترل فشار خروجی ایستگاههای پمپاژ روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد که به مهمترین آنها در ادامه اشاره می‌شود:

۱- کنترل ON/OFF پمپهای موازی

در این روش کنترل فلوپمپها بصورت ON/OFF کار می کنند که خاموش و روشن شدن پمپها می تواند بصورت اتوماتیک و با استفاده از کلید کنترل فشار انجام گیرد و یا به صورت دستی، توسط اپراتور انجام پذیرد. نقاط ضعف این روش بشرح ذیل می باشند:

الف- کاهش ضریب یکنواختی آبپاشها

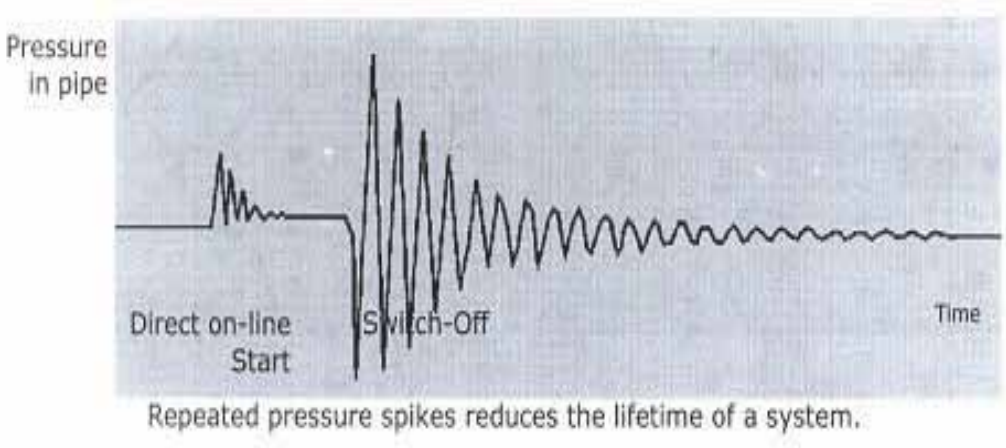
عدم کنترل دقیق فشار در زمانهایی است که نیاز مصرف در بین حد فاصل نقطه کار یک پمپ و دو پمپ قرار دارد، باعث ایجاد فشار مازاد و پرت انرژی و همچنین پایین آمدن راندمان آبیاری میگردد. در نمودار زیر مثال عملی از اثر تغییرات فشار روی ضریب یکنواختی آبپاش نلسون نشان داده شده است. همانطور که از نمودار مشخص است تغییرات فشار خارج از دامنه کارکرد بهینه آبپاشها، باعث کاهش شدید ضریب یکنواختی (Cu) و در نتیجه بالا رفتن تلف آب می‌شود.



شکل۳: *تغییرات ضریب یکنواختی با فشار کارکرد در آبپاش نلسون* P80

ب- اثر روش ON/OFF روی لوله های اصلی شبکه های تحت فشار و خطوط انتقال آب

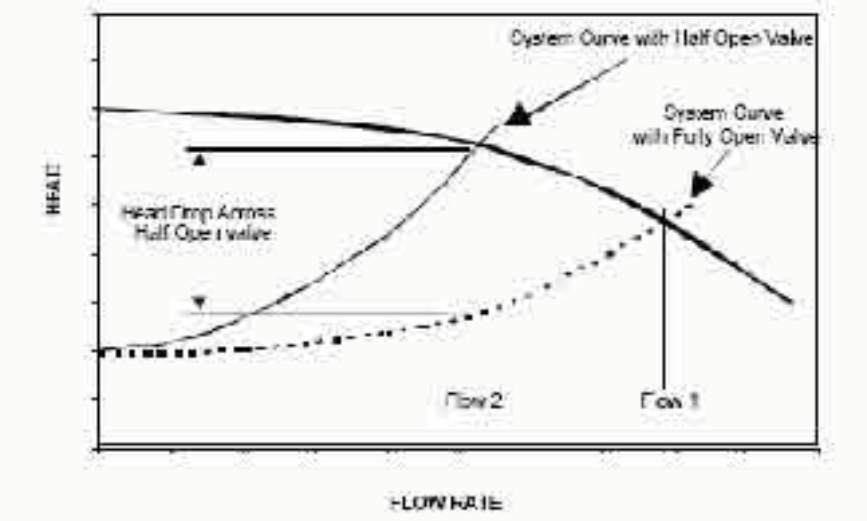
همانطوریکه در منحنی شکل زیر مشاهده می نمائید، هنگامیکه پمپ بصورت مستقیم در شبکه لوله آبرسانی استارت می شود، همچنین استاپ ناگهانی آن می تواند رزونسانس با دامنه میرا شونده در طول خط لوله ایجاد نماید و باعث کاهش عمر سیستم گردد.



شکل٤: *رزونسانس در شبکه لوله‌ها*

۲- استفاده از شیرهای کنترل فشار اتوماتیک و دستی

با این روش کنترل مطابق شکل زیر می‌توان پمپ را بصورت پیوسته روشن نگه داشت و تنها توسط باز و بسته کردن شیر، فشار مورد نیاز را تنظیم نمود. کنترل جریان در این روش در دو حالت شیر باز و شیر نیمه‌بسته در منحنی فوق نمایش داده شده‌است. وقتی که شیر را کمی می‌بندیم، تلفات اضافی اصطکاکی که متناسب با مربع جریان می‌باشد، اضافه می‌گردد. در نقطه کار دو، FLOW اختلاف هد بین دو منحنی افت فشار روی شیر می‌باشد و انرژی بصورت تلفات مقاومتی روی شیر ظاهر میگردد. در کاربردهای عملی با کنترل شیر بدلیل تلف کردن انرژی روی این شیر، هزینه های تعمیراتی شیر مخصوصا خوردگی و آلودگی ذرات مایع روی آن و در نتیجه هزینه های زمان کارکرد شیر بالا است. همچنین، راندمان سیستم به جهت اضافه کردن تلفات حرارتی کاهش می‌یابد.



شکل۵: *کنترل فلو با روش شیر کنترل*

۳- استفاده از شیر کنارگذر (BY Pass)

در این مدل کنترل پمپ بصورت دائم در ماکزیمم شرایط پروسه بوده و تنها یک شیرکنارگذر از خط ورودی به خروجی اضافه می گردد. بدین جهت با بازکردن این شیر، جریان خط خروجی به جهت بازگشت مایع از مسیر-BY PASS به ورودی را میتوان کنترل نمود، البته در این روش توسط ذخیره مایع در مخزن تغییرات درخواست جریان پروسه را تامین مینماید و در صورت سرریز شدن مخزن مجدداً این مایع به ورودی پمپ منتقل میگردد. این روش راندمان بهتری نسبت به روش قبل دارد و معمولاً به جهت کارکرد پمپ در ناحیه Safe، همواره شیر بای پاس را کمی باز می گذاریم تا پمپ در فلو صفر کار نکند. این روش به دلیل هزینه اولیه پایین، معمولی ترین و رایج ترین روش کاهش فشار می باشد و همانند روش قبل با تلفات انرژی همراه است. همچنین، دقت این روش به علت وابستگی به تاسیسات مکانیکی چندان بالا نمی‌باشد.

٤- استفاده از سیستم کنترل دور (درایو)

قبل از پرداختن به چهارمین روش کنترل فشار، لازم میباشد مرور کوتاهی بر مشخصات و قوانین حاکم بر پمپهای روتودینامیکی و همچنین شروع سیستم کنترل دور بشرح زیر داشته باشیم:

٤-١- قوانین تشابه

در عملکرد پمپ های سانتریفوژ به جهت تبعیت از قوانین Affinity روابط ریاضی ذیل حاکم است:

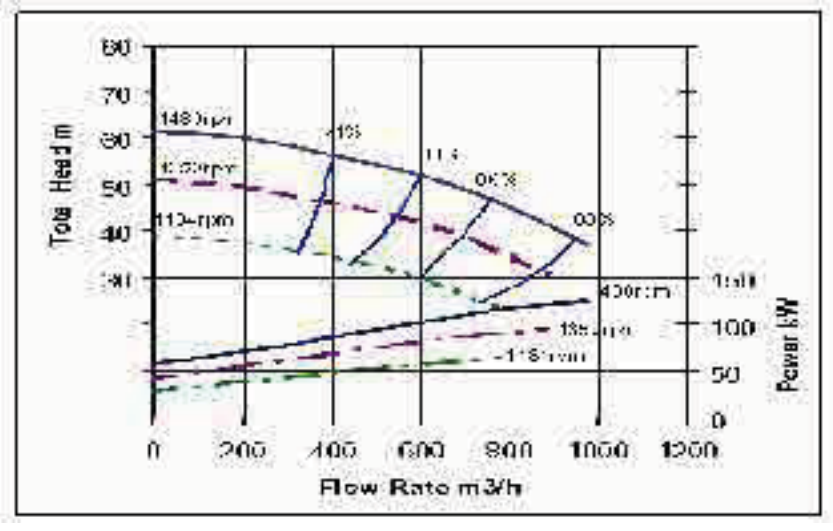
$Q \infty N$
$H \infty N^2$
$P \infty N^3$

که در آنها:

Q: دبی، H: فشار کارکرد، P: توان مصرفی (قدرت جذبی) و N: دور الکتروموتور هستند. براساس روابط فوق با تغییر کوچکی در سرعت، مقادیر زیادی تغییرات در توان مصرفی بوجود می‌آید(با توان سوم سرعت). بطوریکه مثلاً با کاهش ۱۰ ٪ سرعت، توان مصرفی حدود ۲۷ ٪ کاهش می‌یابد. منحنی مشخصه یک پمپ با تغییرات سرعت در شکل زیر ارائه شده‌است. همانطوریکه در این منحنی ها مشاهد ه می کنید، نقاط با راندمان یکسان بصورت خط هایی بر روی سه منحنی سرعت مختلف آمده است و با توجه به نقطه کار سیستم پمپ در نقطه BEP (Best efficieny point) میتوان با تلاقی منحنی سیستم بار، تغییرات در راندمان پمپ را بواسطه تغییرات دور مشاهده نمود.

٤-٢- پرفورمنس مکش پمپ (NPSH)

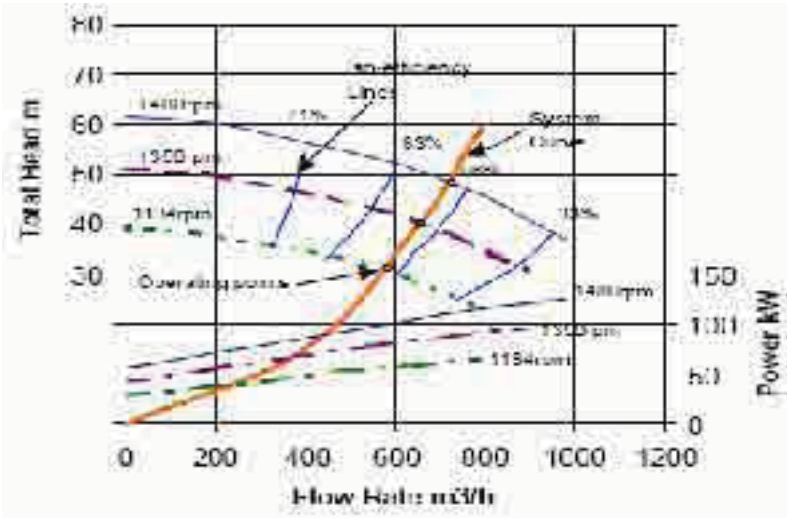
آب یا هر مایع در هر درجه حرارتی به ازاء یک فشار معین تبخیر میشود. بطور مثال آب درفشار یک اتمسفر در کنار دریا در ۱۰۰ درجه سانتیگراد بخار می‌شود. با توجه به مشخصه فوق، آب در نقاطی از چرخ پمپ به علت کاهش شدید فشار نسبت به فشار تبخیر، تبدیل به حبابهای بخار میشود و به همراه مایع به نقطه ای با فشار بالاتر حرکت میکند. حال در فشار بالا اگر بخار تقطیر شود، بعلت کاهش حجم ذرات مایع اطراف این بخار سرعت فوق العاده ای حتی تا ده برابر پیدا کرده و به پرده ها برخورد میکنند و ایجاد تخلخل در پرده ها میکنند که این عمل را کاویتاسیون گویند. توجه مهم و اساسی در منحنی های NPSH به هنگام استفاده از دور متغیر آنست که NPSH در دور حدود صفر به سمت صفر تمایل پیدا نمی کند و مقدار مینیممی دارد که بدین جهت نمی بایست پایین تر از این سرعت کار کند.



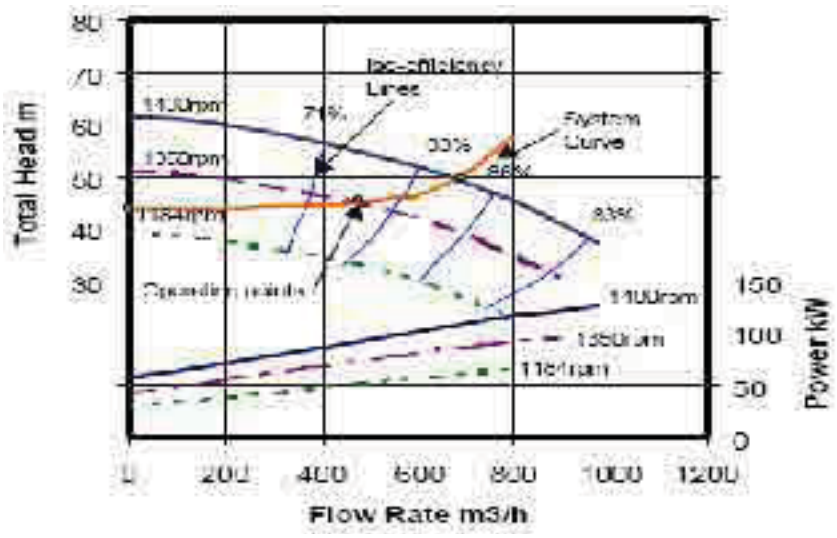
شکل ٦: *منحنی پمپ با توجه به متغیر بودن سرعت چرخ*

٤-۳- راندمان پمپ

در این بخش دو نوع از منحنی های سیستم با منحنی پمپ با دور متغیر به منظور مشاهده راندمان پمپ ها به هنگام استفاده از کنترل دور موتور توضیح داده میشود. در منحنی اول فرض بر آنست که بار سیستم پمپ کلاً تلفاتی بوده و پمپاژ در هد استاتیک صفر می باشد. همانطوریکه در این شکل زیر مشاهده می کنید، با تغییر سرعت پمپ از دور ۱٤۸۰ دور بر دقیقه تا دور ۱۱۸٤ دور بر دقیقه، در راندمان پمپ تغییری ایجاد نمی شود و این شاخص حدود ۸۵٪ می‌باشد. در منحنی دوم، منحنی بار (System curve) بصورت تلفاتی با هد استاتیک بالا است. در این حالت همانطوریکهاز شکل ۸ مشاهده می نمائید، با تغییر دور از ۱٤۸۰ دور بر دقیقه تا حدود ۱۲۵۰ دور بر دقیقه راندمان پمپ حدود ٤٪ کاهش یافته است. در ضمن نکته قابل تعمق دیگری که در منحنی مشاهده میگردد، این است که تغییرات جزئی سرعت تغییرات عمد ه دبی خروجی پمپ را ایجاد میکند و تا حدود ۱۵٪ تغییرات دور می توان رنج ۵۰٪ تغییرات دبی داشته باشیم. توجه کنید در حالت قبل تغییرات دور در دامنه وسیعتری می توانست تغییرات دبی فوق را داشته باشد.



شکل۷: *منحنی سیستم تلفاتی و پمپ دور متغیر*



شکل ۸: *منحنی بار با هد بالا و پمپ دور متغیر*

همچنین همانطوریکه مشاهده می‌کنید، در دور حدود ۱۱۰۰ پایین تر پمپ دیگر هد کافی جهت پمپ مایع در سیستم ایجاد نمی کند و راندمان پمپ و دامنه فلو صفر می گردد. در این صورت انرژی تنها به مایع منتقل می شود و مایع شدیدا گرم خواهد شد. توجه کنید که همواره بهترین روش کنترل دبی رگولاسیون سرعت بوده و از روش کنترل شیر بمراتب بازدهی بیشتری دارد چرا که پمپ در دور پایین تر علاوه بر صرفه جویی در انرژی الکتریکی، فشار هیدرولیکی روی چرخ پمپ را کاهش میدهد (بر اساس پروفایل، فشار در داخل کیس پمپ با توان دوم سرعت متناسب است) و همچنین نیروی روی بیرینگ کاهش یافته و عمر بیرینگ ها را افزایش می دهد. نکته حائز اهمیت دیگر این که در پمپهای روتودینامیک، عمر بیرینگ ها متناسب با معکوس توان هفتم سرعت است . همچنین با کاهش سرعت لرزش و نویز کاهش یافته و عمرآبندی پمپ (Seal) افزایش می‌یابد. با توجه به مطالب بالا این نتیجه نیز گرفته می شود که پمپ ها در سرعت بالاتر از سرعت نامی، توان بالا تری جذب می کنند. همچنین، استرس شفت و بارگذاری روی بیرینگ های آن بیشتر می شود. بدین جهت همواره بخاطر داشته باشید که موتور پمپ ها میبایست در دور بالاتر از دور نامی کار نکنند. در مورد آبندی یا seal، پمپ ها در کاربرد دور متغیرها به جهت اینکه seal مکانیکی مرسوم معمولا در دور پایین مشکلی ندارند، دور مینیممی بر ایشان تعریف نمی شود و تنها در نوع seal گازی میبایست دور محیطی چرخ از m/s ۵ کمتر نشود.

٤-٤- مزیت جریان راه اندازی پمپ ها با استفاده از کنترل دور موتور

جریان راه اندازی پمپ ها در چهار روش زیر مقایسه می گردد:

۱- روش ستاره مثلث (Star Delta)

۲- روش استارت بصورت مستقیم (Dol)

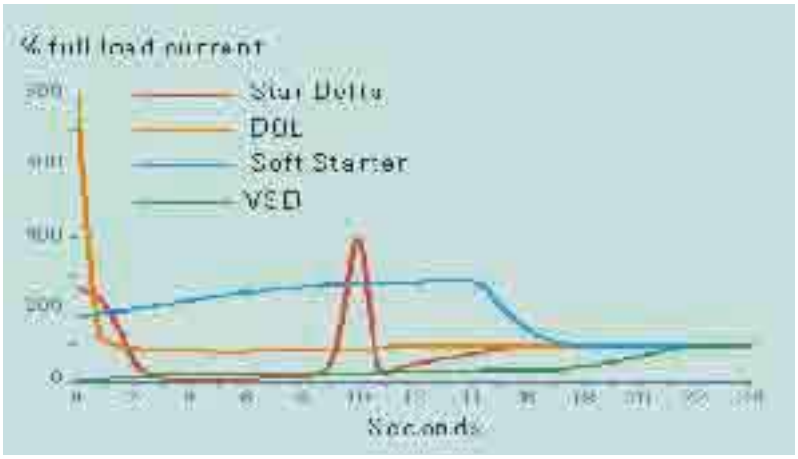
۳- روش راه انداز نرم موتور (Soft Starter)

۴- روش کنترل دور موتور (VSD)

در روش اول موتور حدود ۳۰۰ ٪ از شبکه جریان میکشد و سپس بعد از حدود ۱۰ ثانیه که از حالت ستاره به مثلث میرود، ضربه جریانی حدود ٤۰۰ ٪ خواهیم داشت و موتور بعد از حدود ۱۱ ثانیه به دور نامی میرسد. در شکل زیر این حالت مشاهده می شود. در روش دوم، به جهت استارت موتور بصورت مستقیم در حالت مثلث به شبکه جریانی حدود ۸۰۰ ٪ نیاز خواهیم داشت و کمتر از ۲ ثانیه موتور به دور نامی میرسد. در روش سوم موتور جریانی حدود ۲۵۰ ٪ تا ۳۰۰ ٪ را حدود ١٤ ثانیه می کشد و به دور نامی میرسد. در روش چهارم موتور به هنگام استارت کمتر از ۱۰٪ جریان نامی استارت می کند و پس از مدت حدود ١٦ ثانیه به دور نامی می رسد.

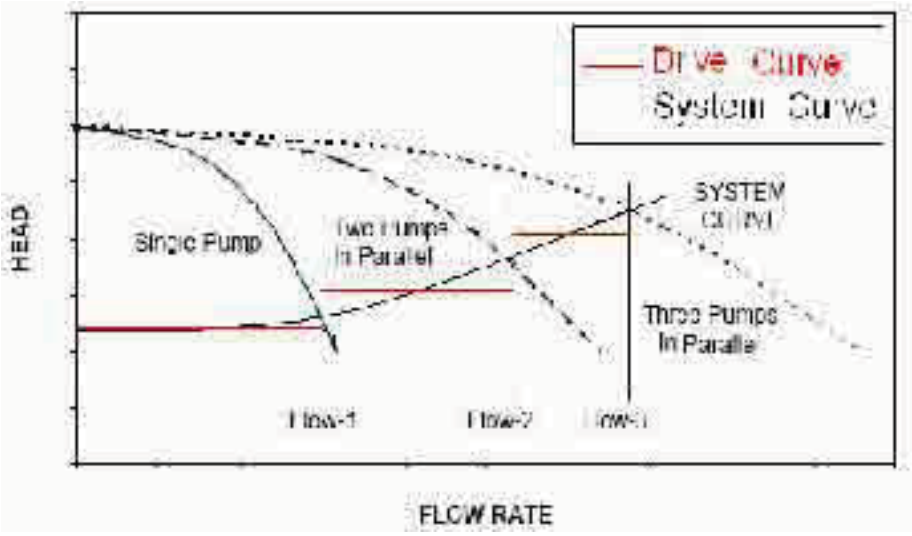
٤-٥- سیستمهای کنترل دور

دور متغیرهای الکترونیکی با نـام هـای VFD (Valiable frequency drive) یـا VVVF (Valiable Frequency Voltage Valiable) یا FC (Frequency convertes) شناخته می شوند. ر این سیستمها، کنترل سـرعت موتـور بـا تغییر فرکانس و ولتاژ موتور انجام می گردد. کنترل دورها معمولاً از دو بخش عمده یکسو سازی سـه فـاز بـرق شـهر (Rectifier) و قسمت اینوتر (IGBT Inverter) که تامین کننده ولتاژ سه فاز با فرکانس متغیر می باشد، شکیل شده‌اند.



شکل ۹: *مقایسه روشهای راه اندازی موتورها*

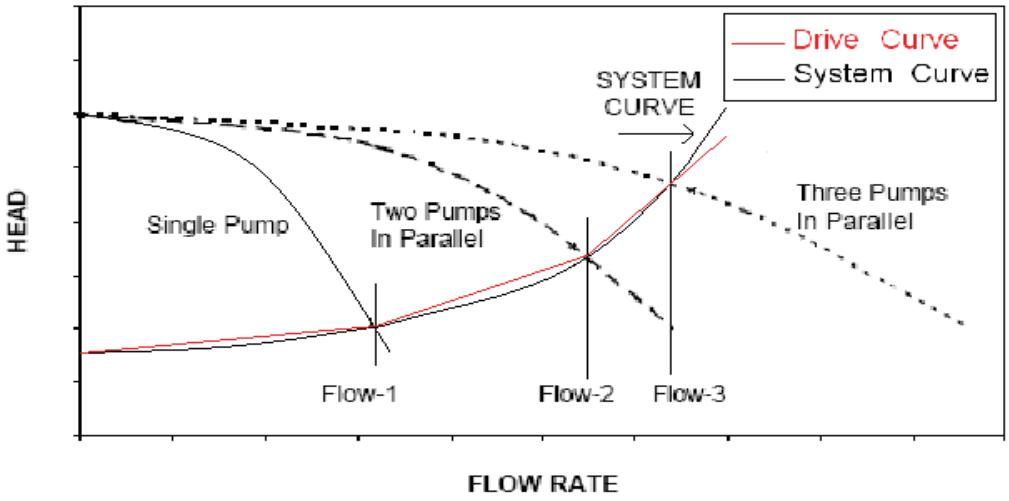
همانطور که پیشتر ذکر شد، سیستمهای کنترل دور دارای مزایای بسیار بوده و به همین دلیل امروز این سیستمها کاربرد وسیعی در صنعت و کشاورزی دارند. یکی از این مزایا که دلیل اصلی استفاده از این سیستم در پروژه بیله سوار مغان گردیده است، تغییر فشار مطابق با منحنی سیستم بوده است. درایوها این عمل را بسته به برنامه نرم افزاری به دو حالت پله ای و خطی انجام می دهند. نمودارهای زیر به تفهیم عملکرد کنترل دور در جهت کاهش فشار کمک می کنند. با توجه به شکل ۱۰ پیدا است، در حالت پله ای کنترل فشار در شرایط کارکرد یک پمپ و دو پمپ تبعیت قابل قبولی از منحنی سیستم دارد و زمانی که سیستم با حداکثر ظرفیت کار میکند، به علت زیاد شدن افتهای موضعی این اختلاف بیشتر از قبل می‌شود ولی هنوز هم تفاوت محسوسی با شرایط که کنترلی روی فشار در سیستم پمپاژ نمی باشد، دارد.



شکل ۱۰: *کنترل فشار به صورت پله ای*

در حالت دوم تغییرات فشار به صورت خطی بوده و نقاطی که برای Set Point درایو تعریف می‌گردد، شامل فشار پایه "دبی صفر" و فشار در نقطه‌ای که پمپ بعدی می‌بایست وارد مدار گردد، می‌باشد. همانطور که از شکل

۱۱ پیدا است، دراین حالت نقطه کار پمپ تبعیت بسیار خوبی از منحنی سیستم دارد و این قابلیت با دقتی که می-توان توسط کنترل دورها به آن دست یافت منحصر بفرد بوده و در هیچ سیستم کنترلی دیگری امکان دستیابی بدان میسر نمی‌گردد.



شکل ۱۱: *کنترل فشار به صورت خطی*

درایوها مزایای دیگری نیز دارند که به استفاده از آنها در پروژهای آبیاری و همچنین آبرسانی کمک می‌نماید. از آن جمله میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان تا ۳۰ ٪
- افزایش ضریب اطمینان سیستم
- افزایش عمر مفید تاسیسات الکتریکال و مکانیکال در ایستگاهها
- کاهش تجهیزات کنترلی در کابل برقها
- کاهش قابل ملاحظه در هزینه های بهره برداری و نگهداری ایستگاههای پمپاژ و شبکه
- به حداقل رساندن احتمال وقوع ضربه قوچ
- امکان نشت یابی با دقت قابل قبول
- جلوگیری از کاویتاسیون در پمپها و در نتیجه افزایش عمر مفید پمپ
- استارت و استپ نرم
- انعطاف پذیری بالا به علت قابلیت برنامه ریزی مطابق با خواسته های کاربر

بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی روش‌های مختلف موجود و باتوجه به‌مزایای قابل‌توجه درایو، در ایستگاههای پمپاژ ثانویه بیله‌سوار از سیستم کنترل‌دور استفاده شده‌است. سیستم کنترل دور معمولاً برای یک الکتروموتور مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی در برخی از ایستگاههای پمپاژ بسته به شرایط، ممکن است از یک درایو برای چند الکتروموتور استفاده شود و تنظیم فشار خروجی ایستگاه از طریق کنترل دور یکی از الکتروپمپها صورت‌پذیرد. در طرح بیله سوار نیز با بررسی‌های

انجام‌شده و مشورت با متخصصین این سیستم و بمنظور کاهش هزینه ها، در هر ایستگاه پمپاژ تنها از یک درایو استفاده شده است.

ویژگیهای برنامه و دستگاه کنترل دور ایستگاه پمپاژ بیله سوار مغان (Multi-Pump Control ASIRC007V100 Application-):

این برنامه براساس برنامه استاندارد Pump & Fan Control Application طراحی شده است. هدف از این برنامه، استفاده از یک دستگاه کنترل دور موتور Vacon برای راه اندازی و کنترل سرعت حداکثر پنج پمپ بصورت موازی در ایستگاههای پمپاژ آب و سیستمهای بوستر پمپ و در نهایت کنترل و تثبیت فشار (یا فلو یا سطح آب) میباشد. این سیستم بصورت کاملاً اتوماتیک و بصورت PID-Control عمل می نماید و نیاز به هیچگونه سیستم جانبی مانند PLC یا کنترلرهای فشار یا ترانسمیتر و غیره ندارد. روش کار به اینصورت می باشد که در این سیستم برای هر یک از پمپها دو عدد کنتاکتور در نظر گرفته می شود. یکی از کنتاکتورها پمپ را به دستگاه کنترل دور وصل می کند و کنتاکتور دیگر پمپ را مستقیماً به برق شبکه متصل می نماید. یک عدد سنسور فشار(یا سطح) برای اندازه گیری فشار خروجی سیستم استفاده میشود. این سنسور مستقیماً به دستگاه Vacon متصل میشود و توسط یک ولوم یا از روی پانل دستگاه Vacon میتوان فشار (Set Point) را تنظیم نمود. وقتی سیستم استارت می شود، دستگاه Vacon پمپ شماره یک را انتخاب کرده و آن را بصورت نرم راه اندازی می نماید و سرعت پمپ را افزایش می دهد تا جائیکه فشار سیستم به فشار موردنظر(Set Point) برسد. اگر سرعت پمپ اول به مقدار نهائی خود برسد ولی فشار کافی نباشد، کنترل دور یک لحظه متوقف می شود و پمپ اول را از خود جدا کرده و آنرا تحویل شبکه می دهد و پمپ شماره دو را انتخاب کرده و آنرا بصورت نرم استارت می کند و دور آنرا افزایش می دهد تا جائیکه فشار موردنظر تأمین شود. اگر سرعت این پمپ نیز به مقدار نهائی رسید ولی فشار کافی نبود این پمپ نیز تحویل شبکه شده و پمپ شماره سه انتخاب میشود و این عمل ادامه مییابد تا فشار موردنظر تأمین شود. در حالت عکس، در صورتیکه فشار سیستم از فشار موردنظر بالاتر رود، دستگاه Vacon ابتدا سرعت پمپ تحت کنترل خود را کاهش می دهد. اگر سرعت این پمپ به کمترین مقدار خود برسد ولی فشار همچنان زیاد باشد دستگاه Vacon پمپ تحت کنترل خود را خاموش کرده و پمپ قبلی را از شبکه تحویل می گیرد و شروع به کاهش دور آن مینماید. این کار تا جائی ادامه مییابد که فشار سیستم دوباره تثبیت گردد.

مهمترین قابلیتهای این سیستم مورد استفاده:

۱- کنترل تمام اتوماتیک سیستم تنها با استفاده از یک دستگاه کنترل دور Vacon

۲- راه اندازی نرم تمام پمپها توسط دستگاه کنترل دور Vacon که در اینصورت نیاز به هیچ سیستم راه اندازی نمیباشد.

۳- کنترل سرعت یکی از پمپها برای تنظیم دقیق فشار خروجی با استفاده از سیستم PID

٤- تنظیم فشار Set Point بصورت خیلی ساده و با یک ولوم یا از روی پانل دستگاه.

۵- قابلیت تشخیص دور پمپ در حال کار هنگامی که دستگاه Vacon پمپ را از شبکه تحویل می گیرد و همان دور قبلی را ادامه داده و سپس بصورت نرم آنرا کاهش می دهد که این عمل باعث می شود هر یک از پمپها بصورت نرم استپ شوند.

٦- امکان نمایش پارامترهای سیستم روی پانل دستگاه (حداکثر سه پارامتر بصورت همزمان) مانند فشار خروجی، فشار تنظیمی (Set Point) جریان، ولتاژ، تعداد پمپهای در حال کار و ...

۷- دارای سیستم Change Over یا Auto Change به صورت وارد کردن یک پارامتر برحسب ساعت (ماکزیمم ۲۰۰۰ ساعت) که این عمل باعث میشود زمان کارکرد تمام پمپها یکسان شود.

۸- امکان تنظیم تأخیر بین باز و بسته شدن کنتاکتورها توسط پارامترهای پیش بینی شده در Vaconبرای ایمنی بیشتر سیستم و جلوگیری از بروز خطا در کنتاکتورهای خروجی

۹- امکان تنظیم مینیمم دور و ماکزیمم دور برای هر یک از پمپها بصورت مستقل، وقتی با کنترل دور کار می‌کنند.

۱۰- امکان تنظیم زمان انتظار برای هر یک از پمپها بصورت مستقل هنگام تحویل دادن پمپ به شبکه یا خاموش کردن پمپ که در اینصورت از قطع و وصل بیمورد پمپها جلوگیری میشود.

۱۱- امکان استارت اتوماتیک در مواقع قطع و وصل برق یا بروز خطا در سیستم.

۱۲- امکان تغییر پله ای مقدار Set Point وقتی پمپها تک تک وارد مدار میشوند.

۱۳- امکان تنظیم تمامی پارامترهای سیستم PID-Control بصورت ساده

در حال حاضر قریب به دو سال است که فاز یک پروژه افتتاح گردیده است. در طی این مدت مشخص گردیده که اولا استفاده از این سیستم به طور چشمگیری هزینه های اپراتوری و سرویس و نگهداری شبکه را کاهش میدهد، ثانیا به علت حفاظهای الکتریکی، خرابی این سیستم تا کنون گزارش نشده است و ثالثا کارکردن با این سیستم برای کاربر بسیار آسان بوده است. بزرگترین مشکل و شاید تنها عیب این سیستم، کالیبراسیون آنها میباشد. کالیبره کردن (Set Point) ها در درایو باید با حوصله و دقت کافی انجام پذیرد و در آن صورت میتوان انتظار داشت که سیستم سالها با کمترین مشکل به کار خود ادامه دهد.

منابع

۱- کاویانی، ا. ۱۳۸٤. سرعت مخصوص پمپهای گریز از مرکز. فصلنامه تخصصی صنعت پمپ.

2- Lamaddalena, N.. 1985. Performance Analysis Of On-Demand Pressurized Irrigation Systems. FAO Irrigation and Drainage Paper,No. 59.

3- Sanks, R.L. 1998. Pumping Station Design (2nd Edition) Butterworth.

4- British Pump Manufactures Association. Variable Speed Drive. The Mehran Bulding, 35 Dale End, B47 Ln Birmangham. ENGLAND.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خرداد ماه ۱۳۸۶

کاربرد سیستم کنترل اتوماتیک یکپارچه در طرح شبکه آبیاری تحت فشار
(مطالعه موردی شبکه آبیاری تحت فشار سور مقداد در استان خوزستان)

علاء پرهیزگار[۱]، محمد سلاخ‌پور[۲] و نسیم مستوفی‌زاده[۳]

چکیده

طرح شبکه آبیاری تحت فشار سور مقداد با وسعت ٤٠٠ هکتار در جنوب شرقی شهرستان امیدیه واقع در جنوب شرقی استان خوزستان می باشد. منبع تأمین آب این طرح رودخانه زهره بوده و سیستم آبیاری اراضی مورد نظر بصورت قطره ای می باشد. در تحقیق انجام شده با هدف اتوماسیون سامانه آبیاری تحت فشار، سیستم فیلتراسیون و پمپاژ طرح بصورت سیستم کنترل اتوماتیک یکپارچه طراحی و مطالعه گردیده است. در سیستم فیلتراسیون با توجه به نیاز شستشوی فیلتراسیون و تنظیم میزان تزریق کود متناسب با دبی خروجی، با نصب شیرآلات کنترلی از نوع شیر آلات پنوماتیکی، نسبت به ایجاد سیستم کنترل هوشمند فیلتراسیون اقدام گردید. در طرح ارائه شده تعیین زمان شستشوی فیلتراسیون براساس اعلام وضعیت سنسور تشخیص گرفتگی و توسط یک PLC (Program Logic Control) برنامه ریزی شده و از طریق فرمان به شیرآلات پنوماتیکی انجام می گیرد. در سیستم پمپاژ طرح با توجه به تغییر دبی مورد نیاز و لزوم داشتن فشار ثابت، از یک سیستم با قابلیت کنترل فشار در دامنه تغییرات تنظیم شده استفاده می‌گردد. این سیستم می‌بایست به نحوی عمل نماید که علاوه بر قابلیت کنترل اتوماتیک براساس فیدبک فشار، دبی و وضعیت باز شدگی شیرهای خروجی، دبی مورد نیاز را بصورت یک سیستم کنترلی یکپارچه تأمین کند . به منظور دستیابی به شرایط مطلوب بهینه سازی مصرف انرژی، تأمین فشار ثابت و قابلیت اتصال به PLC مرکزی سیستم، از کنترل دور فرکانس FCD (Frequency control drive) استفاده شده‌است. این سیستم کنترل مرکزی قابلیت هماهنگی عملیات پمپاژ، کنترل فیلترهای تحت فشار، ثبت خطاها وگزارش های مختلف بمنظور بررسی راندمان آبیاری، میزان آب مصرفی،زمان آبیاری و .. را دارا می‌باشد. استفاده از سیستم‌های کنترل مرکزی اتوماتیک یکپارچه دارای مزایای ۱- کاهش هزینه

---

[۱]- مدیر امور نفت و گاز و مسئول بخش هیدرومکانیکال شرکت مهندسی مشاور دزآب

[۲]- کارشناس شرکت مهندسی مشاور دزآب

[۳]- کارشناس شرکت مهندسی مشاور دزآب

نیروی انسانی، ۲- کاهش خطاها ی ناشی از بهره برداری توسط اپراتور، ۳- صرفه جویی در هزینه بـرق بـا توجـه بـه بکارگیری FCD و کنترل مجموعه توسط PLC، ٤ – امکان پیگیری خطاها بمنظور رفع سریع آنها با هدف جلوگیری از اتلاف آب و ٥- امکان تنظیم دقیق ساعت آبیاری و اعمال صحیح تقویم آبیاری، است.

کلمات کلیدی: آبیاری تحت فشار، واحد کنترل مرکزی، سیستم کنترل اتوماتیک و فلیتراسیون

مقدمه

طرح شبکه آبیاری تحت فشار سورمقداد در راستای تحقق اهداف توسعه سیستم های آبیاری تحت فشار در اراضی کشاورزی کشور با توجه به نیاز روز افزون به صرفه جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از منابع خاک, از طرف سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان ارائه گردیده است. طرح شبکه آبیاری تحت فشار سورمقداد امیدیه در مساحتی معادل ٤۰۰ هکتار در مجاورت رودخانه زهره واقع گردیده است. اراضی مورد نظر از لحاظ جغرافیایی در طول جغرافیایی ´۵۲ –°٤۹ تا ´۵۳ –°٤۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۱ –°۳۰ تا ´۳۲–°۳۰ شمالی واقع گردیده است. در حال حاضر جهت تأمین آب اراضی موجود در محدوده طرح ایستگاه پمپاژی با ظرفیت دبی ٤۰۰ لیتر در ثانیه به همراه خط انتقال فلزی احداث گردیده است. سیستم آبیاری برگزیده در منطقه با توجه به شرایط حاکم و نوع گیاهان پیشنهادی، برای گیاهان زراعی سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، برای صیفی جات و درختان زیتون سیستم آبیاری قطره ای (با قطره چکان های خود شوینده و خود تنظیم) و برای درختان نخل آبیاری حبابی (بابلر) می باشد. مجموع مساحت تحت پوشش سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک به ترتیب ۲۵۰ هکتار، آبیاری قطره‌ای صیفی جات ۷۰ هکتار، آبیاری قطره‌ای باغات زیتون ٤۰ هکتار و آبیاری حبابی باغات نخل٤۰ هکتار میباشد. قطعه بندی اراضی در طراحی شبکه آبیاری تحت فشار، بصورت قطعات ۵ هکتاری آبیاری بارانی، ٦ هکتاری آبیاری قطره ای صیفی جات و ٦ هکتاری آبیاری قطره ای باغات در نظر گرفته شده است. بر این اساس مجموع تعداد واحدهای آبیاری بارانی ۵۲ عدد با مساحت ۲۵۰ هکتار و مجموع تعداد واحدهای زراعی آبیاری قطره‌ای ۲۸ عدد با مساحت ۱۵۰ هکتار خواهد بود. مبنای نوبت‌بندی واحدهای زراعی جهت آبیاری، تقویم آبیاری محاسبه شده برای گیاهان مختلف الگوی کشت می‌باشد. در انتخاب واحدهای همزمان جهت آبیاری در این بازه های زمانی، سعی گردیده تا حتی‌المقدور این واحدها به یکدیگر نزدیک بوده تا از نظر بهره‌برداری و آبیاری، شرایط مساعدتری برای زارعین فراهم گردد. مدت زمان لازم جهت آبیاری در ماه پیک (به لحاظ تبخیر و تعرق حداکثر گیاه) بر مبنای محاسبات نیاز آبی جهت باغات و صیفی جات در روش آبیاری قطره‌ای برابر با هشت ساعت و دور آبیاری دو روزه می‌باشد. با توجه به دو روزه بودن دور آبیاری، ایستگاه پمپاژ در دو نوبت هشت ساعته در هر روز فعال می‌باشد. در روز اول و به مدت هشت ساعت واحدهای زراعی شماره ۱ الی ۷ آبیاری می‌شوند و در ادامه روز اول، به مدت هشت ساعت دیگر واحدهای زراعی شماره ۸ الی ۱۳ آبیاری می‌گردند. در هشت ساعت ابتدائی روز دوم نیز واحدهای زراعی شماره ١٤

الی ۲۰ و در هشت ساعته دوم از روز دوم هم واحدهای شماره ۲۱ الی ۲۸ آبیاری می‌گردند (پلان شبکه آبیاری موضعی در شکل ۳ آورده شده است).

خط لوله انتقال آب مجموعه آبیاری موضعی با نام **TPL** پس از خروج از سیستم فیلتراسیون ایستگاه پمپاژ با آبدهی ۱۱۰ لیتر در ثانیه، قطر ۳۱۵ میلیمتر و از جنس پلی اتیلن با فشار کارکرد ٦ اتمسفر، آب مورد نیاز اراضی شبکه آبیاری موضعی را تأمین می‌نماید. جهت تصفیه آب رودخانه زهره و مناسب ساختن آن برای ورود به خطوط انتقال شبکه آبیاری تحت فشار، نیاز به احداث حوضچه ترسیب و سیستم فیلتراسیون شامل هیدروسیکلون، صافی‌های شنی و فیلترهای دیسکی پیش بینی گردیده است. در شبکه آبیاری تحت فشار موضعی طرح سورمقداد، با هدف اتوماسیون نمودن سامانه آبیاری تحت فشار، سیستم فیلتراسیون و پمپاژ طرح بصورت سیستم کنترل اتوماتیک یکپارچه طراحی و مطالعه گردیده است. در ادامه به تشریح این سیستم پرداخته شده است.

سیستم کنترل هوشمند

به منظور طراحی سیستم کنترل هوشمند در یک طرح آبیاری قطره ای با توجه به نوع تجهیزات مورد نیاز جهت آبیاری، تجهیزات مورد نیاز به چهار دسته: ۱- تأسیسات تأمین فشار، ۲- تأسیسات تصفیه فیزیکی، ۳- شبکه آبیاری و ٤- سیستم کنترل یکپارچه، تقسیم می گردند که ذیلا تشریح می شوند.

۱- تأسیسات تأمین فشار

به منظور تأمین فشار مورد نیاز جهت آبیاری قطره ای با توجه به انجام محاسبات هیدرولیکی شبکه آبیاری و محاسبات افت های موضعی از قبیل: الف- شیرآلات و اتصالات، ب- فیلتراسیون و میکروفیلترها و ج- افت هیدرولیکی خط انتقال تا محل خروجی قطره چکانها، انتخاب الکتروپمپ انجام میگیرد. الکتروپمپ براساس دبی و فشار در حالت عملکرد عادی شبکه انجام میگیرد. در زمان بهره برداری از شبکه با توجه به نوع آرایش شبکه آبیاری و بروز اشکالات در زمان انجام آبیاری از قبیل: الف- بسته شدن شیر مسیر تغذیه، ب- گرفتگی فیلترهای شنی تحت فشار (ناشی از کدورت آب خام، ج- گرفتگی میکروفیلتر ناشی از کدورت آب عبوری و د- خطر گرفتن شیرآلات مسیر در حالت نیمه باز، باعث خواهد شد فشار و دبی شبکه تغییر یابد که می بایست این موضوع بررسی و از افزایش فشار یا دبی ناگهانی جلوگیری نمود. با توجه به موضوع فوق از سیستم کنترل FCD (Frequency Control drive) استفاده میگردد. این سیستم، قادر میباشد با کنترل دور الکتروپمپ تحت کنترل، نسبت به تثبیت فشار ناشی از خطاهای فوق عمل نماید. به منظور کنترل فشار نیاز میباشد یک فیدبک از فشار خروجی سیستم به سیستم کنترل دور وارد گردد (سیگنال ۲۰-٤ میلی آمپر) و براساس فیدبک جریان، دور الکتروپمپ در حد مورد نیاز تنظیم یا تعدادی از پمپها به دلیل افزایش فشار یا کاهش، روشن یا خاموش میگردد. و در خصوص افت ناگهانی فشار که بیانگر شکستگی در خط لوله یا نشت زیاد شبکه میباشد، آلارم لازم، صادر و سیستم بطور کامل خاموش میگردد تا بهره بردار نسبت به بررسی موضوع و رفع مشکل حاصله اقدام نماید.

با توجه به هزینه های انرژی مصرفی که یکی از عمده هزینه های دوران بهره برداری میباشد و به منظور همه گیر شدن بکارگیری سیستمهای اتوماسیون، به منظور مدیریت انرژی و کاهش هزینه انرژی، نیازمندیم برای مقوله پمپاژ نکات ذیل را مورد توجه قرار دهیم:

الف- تغییر نقطه کار با توجه به تغییر مصرف، بطوریکه الکترو پمپ همیشه در حوالی نقطه BEP(Best efficiency point) کار نماید.

ب- استفاده از الکتروپمپ با کیفیت بالاتر و راندمان بیشتر

ج- تغییر و اصلاح الگوهای مصرف انتقال

د- انتخاب صحیح الکتروپمپ با توجه به نقطه کار در حالت کار نرمال سیستم، در مدیریت مصرف انرژی

از آنجایی که هر الکتروپمپ فقط در ناحیه محدودی از ارتفاع و آبدهی موسوم به محدود BEP با بیشترین راندمان کار مینماید (شکل ۱)، هرگونه تغییر در نقطه کار منجر به خروج نقطه کار الکتروپمپ از محدوده BEP شده و مشکلات زیر را به همراه خواهد داشت:

۱- افزایش آبدهی در محدوده BEP

۲- کاهش آبدهی از محدوده BEP

که در هر دو مورد فوق باعث بروز مشکلات ذیل خواهد شد:

الف- افت یا افزایش فشار شبکه آبیاری

ب- کاهش راندمان

ج- افزایش فشار بر یاتاقان ها و کاهش عمر یاتاقان ها و گرم شدن اضافه موتور

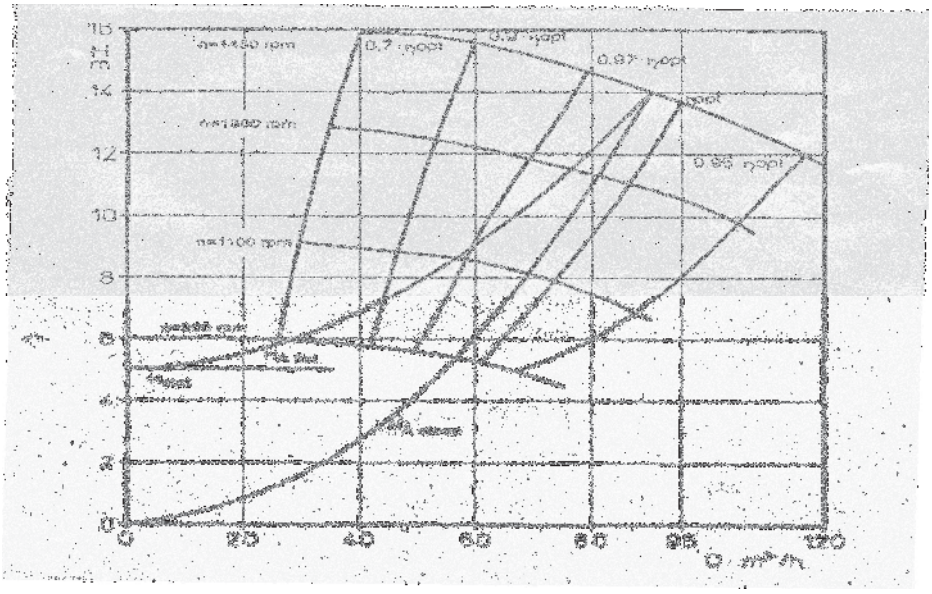
د- افزایش مصرف انرژی

با توجه به مشکلات مذکور، کنترل عامل افزایش یا کاهش آبدهی الکتروپمپ که متأثر از میزان مصرف شبکه آبیاری میباشد، با تغییرات دبی مصرفی، شاهد مشکلات فوق خواهیم بود لذا با توجه به رابطه های $Qx/Q = Nx/N$ و $Hx/H/(Nx/N)^2$ و با توجه به تغییرات دبی با کنترل دور، امکان کنترل فشار در نقطه کار مناسب، میسر میباشد. در نتیجه راندمان هیدرولیکی پمپ اصلاح و از اتلاف انرژی جلوگیری بعمل می آید. رابطه ذیل این موضوع را نشان میدهد.

$$Px/P = Lx/L \cdot (Nx/N) \qquad (۱)$$

روشهای کنترل دور الکتروپمپ به روشهای: الف- تغییر ولتاژ تغذیه الکتروپمپ ها، ب- تغییر قطبهای الکتروموتور، ج- تغییر فرکانس و د- تغییر هد به روش مکانیکی با استفاده از کوپلینگهای هیدرولیکی یا گیربکس های کاهند دور تقسیم می شوند. با توجه به روشهای فوق راه مناسب، کنترل فرکانس میباشد که علاوه بر کاهش دور، قابلیت افزایش دور بیش از دورنامی(e) با توجه به استقامت مکانیکی الکتروپمپ را دارا میباشد. دستگاههای کنترل دور فرکانسی با تغییر فرکانس (به همراه تغییر ولتاژ) قادر هستند در محدوده وسیعی سرعت الکتروپمپ را کنترل نماید بهترین محدوده بین ۱۵ تا ۱۲۰ درصد دور سنکرون میباشد. نکته قابل توجه مسائل خنک کننده الکتروموتورها در دور پائین میباشد (در محدوده

دور ۴۰ درصد دور نامی) که نیاز به تجهیزات کمکی مورد نیاز است لذا با توجه به این موضوع توصیه سازندگان FCD تغییرات فرکانس در محدوده ۳۰ تا ۵۰ هرتز میباشد.



شکل ۱: *منحنی Q-H در دوره های مختلف*

۲- تأسیسات تصفیه فیزیکی

به منظور حذف ذرات آب از فیلترهای تحت فشار شنی از تأسیسات تصفیه فیزیکی استفاده میگردد. این فیلتر حاوی ماسه سیلیس با خلوص ۹۸ درصد میباشد که براساس دانه بندی آن قادر میباشد کدورت آب را تا حد قابل توجه کاهش دهد. فیلترهای شنی تحت فشار با توجه به زمان در مدار بودن، دچار گرفتگی ناشی از ایجاد لایه رسوب بر سطح فیلتر خواهد شد. در نتیجه گذردهی فیلتر کاهش می یابد و لازم است فیلتر به روش معکوس شستشو گردد و پس از حذف لایه رسوب فوقانی و تمیز شدن فیلتر مجدداً در مدار بهره برداری قرار گیرد. آب خروجی فیلتر به واسطه وکیوم ایجاد شده در مسیر خود کود را مکش نموده و بعد از گذردهی از میکروفیلترها به شبکه آبیاری تزریق مینماید. روی هریک از فیلترها تعدادی شیرآلات نصب میگردد. این شیرآلات در زمان بهره برداری و شستشوی معکوس در وضعیتهای مختلفی قرار میگیرند. تا پروسه شستشو فیلترها به اتمام برسد.

به منظور کنترل اتوماتیک پروسه فیلتراسیون، نیاز میباشد تجهیزات ابزار دقیق بر روی فیلترها نصب تا قابلیت کنترل اتوماتیک سیستم مهیا گردد. تجهیزات ابزار دقیق به شرح ذیل میباشند:

- شیرآلات محرک پنوماتیکی دارای لمیت سوئیچ جهت اعلام وضعیت مسیرهای شیرآلات
- سنسور تشخیص گرفتگی فیلتر براساس اختلاف فشار (DPS)
- جریان سنج به منظور تشخیص میزان جریان عبوری

- سطح سنج التروسونیک جهت اندازه گیری میزان کود موجود در مخزن
- کمپرسور تأمین هوای فشرده به انضمام مخزن ذخیره و تجهیزات جانبی

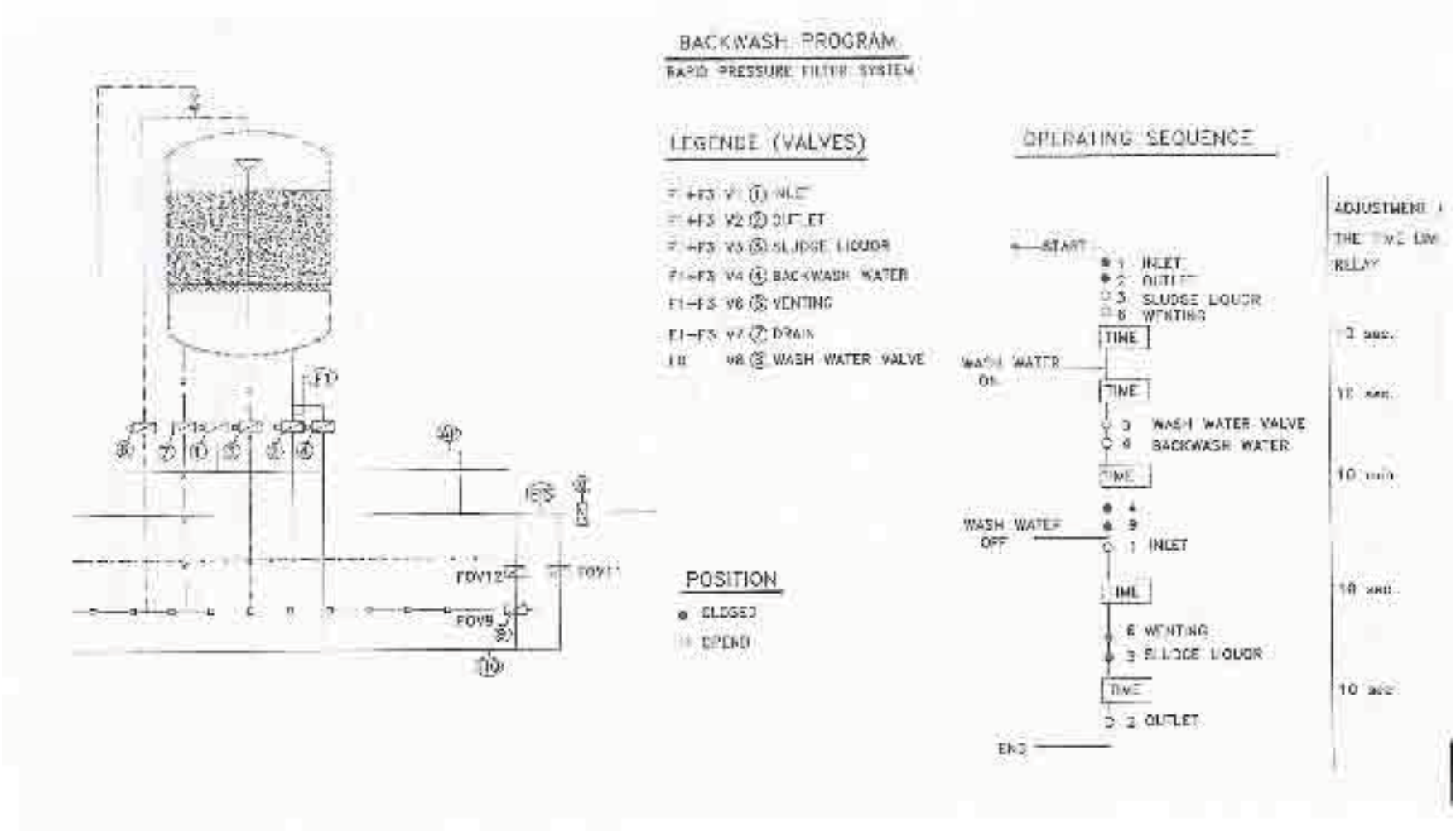
کنترل اتوماتیک پروسه فیلتراسیون، در زمان عملکرد نرمال و گرفتگی فیلتر قابل بحث و بررسی می باشد. در حالت عملکرد نرمال فیلتراسیون، شیرهای ورودی و خروجی فیلتر باز بوده و آب خروجی به سمت میکروفیلترها هدایت خواهد شد. در مسیر جریان به واسطه مکش، کود مایع نیز به همراه سیال منتقل خواهد شد. به منظور سنجش مقدار دبی خروجی سیستم، یک جریان سنج در خط خروجی تأسیسات فیلتراسیون نصب می گردد که قابلیت اندازه گیری جریان و ارسال سیگنال لازم جهت سیستم کنترل الکتروپمپ ها را دارا می‌باشد. در جریان عملکرد فیلتر به واسطه گرفتگی سطح فیلتر، ایجاد اختلاف فشار در ورودی و خروجی فیلترها را شاهد خواهیم بود. این اختلاف فشار تا حد ۵ متر ستون آب حالت عادی می باشد و تا حد ۷ متر ستون آب نشان‌دهنده گرفتگی فیلتر می‌باشد لذا پس از اعلام گرفتگی فیلتر توسط سنسور مربوطه پروسه شستشو انجام می‌گیرد. شکل ۲ پروسه شستشو را نشان می دهد. در کلیه مراحل بهره برداری توسط لول سنج مقدار کود موجود در مخزن کود اندازه گیری و آلارم لازم جهت بهره بردار ارسال می گردد.

۳- شبکه آبیاری

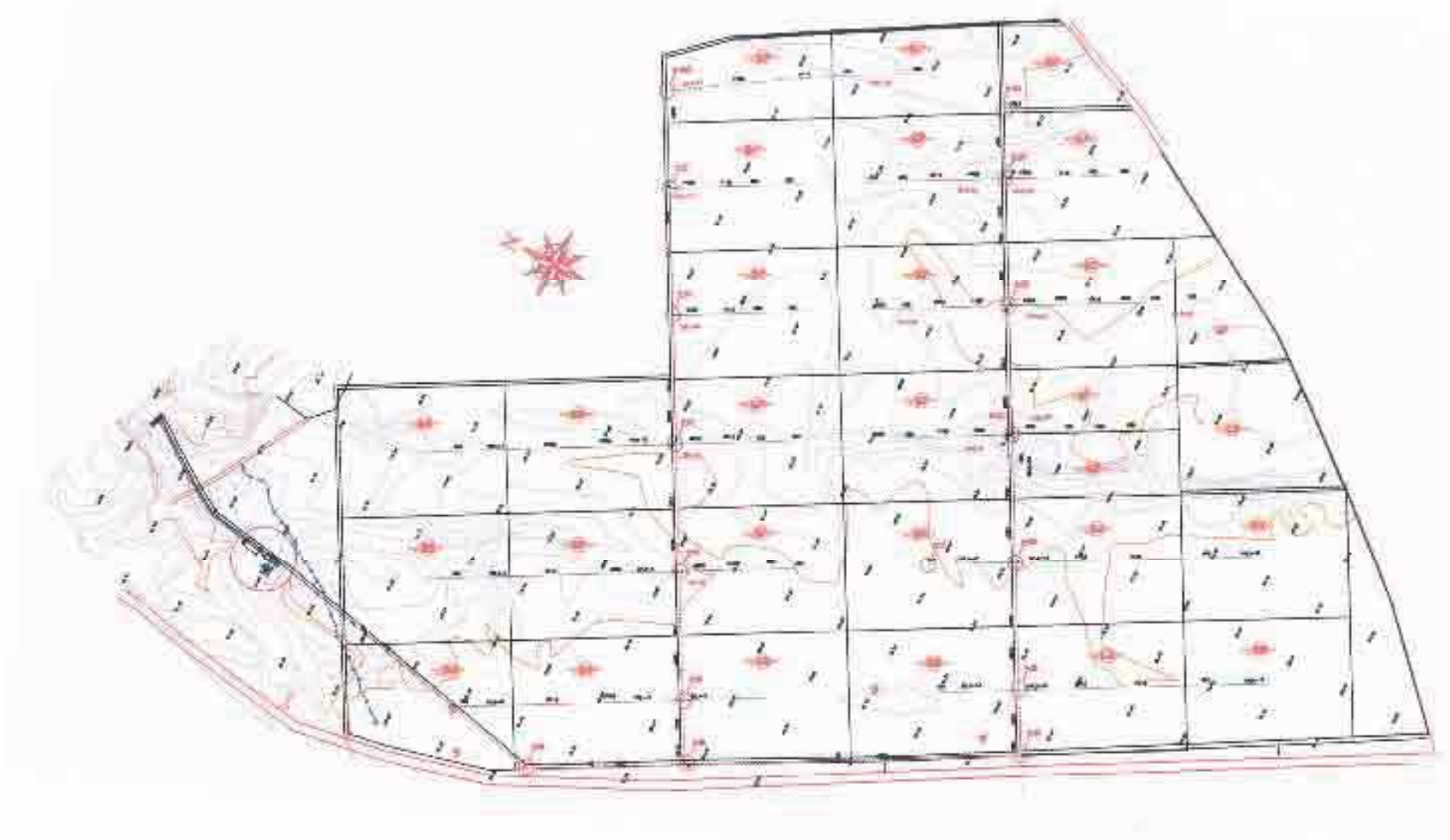
با توجه به تقسیم بندی اراضی قابل کشت و مساحت بندی انجام گرفته، شبکه آبیاری طراحی و به دنبال انجام محاسبات هیدرولیکی قطر لوله های شبکه مشخص خواهد شد. به منظور امکان برنامه ریزی آبیاری براساس الگوی کشت، نیاز می باشد شیرآلات کنترلی (شیر با محرک برقی) در مسیرهای خروجی نصب گردد تا بتوان براساس فرمان، سیستم کنترل تغییر وضعیت داده و درحالت دلخواه قرار گیرد. شیرآلات مزبور علاوه بر قابلیت کنترل از راه دور، امکان بررسی وضعیت شیر در اتاق کنترل خواهد بود. شبکه آبیاری طرح مزبور در شکل (۳) مشخص شده و با توجه به تقویم آبیاری آرایش شیرآلات نیز مشاهده می گردد.

٤- سیستم کنترل یکپارچه

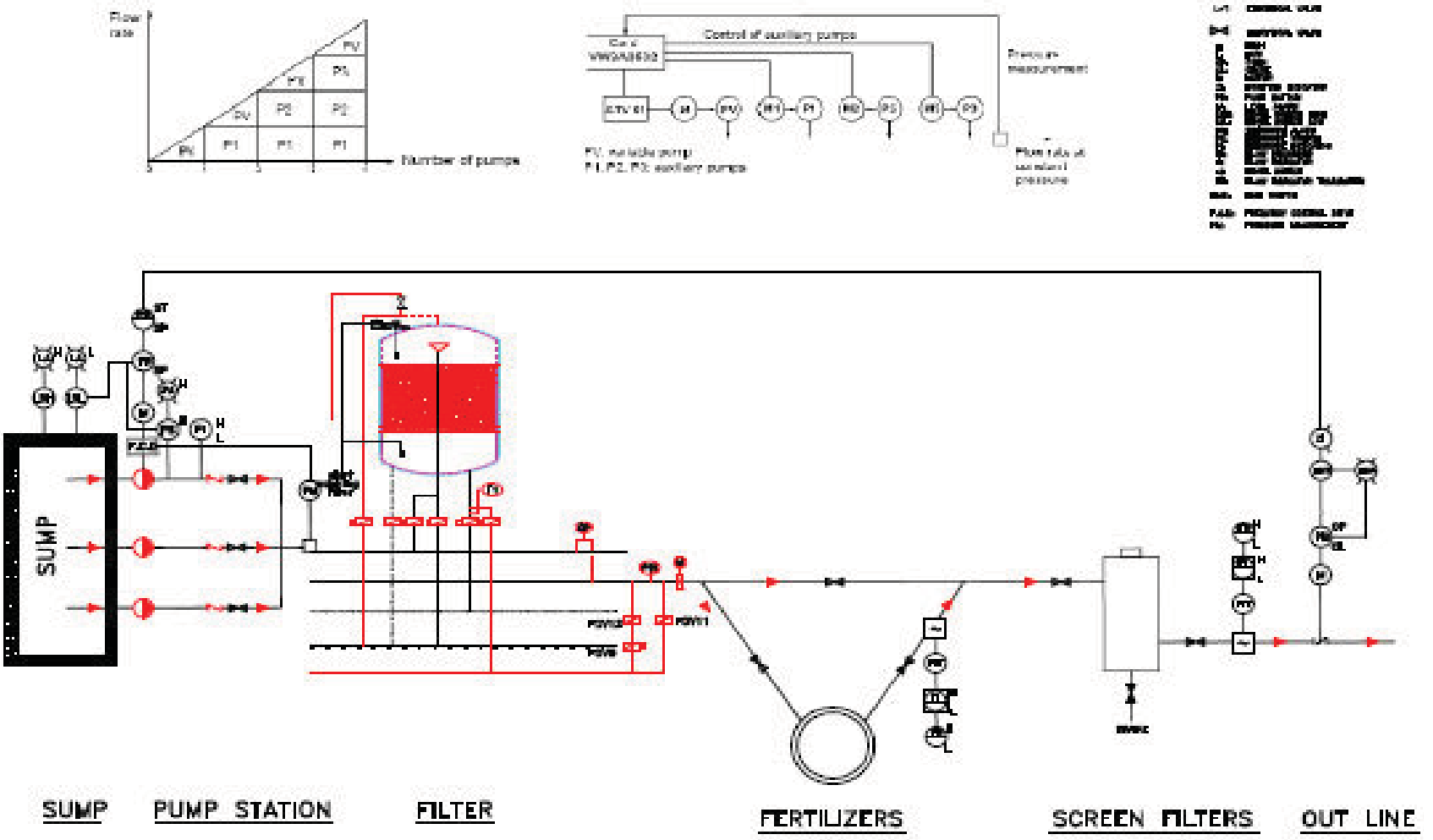
همانگونه که در بندهای ۱ تا ۳ نیز مشخص گردید، تجهیزات کنترلی انفرادی جهت هر قسمت مشخص گردید و لازم است پس از آن نسبت به ایجاد یک سیستم یکپارچه اقدام گردد. به منظور امکان دید مناسب دیاگرام P& ID (Process and Instrument Diagram) سیستم کنترل در شکل (٤) نشان داده شده است. همانگونه که در دیاگرام مزبور نیز مشاهده میگردد، پروسه پمپاژ تا انتقال آب بر روی مزارع توسط یک PLC (Program Logic Control) به طور کامل براساس برنامه آبیاری کنترل می گردد به نحوی که تأمین دبی مورد نیاز براساس مسیرهای در حال تغذیه و فید بک جریان که به PLC ارسال میشود، کنترل می گردد. در صورت هر گونه تغییر در رژیم آبیاری لازم است بر روی PLC تغییرات لازم صورت گیرد تا پس از آن براساس برنامه جدید کنترل پروسه آبیاری صورت گیرد.



شکل ۲: *پروسه شستشوی فیلتر*



شکل ۳: *شبکه آبیاری باتعیین محل شیرآل*



شکل ٤: دیاگرام *P & ID*

مزایای سیستم کنترل یکپارچه

- مدیریت انرژی به واسطه کنترل دور الکتروپمپ و قرار گرفتن در نقطه کار
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز جهت باز و بسته کردن شیرآلات
- امکان کنترل از راه دور تأسیسات آبیاری
- کاهش خطاهای انسانی به دلیل کنترل هوشمند تأسیسات
- کنترل هدر رفت آب
- امکان بررسی راندمان آبیاری
- افزایش عمر تجهیزات به دلیل بهره برداری منظم با مدیریت هوشمند

معایب سیستم کنترل یکپارچه:

- هزینه سرمایه گذاری بالا
- نیاز به نیروی متخصص جهت انجام تعمیرات

نتیجه‌گیری

استفاده از سیستم اتوماسیون، هزینه نیروی انسانی و خطاهای عملکرد را کاهش خواهد داد. در نتیجه با توجه به دقت عملکرد تجهیزات در مصرف آب، کود صرفه جویی به عمل آمده و امکان افزایش راندمان آبیاری مؤثر خواهد بود. این سیستم قابلیتی را ایجاد خواهد نمود که بتوان در فصول مختلف، راندمان آبیاری را محاسبه و عملکرد کل سیستم در مزرعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

۱- بی نام. ۱۳۸۵. گزارش مطالعات مرحله اول و دوم طرح شبکه آبیاری تحت فشار سورمقداد. شرکت مهندسی مشاور دزآب.

۲- نشریه پمپیران

۳- Handbook شرکت Sterling

٤- Handbook شرکت Telemecanique

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خرداد ماه ۱۳۸٦

توسعه سیستم کنترل مرکزی برای آبیاری تحت فشار

یاسین اسروش، عقیل یاری، سعید اسلامیان، امیر کرمانیها، امجد پیام، مجتبی وطن‌آرا، حامد جمشیدی‌پور، علی پورامین، احمد فلاح کهن و فرشید میلانیان [1]

چکیده

سیستم های آبیاری تحت فشار، گرچه به سطح مدیریتی بالاتر و هزینه های نگهداری بیشتر در مقایسه با دیگر انواع آبیاری نیاز دارند, در عین حال می توانند اقتصادی ترین روش بکاربردن آب، کود و سایر مواد شیمیایی کشاورزی در زمان و مقدار مناسب باشند. یک راه اساسی جهت مدیریت بهینه آبیاری تحت فشار، اتوماسیون در قالب یک سیستم کنترل مرکزی است. در این زمینه، با وجود پیشرفت های چشمگیری که در دنیا صورت گرفته، بالاترین سطح اتوماسیون در مزارع تحت آبیاری ایران، بهره گیری از کنترل کننده های چینی جهت زمان بندی آبیاری است. در پژوهش حاضر، مجموعه ای متشکل از سخت افزار و نرم افزار، با هدف مدیریت و برنامه ریزی آبیاری در قالب یک واحد کنترل مرکزی طراحی و ساخته شده که بسته به خواست کاربر، از یک تایمر ساده تا یک سیستم کنترل مرکزی پیشرفته قابل پیکره بندی است. جهت بررسی، چندین پروژه در مقیاس های متفاوت اجرا گردید، که نتایج آنها نشان از کارآیی مناسب سیستم کنترل مرکزی در مدیریت سیستم های آبیاری تحت فشار دارد.

کلمات کلیدی: سیستم کنترل مرکزی آبیاری، رایانه، نرم افزار و حسگر

مقدمه

سیستم های آبیاری تحت فشار عمدتا بدلیل طراحی بد، کیفیت پایین تجهیزات و مدیریت غیر اصولی، بر خلاف تبلیغات گسترده، در اکثر طرح های پیاده شده در ایران از راندمان مناسب برخوردار نبوده اند. گذشته از مشکلات ذکر شده، گرچه این سیستم ها به سطح مدیریتی بالاتر و هزینه های نگه داری بیشتر در مقایسه با دیگر روش های آبیاری نیاز دارند، می توانند اقتصادی ترین روش تزریق مواد شیمیایی کشاورزی در زمان و مقدار مناسب باشند [۱۵].

[1]- به ترتیب کارشناس مهندسی آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، دانشیار گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشجوی مهندسی آبیاری ، دانشجوی مهندسی آبیاری ، دانشجوی مهندسی آبیاری ، دانشجوی مهندسی آبیاری پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، کارشناس مهندسی برق ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق و کارشناس مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی اصفهان

یک راه اساسی جهت افزایش کارآیی سیستم های آبیاری تحت فشار، کنترل بر مبنای رایانه، شامل ترکیبی از سخت افزار و نرم افزار است که به عنوان ناظر با هدف مدیریت آبیاری و دیگر روش های وابسته کوددهی و نگهداری عمل کند. کنترل مرکزی (Central Control) آبیاری یک مفهوم کلی است و می تواند به عنوان یک سیستم رایانه ای که چندین کنترل کننده (Controller)، داده نگار (Datalogger)، حسگر (Sensor)، شیر و دیگر تجهیزات آبیاری را از یک محل مرکزی اداره می کند، تعریف شود. البته کنترل آبیاری به صورت متمرکز تنها ابزار مناسب جهت بهبود مدیریت آب نیست اما همزمان با آن می توان به اهداف دیگری نیز دست یافت [۱۳].

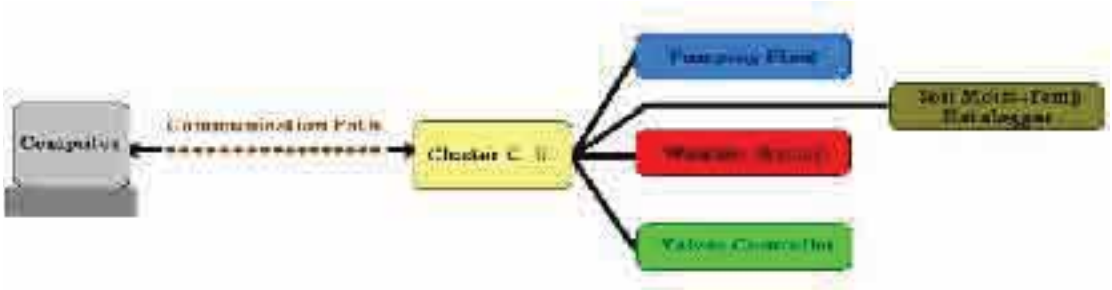
سیستم های کنترل رایانه ای رایج برای مدیریت آبیاری می توانند به دو دسته تقسیم گردند. الف- سیستم های تعاملی (Interactive) که اطلاعات را توسط حسگرها از نقاط گوناگون مزرعه، جمع آوری، در یک واحد میکروپروسسوری تجزیه و تحلیل و امکان کنترل دستی تجهیزاتی از قبیل رگولاتورها، پمپ ها و شیرها را از یک نقطه مرکزی فراهم می کنند و ب- تمام اتوماتیک که مجموعه را در پاسخ به پسخورد (Feedback) دریافت شده از بخش پایش (Monitoring) با بکار اندازی اتوماتیک پمپ ها، شیرها و غیره کنترل می کنند. این سیستم ها با استفاده از الگوریتم هایی پیشرفته، متغیرهای حالت (فشار، جریان و ...) را پایش، با متغیرهای هدف مقایسه و در نهایت در مورد اعمالی که برای تغییر وضعیت سیستم لازم هستند، تصمیم گیری می کنند. در سیستم های کاملا اتوماتیک فاکتور انسانی حذف و با یک برنامه رایانه ای که با کنترل بلادرنگ (Real-time) دستگاه ها، در سیستم آبیاری اصلاحات لازم را انجام می دهد جایگزین می گردد تا سطح اجرایی مطلوب بدست آید [۱٤، ۱۵، ۱٦، ۱۷، ۱۸، ۲۵ و ۳۹].

طراحی، ساخت و بهینه سازی سخت افزار و نرم افزار مورد نیاز در سیستم های کنترل مرکزی اغلب توسط شرکت های بزرگ سازنده لوازم آبیاری دنیا و به صورت تجاری انجام می شود که معروف ترین آنها شرکت های Rain Bird [۸]، Hunter [۱۰] و Rain Master [۱۱] آمریکایی هستند. فعالیت دانشگاهی در این زمینه نیز بیشتر توسط مرکز پژوهش و آموزش آبیاری [۷] دانشگاه ایالتی پلی تکنیک کالیفرنیا دنبال می گردد. در واقع مراکز دانشگاهی سفارش دهنده یا مصرف کننده این محصولات می باشند. متاسفانه، با وجود پیشرفت های چشمگیری که در دنیا صورت گرفته، بالاترین سطح اتوماسیون در مزارع تحت آبیاری ایران، بهره گیری از کنترل کننده های کم کیفیت چینی جهت زمان بندی آبیاری است و پژوهش تخصصی در این رابطه بندرت مشاهده می گردد. از میان تحقیقات داخل کشور می توان به طراحی سیستم کنترل و پایش گلخانه توسط امید و شفایی [٦] اشاره نمود.

در پژوهش حاضر مجموعه ای متشکل از سخت افزار (کنترل کننده میانی، تابلو فرمان پمپاژ، واحد هواشناسی دیجیتال، حسگرهای رطوبت سنج و ...) و نرم افزار (رابط کاربر گرافیکی تحت ویندوز)، با هدف مدیریت و برنامه ریزی آبیاری در قالب یک واحد کنترل مرکزی توسعه داده شده است که به خواست کاربر، از یک تایمر ساده تا یک سیستم کنترل مرکزی پیشرفته – که بر مبنای داده های هواشناسی تبخیر و تعرق را محاسبه و نیاز آبیاری را تعیین می کند، همچنین وضعیت رطوبتی خاک، دمای هوا و بارندگی را نیز به عنوان متغیرهای کنترل در تصمیم گیری دخالت می دهد – قابل پیکره بندی است. هدف از مقاله حاضر معرفی اجزا و قابلیت های سیستم کنترل مرکزی و ارایه خلاصه ای از تحقیقات و پروژه های انجام شده جهت ارزیابی آن است.

مواد و روش‌ها

کنترل مرکزی شامل دو بخش عمده سخت افزاری و نـرم افـزاری بـوده و اجـزای آن مطـابق شـکل (۱) شـامل: ۱)بخش مرکزی، ۲) ایستگاه پمپاژ، ۳) ایستگاه هواشناسی، ٤) شبکه رطوبت و دماسنجی خـاک، ٥) شـیرهای برقـی (Solenoid Valves)، ٦) مدار حفاظتی و ۷) مدارهای ارتباطی، است.



شکل ۱: *شماتیک سیستم کنترل مرکزی*

۱- بخش مرکزی

یک رایانه شخصی (PC) به همراه نرم افزار (رابط کاربر گرافیکی) با قابلیت های مختلف، چاپگر، صفحه نمایش کارکرد تجهیزات (پمپ ها، شیرها و غیره)، واحد کنتـرل میـانی (Cluster Control Unit) و تجهیـزات ارتبـاطی از مهمترین اجزا بخش مرکزی می باشند.

واحد کنترل میانی که یک بخش سخت افزاری الکترونیکی است، کاربرد دو طرفه داشته و واسطه تبادل اطلاعات بین رایانه و بخش های ورودی و خروجی سیستم است. این واحد، کل برنامه را از رایانه دریافـت و سـپس بخـش مربوط به شیرهای برقی را در کنترل کننده شـیرها، و برنامـه عملیـات پمپـاژ را در کنتـرل کننـده پمپـاژ، بارگـذاری (Upload) مـی کنـد. همچنـین، اطلاعـات دریـافتی از ایـستگاه هواشناسـی، داده نگـار (Datalogger) حـسگرهای رطوبت- دماسنجی خاک و ایستگاه پمپاژ را به صورت دایمی به رایانه انتقال می دهد.

شکل ۲: *رابط کاربر گرافیکی AnshanAb (سمت چپ)، به همراه پنجره ایستگاه هواشناسی(سمت راست)*

رابط کاربر گرافیکی (شکل ۲) که ما نام آن را AnshanAb نهاده ایم از نرم افزار استرالیایی Aqualink [۹]- که علاوه بر استرالیا در آمریکای شمالی نیز به صورت گسترده استفاده می شود - الگوبرداری و به زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک (V.B.) نوشته شده است. این نرم افزار کاربر را قادر می سازد تا تمامی توابعی را که برای کنترل و پایش آبیاری و حسگرهای مزرعه نیاز دارد، اجرا نماید. به دلیل محیط گرافیکی نرم افزار، استفاده از آن بسیار ساده است. یک نقشه از مزرعه با آیکون هایی که اجزا کلیدی از قبیل حسگرها، شیرها، پمپ ها و نواحی آبیاری را نشان می دهند، با قابلیت زوم کردن (Zoom)، روی صفحه رایانه نمایش داده می شود. به عنوان مثال هر شیر از هر واحد می تواند تنها با راست کلیک موس روی آن انتخاب شده و تنظیم های دلخواه برای کارکرد آن صورت پذیرد و یا با انتخاب آیکون مربوط به ایستگاه هواشناسی اطلاعات مربوطه مشاهده گردد. این نرم افزار همچنین می تواند با پایش پیوسته جو و شرایط محیطی، به موقعیت هایی چون سرمازدگی، دمای بالا و وزش باد شدید پاسخ مناسب و مقتضی دهد. مورد دیگر، توانایی سیستم در پایش باران است که در صورت رخداد، به طور اتوماتیک آبیاری را متوقف می کند. از دیگر توانمندی های برنامه، پیغام آلارم در صورت بروز هرگونه مشکل و خرابی احتمالی در سیستم آبیاری و راهنمایی برای رفع آن می باشد. تمامی اطلاعات دریافتی از مزرعه در رایانه ذخیره شده و به کاربر اجازه دسترسی، بررسی نموداری، مشاهده و احیانا چاپ این اطلاعات با استفاده از چاپگر را می دهد.

۲- ایستگاه پمپاژ

ایستگاه پمپاژ آب را می توان قلب یک سیستم آبیاری تحت فشار دانست. از آنجاییکه غالب اوقات مصرف آب آبیاری بر نقطه بهینه کارکرد سیستم پمپاژ منطبق نیست، فشار کم یا بیش از حد که حداقل نتیجه آن کاهش راندمان آبیاری است، پدید می آید. شوک های مکانیکی نظیر ضربه آبی (Water Hammer) نیز از مشکلات قابل ذکر است [٤]. از بعد اقتصادی، هزینه های انرژی و تعمیر و نگهداری یک سیستم پمپاژ در طول عمر آن تا ۲۰ برابر سرمایه گذاری اولیه می باشند [۲۱]. از دید فنی، بهترین شیوه حل مشکلات ذکر شده، اضافه نمودن درایو فرکانس متغیر (VFD-Variable Frequency Drive) به الکتروموتورهای موجود می باشد [۲، ۳، ۵، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و٢٤]. بر این اساس، یک تابلو فرمان هوشمند مجهز به درایو، با قابلیت تغییر دور الکتروموتور طراحی گردیده است که از طریق یک نرم افزار فرعی - که زیر مجموعه نرم افزار اصلی است - حاوی الگوریتم های پیشرفته (شکل۳- ب)، کلیه اعمال کنترل و حفاظت را بر عهده داشته و به کاربر اجازه پایش و برنامه ریزی می دهد. در نهایت به هیچ یک از ادوات معمول کنترل و تنظیم فشار نظیر دمپر یا منبع تحت فشار بسیار بزرگ نیاز نمی باشد. فیلتر، میکسر و یا اینجکتورها به راحتی قابل کنترل هستند [٤٠]. اطلاعاتی نظیر عملکرد اجزا، خطاهای رخ داده، وضعیت الکتروپمپ ها (خاموش یا روشن)، فشار و دبی جریان از شبکه لوله و در صورت تمایل EC و pH آب آبیاری (با اضافه نمودن این حسگرها به مدار) نیز از حوضچه پمپاژ به رایانه انتقال می یابند.

۳- ایستگاه هواشناسی

با توجه به لزوم دقت بالا در برداشت پارامترهای جوی، بهره گیری از یک ایستگاه هواشناسی در محل ضروری است. در عین حال سیستم این قابلیت را دارد که اطلاعات را به صورت دستی از کاربر دریافت کند. سیستم به

طور منظم اطلاعات جوی را از ایستگاه هواشناسی دریافت کرده و این داده ها جهت محاسبه تبخیر و تعرق روزانه با استفاده از یک فرمول تجربی (به انتخاب کاربر)، پیش بینی یخبندان (نقطه شبنم) و غیره و از نتیجه در کنار سایر فاکتورها جهت زمان بندی دقیق آبیاری استفاده می نماید.

٤- شبکه رطوبت و دماسنجی خاک

پایش مداوم رطوبت خاک ابزار مناسبی جهت تعیین زمان شروع و خاتمه آبیاری و جلوگیری از هدر رفت آب است. همچنین باید در نظر داشت که فوق اشباع کردن خاک منتهی به قارچ، بیماری و انواع آفت ها می گردد [٢٦]. در حال حاضر، بیشتر حسگرهای مورد استفاده در اتوماسیون آبیاری دی الکتریک هستند. این گروه از حسگرها، رطوبت خاک را با اندازه گیری ثابت دی الکتریک - که سرعت یک موج یا پالس الکترومغناطیس از میان خاک را تعیین می کند - برآورد می کنند. این روش از روابط تجربی بین حجم آب و سیگنال خروجی حسگر (زمان، فرکانس، امپدانس و ...) بهره می برد. اگرچه این حسگرها بر پایه اصل دی الکتریک هستند، اما انواع گوناگون موجود (بازتاب سنج حوزه فرکانس- FDR، خازنی، انتقال حوزه زمان- TDT، بازتاب سنج حوزه دامنه- ADR، بازتاب سنج حوزه زمان- TDR، و انتقال فاز) تفاوت های اساسی در دقت، نصب، نیاز به واسنجی، تعمیر و نگهداری و هزینه دارند [٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٤ و ٣٥].

٥- شیرهای برقی

این شیرها توسط رایانه یا کاربر کنترل شده و بر اساس زمان بندی مشخص باز و بسته می شوند. معیارها و نکات مهم در انتخاب و خریداری شیر برقی به شرح ذیل می باشند:

- حداکثر بده جریان خط لوله ای که روی آن نصب می گردد (بنابراین، قطر شیر الزاما مساوی با قطر لوله نیست).
- حداقل فشار مورد نیاز جهت بازشدن (شیرهای برقی رایج در آبیاری جهت عمل‌کردن به اختلاف فشار نیازدارند).
- توان راه اندازی شامل ولتاژ و جریان (ولتاژ استاندارد راه اندازی آنها ٢٤ ولت متناوب (AC) است).

٦- مدار حفاظتی

جهت حفاظت میکروچیپ های رایانه و دیگر مدارات الکترونیکی حساس، در برابر موج های ولتاژ زودگذر (Transient Voltage Surges)، ناشی از آذرخش و نوسانات برق، یک سیستم حفاظتی خاص پیاده می شود. اگرچه مدت و قدرت این موج کم است ولی می تواند به مدارات الکترونیکی آسیب جدی وارد نماید. عمل حفاظت بسادگی و از طریق ایجاد یک مسیر کم مقاومت برای این موج ها از زمین مدار (Ground) به سمت زمین حقیقی (Earth) انجام می گردد.

٧- ارتباطات

به طور خلاصه، هر تعداد مشخص شیر برقی، حسگر رطوبت- دماسنجی و سایر حسگرهای مزرعه، از طریق سیم مستقیما به یک کنترل کننده (داده نگار) وصل می شوند. کنترل کننده ها مجهز به مودم بوده و از طریق خط

تلفن (سیم دو رشته) با واحد کنترل میانی ارتباط برقرار می کنند. راهبرد مرسوم دیگر، استفاده از یک شبکه ارتباطی مشترک برای تمام سنسورهای مزرعه است. سنسورها کد گذاری شده و هر یک از طریق رمزگشای (Decoder) خود بر روی این شبکه شناسایی می شود. واحد کنترل میانی نیز به صورت سیمی، بی سیم، مودم تلفنی و غیره به تبادل اطلاعات با رایانه می پردازد.

نتیجه‌گیری و بحث

با وجود کاربرد گسترده ماژول های قابل برنامه ریزی (PLC-Programmable Logic Controller) در اتوماسیون کانال [۳۸]، استفاده از آنها به دلیل قیمت سرسام آور و طراحی خاص محیط های صنعتی در پروژه های کنترل مرکزی، ابدا قابل دفاع، اقتصادی و عملی نیست. بر این اساس، در طراحی اجزای مجموعه حاضر از میکروکنترلرهای خانواده AVR و 8051، ساخت شرکت Atmel [۱۲]، با قابلیت های فراوان به عنوان هسته بردهای کنترل کننده، داده نگار و میانی استفاده شده است. ارتباط با رایانه از طریق پورت استاندارد RS-232، امکان اضافه نمودن مودم جهت کنترل و پایش از راه دور و حتی امکان ارتباط از طریق اینترنت، از دلایل بکارگیری میکرو AVR است. نکته دیگر اینکه کنترل کننده های آبیاری موجود در بازار ایران قابلیت کنترل، پایش و برنامه ریزی از طریق رایانه را ندارند. مدارهای طراحی و ساخته شده ضمن پاسخگویی به نیازهای پروژه حاضر، باعث صرفه جویی اقتصادی شده و امکان توسعه های بعدی، به منظور جلب نظر مشتریان و کاربران آتی/احتمالی را فراهم می سازند (با توجه به تخصصی و مفصل بودن مدارات الکترونیکی طراحی شده، از ذکر اطلاعات مربوط به آنها در مقاله حاضر صرف نظر شده است).

از آنجاییکه بررسی یک سیستم کنترل مرکزی به صورت کلی عملی نبود، فعالیت گروه به پنج بخش عمده تفکیک گردید: ۱- ایستگاه پمپاژ هوشمند، ۲- حسگرهای رطوبت- دما سنج خاک، ۳- واحد هواشناسی دیجیتال و ٤- سیستم کنترل مرکزی شامل رابط کاربرگرافیکی، کنترل کننده، شیرهای برقی و مدار حفاظت

۱- ایستگاه پمپاژ هوشمند

جهت انجام آزمایشات، ایستگاه پمپاژی شامل سه الکتروپمپ 0.5 HP به صورت موازی [۲۰]، طراحی شد که یک الکتروپمپ ۳ فاز (مجهز به درایو، دور متغیر) و دو الکتروپمپ دیگر تکفاز (دور ثابت) انتخاب شدند (شکل۳- الف). بر خلاف ایستگاه های پمپاژ رایج، تنظیم فشار بر روی هر مقدار دلخواه (البته در محدوده ظرفیت) امکان پذیر بود. کارآیی سیستم در گستره دبی و فشار ممکن، بسیار خوب ارزیابی گردید.

تابلو فرمان ایستگاه شامل یک برد کنترل الکترونیکی، درایو فرکانس متغیر، منبع تحت فشار کوچک، ترانسمیترهای فشار و جریان، هدایت و اداره ایستگاه پمپاژ را به عهده دارد. سیستم برمبنای یک الگوریتم کنترل دقیق PD-F (Proportional-Derivative-Filtering) به طور خودکار نسبت به کاهش یا افزایش درخواست جریان در شبکه واکنش نشان داده، پمپ وارد مدار کرده و یا خارج می نماید، به شکلی که در عین تامین دبی ورودی به واحدهای آبیاری، فشار همواره ثابت باقی بماند. اگر در بخشی از سیستم آبیاری، شیری علاوه بر شیرهای برقی به صورت دستی باز(بسته) گردد خود را با آن سازگار می کند.

(الف) (ب)

شکل ۳: *الف- سیستم پمپاژ هوشمند و ب- رابط کاربر گرافیکی*

شایان ذکر است، در سال های اخیر تابلوهای فرمان عملیات پمپاژ که مجهز به درایو و ترانسمیتر فشار باشند، توسط برخی شرکت های داخلی تولید شده است، لیکن هیچ یک از آنها رویکرد کنترل مرکزی و رایانه محور نداشته اند. تلاش حاضر در جهت طراحی و ساخت برد کنترل هوشمندی بوده است که بتواند در تعامل با یک نرم افزار مادر و در قالب یک سیستم واحد عمل کرده و در عین استقلال، از یک سیستم کنترل مرکزی نیز فرمان پذیر باشد.

۲- حسگرهای رطوبت- دما سنج خاک

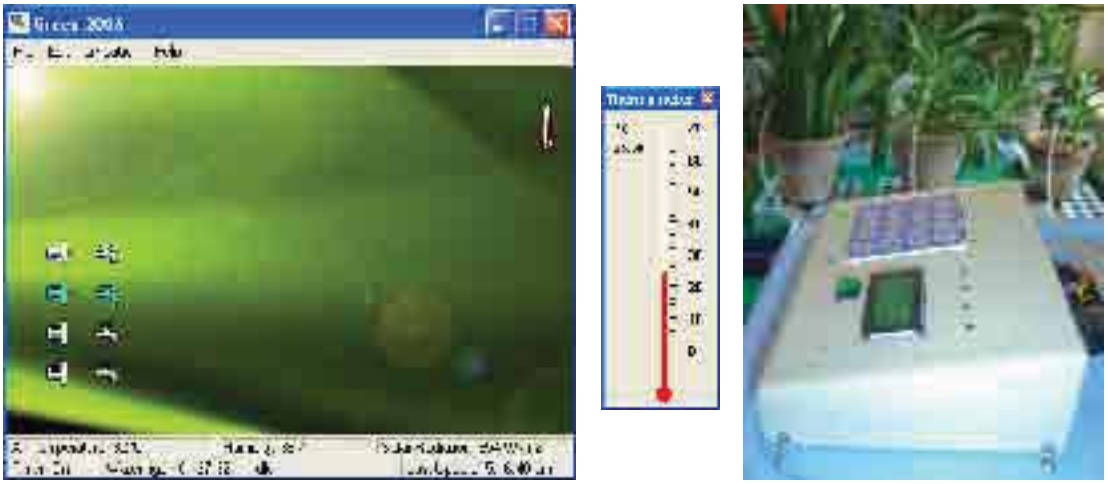
متاسفانه، تمامی انواع حسگرهای رطوبت سنج تجاری [٤١]، در ایران موجود نیست و بیشتر پژوهشگران و متخصصان داخلی تنها تانسیومتر، بلوک گچی و TDR را می شناسند. بعلاوه، هیچ یک از سه حسگر موجود در کشور، بدلیل نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم، عدم دقت کافی و یا هزینه بسیار بالا، مناسب اتوماسیون نمی باشند. با وجود تحقیقات در خارج از کشور [٣٦]، بدلیل اینکه هیچگونه ارزیابی علمی که تفاوت کارآیی آنها را در شرایط مختلف خاک و رطوبت در ایران نشان دهد، موجود نبود، گروه اقدام به بررسی تکنولوژی های موجود کرده و سه مدل حسگر شامل TDT و خازنی (مشابه خارجی دارند [۳۲ و۳۳]) و سایکرومتر (Psychrometer) الکترونیکی (مشابه ندارد)، طراحی نمود. این حسگرها - که همزمان دمای خاک را نیز اندازه می گیرند - در حال طی مراحل آزمایشگاهی بوده و پس از حصول نتیجه و کارآیی مناسب، در مقیاس مزرعه نیز بررسی خواهند شد. نتیجه بررسی های گروه نشان می دهد، در حال حاضر با در نظر گرفتن بحث هزینه، دقت و نوع خاک، تنها استفاده از تانسیومترهای دارای مبدل الکترونیکی عملی است که به تعداد مناسب، در کنار حسگرهای دمای خاک داخل خاک نصب می گردند [۲۷]. جهت تکمیل اطلاعات مورد نیاز رطوبتی، در کنار تانسیومترها می توان از یک رطوبت سنج دستی (مثلا TDR) بهره گرفت.

۳- واحد هواشناسی دیجیتال

از لحاظ فنی، بجز حسگرهای اندازه گیری جهت و سرعت باد که ساخت آنها کمی مشکل است، باقی حسگرها از مراکز فروش قطعات الکترونیک با قیمتی ارزان قابل خریداری هستند [۳۷]. بنابراین یک برد الکترونیکی با هسته میکروکنترولر طراحی شد که بعنوان یک ایستگاه هواشناسی دیجیتال داده های جوی نظیر دما، بارندگی، فشار بارومتریک، رطوبت نسبی و تشعشع را اندازه گیری، ذخیره و به رایانه ارسال می کند.

٤- پکیج مینیاتوری آبیاری قطره ای

به منظور اثبات عملکرد مناسب سیستم کنترل مرکزی در مدیریت یک واحد آبیاری، گروه حاضر، نرم افزار و سخت افزار AnshanAb را در قابل پکیج مینیاتوری Green2006 را مطابق شکل(٤) پیکره بندی نمود تا با حفظ قسمت های اصلی و ویژگی های کلی سیستم، ارزیابی آن در یک مقیاس کوچک و با هزینه کم تر امکان پذیر شود. طرح حاضر در یک محیط کنترل شده آزمایشگاهی اجراء گردید. ۲۰ عدد گیاه آپارتمانی با ٤ نوع دور آبیاری و نیاز آبی متفاوت، انتخاب و در چهار دسته (Set) ردیف و آزمایش شدند. برای گیاهان مورد نظر، سیستم آبیاری قطره ای شامل چهار میکروپمپ، شناور، محفظه پمپ، لوله پلی اتیلن، اتصالات آبیاری قطره ای و چکاننده (Dripper) از نوع اسپاگتی [۱] طراحی شد. محفظه پمپ همزمان به عنوان مخزن آب و نگهدارنده سایر اجزا مانند میکرو پمپ ها و شناور مورد استفاده قرار گرفت. برنامه زمان بندی آبیاری توسط کاربر و از طریق رابط کاربر- کنترل کننده و یا نرم افزار - تنظیم شد. کنترل کننده طبق برنامه داده شده پمپ ها را روشن و خاموش کرده و آب از طریق لوله ها و قطره چکان ها به به گل ها می رسید.



شکل٤: *پکیج مینیاتوری آبیاری قطره ای*

کارکرد سیستم آبیاری که با استفاده از کنترل‌کننده و رایانه اداره شده، طی ٦ ماه بررسی دقیق شد. نتایج نشان‌داد که سیستم کنترل مرکزی مینیاتوری طراحی‌شده به خوبی قادر به مدیریت آبیاری است. در صورتیکه سخت افزار و نرم افزار AnshanAb با حداکثر امکانات پیکره-بندی گردد، قابلیت‌های ذیل را به نمایش خواهدداشت:

- ✓ رابط کاربر گرافیکی (بر مبنای ویندوز): نقشه سایت (مزرعه)، مشاهده کارکرد اجزاء سیستم بر روی صفحه نمایش
- ✓ محاسبه اتوماتیک ET
- ✓ جدول بازبینی کارهای انجام شده
- ✓ گزارش شروع، خاتمه و مدت زمان آبیاری هر ایستگاه
- ✓ گزارش وضعیت و کارکرد سیستم آبیاری به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه
- ✓ سایت های آبیاری می توانند برای روزهای آبیاری، زمان شروع، مدت آبیاری و غیره زمان بندی شوند.
- ✓ جداول آبیاری می توانند بطور خاص تنظیم گردند تا نوع گیاه، شرایط محیطی، فصل سال، رویش و غیره را مد نظر داشته باشند.
- ✓ زمان های آبیاری هر پلات می تواند به طور اتوماتیک در پاسخ به تغییر مقدار ET روزانه با توجه به داده های جوی دریافتی از کاربر یا ایستگاه هواشناسی تنظیم شود.
- ✓ اتوماسیون ایستگاه پمپاژ: راه اندازی اتوماتیک پمپ ها، سیستم مدیریت و پایش جریان/فشار، ثبت و گزارش میزان مصرف آب، مشاهده فشار و دبی در خط لوله اصلی و یا لترال ها، همچنین، با توجه به ظرفیت محدود ایستگاه پمپاژ، یک سیستم مدیریت جریان طبق یک جدول زمان بندی تعداد مشخصی شیر را یکی پس از دیگری وارد مدار می کند.
- ✓ برنامه ها می توانند مطابق با ورودی حسگر از مزرعه شروع بکار کرده یا متوقف شوند.
- ✓ پیغام آلارم به طور اتوماتیک کاربر را از بروز مشکلات در سیستم مطلع می کند.
- ✓ امکان اداره دستی سیستم از بخش کنترل مرکزی

به طور خلاصه، سیستم می تواند در مدهای دستی، نیمه اتوماتیک یا کاملا اتوماتیک کار کند و این کاربران هستند که سطح پاسخ و کنترل را تعیین می کنند. در مد دستی سیستم همانند یک داده نگار جهت برداشت داده از واحدهای آبیاری و نمایش اطلاعات مورد نیاز به کار می رود. شیرهای برقی و پمپ ها فقط وقتی شروع به کار می کنند که کاربر تصمیم بگیرد و باز می مانند تا با یک کلیک موس بسته شوند. در مد نیمه اتوماتیک در حد یک زمان سنج (Timer) انعطاف پذیر توسعه می یابد و به کاربر این توانایی را می دهد که هر زمان و به هر شکل که خواست آبیاری کند. در مد تمام اتوماتیک، امکان مدیریت آبیاری بدون دخالت کاربر، پاسخ فوری به تغییر شرایط، حفظ مستمر شرایط رشد مطلوب با یک سرعت و دقت بی نظیر فراهم می گردد.

سپاسگذاری

بدین وسیله از آقایان دکتر محمد ابراهیمی، مهندس مسعودی نیا و مهندس منصفی؛ بترتیب استاد دانشکده برق و مربیان دانشگاه صنعتی اصفهان و آقای مهندس شجاع، دبیر محترم نظام مهندسی کشاورزی به خاطر همکاری و راهنمایی صمیمانه و از شرکت های انشان آب پارس (اصفهان) و فن آب گستر البرز (تهران) به خاطر سرمایه گذاری و تامین هزینه تحقیقات قدردانی می گردد.

منابع

۱- علیزاده، امین،."اصول و عملیات آبیاری قطره ای". انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. سال ۱۳۸۰، چاپ دوم، ٤٥٠ صفحه.

۲- دولت آبادی، کاظم،."بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی: کاربرد کنترل کننده های دور موتور در صرفه جویی انرژی". شرکت پرتو صنعت، فصلنامه صنعت پمپ، شماره چهارم، بهار ۱۳۸۳، ص ۳٦- ٤٧.

۳- شرکت پرتو صنعت. "کاربرد محاسبات LCC: سرعت ثابت یا متغیر؟". فصلنامه صنعت پمپ، شماره چهارم، بهار ۱۳۸۳، ص ٦١-٦٦.

٤- نوربخش، ا. ۱۳۸۲. پمپ و پمپاژ. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۲۲۸ ص.

٥- ابراهیمی، محمد. ۱۳۸۱. کنترل درایوهای الکتریکی (AC – DC). جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات. ۲۹٦ ص.

6- Omid M. and A. Shafaei. (2005). Temperature and Relative Humidity Changes inside Greenhouse. International Agrophisics. No. 19, 153-158.

7- Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. Online Available at: http://itrc.org.

8- Rain Bird Corporation. Online Available at: http://rainbird.com.

9- Environmental Sensors Inc. Aqualink irrigation software. Online Available at: http://esica.com/products_aqualink.php.

10- Hunter Corporation. Online Available at: http://hunterindustries.com.

11- Rain Master Corporation. Online Available at: http://rainmaster.com.

12- Atmel Corporation. Online Available at: http://www.atmel.com.

13- Zoldoske D. F. (1990). Computer Software for Irrigation Scheduling. Irrigation Note. Online Available at: http://wateright.org/site2/publications/900608.asp.

14- Irrigation & Green Industry Network. Irrigation. Online Available at: http://landscapeandirrigation.net/Irrigation.

15- Brian, B., S. Smith, and B. Tullos. Control and Automation in Citrus Microirrigation Systems. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/CH194.

16- Dukes M. D. and D. Z. Haman. Operation of Residential Irrigation Controllers. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/AE220.

17- Tichenor J., M. D. Dukes and L.E. Trenholm. Using the Irrigation Controller for a Better Lawn on Less Water. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/EP235.

18- Zazueta F. S., A. G. Smajstrla and G. A. Clark. Irrigation System Controllers. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/AE077.

19- Wilson C.R. and D. Whiting. (2006). Operating and Maintaining a Home Irrigation System. Colorado State University. Cooperative Extension horticulture agent. Online Available at: http://ext.colostate.edu/pubs/garden/07239.html.

20- R. Mackay. Multiple Pump Operation. Online Available at: http://rossmackay.com.

21- Cal Poly ITRC. (2002). Emerging Technologies: Variable Frequency Drives and SCADA-Are they worthwhile investments. Report No. R 02-006. Online Available at: http://itrc.org/reports/vfd/vfdandscada.pdf.

22- Cal Poly ITRC. (2002). Emerging Technologies: Variable Frequency Drives-Planning your system. Report No. R 02-009. Online Available at: http://itrc.org/reports/vfd/technologyspecs.pdf .

23- Cal Poly ITRC. (2004). VFD Specification for Irrigation District Applications. Report No. R 06-004. Online Available at: http://itrc.org/reports/vfd/technologyspecs.pdf.

24- Cal Poly ITRC. (2004). Electric Motor Efficiency under Variable Frequencies and Loads. Report No. R 04-006. Online Available at: http://itrc.org/reports/vfd/r06004.
25- Cal Poly ITRC. (2001). Remote Monitoring and Control: System Set-Up. Report No. R 01-010. Online Available at: http://itrc.org/reports/remote/remote.pdf.
26- Muñoz-Carpena R. and M. D. Dukes. Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Vegetable Crops. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/AE354.
27- Smajstrla A. G. and D. S. Harrison. Tensiometers for Soil Moisture Measurement and Irrigation Scheduling. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/AE146.
28- Upadhyaya, S and T. Adunias. Sensors for Information Gathering. Online Available at: http://precisionag.org/html/ch10.html.
29- Muñoz-Carpena R. Field Devices for Monitoring Soil Water Content. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_AE266.
30- Ley T. W., R. G. Stevens, R. R. Topielec and W. H. Neibling. Soil Water Monitoring & Measurement. A Pacific Northwest Publication – Washington, Oregon, Idaho. Online Available at: http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw0475/pnw0475.html.
31- ICT International. 2006. Soil Moisture Measurement Instrumentation. Online Available at: http://ictinternational.com.au/appnotes/ICT227.htm.
32- Schlaeger S., C. Huebner and R. Becker. (2005). Simple Soil Moisture Probe for Low-Cost Measurement Applications. Proceedings of the Sixth International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Weimar, May 29 - June 1, 258-265. Online Available at: http://smg.uni-karlsruhe.de/~stefan/Pubs/2005-ISEMA/6.5_Huebner.pdf.
33- Kaufmann R. (1999). Sensor design: Capacitive Soil Moisture Probe. Institut für Zoologie und Limnologie, Technikerstrasse 25, A-6020 Innsbruck, Austria. Online Available at: http://uibk.ac.at/zoology/terrestrik/kaufmann/rk_sens.html.
34- Venkatesh1 M.S. and G.S.V. Raghavan. (2005). An Overview of Dielectric Properties Measuring Techniques. Canadian Biosystems Engineering, 47, 7.15-7.30. Online Available at: http://engr.usask.ca/societies/csae/protectedpapers/c0231.pdf.
35- Atkins R.T., T. Pangburn, R. E. Bates and B. E. Brockett. (1998). Soil Moisture Determinations Using Capacitance Probe Methodology. US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory. Special Report 98-2. Online Available at: http://handle.dtic.mil/100.2/ADA337497.
36- Brendan Hugh G. (2006).Comparison of Techniques for Measuring the Water Content of Soil and Other Porous Media. M.Sc. Thesis. Department of Agricultural Chemistry & Soil Science, University of Sydney, New South Wales, Australia. Online Available at: http://ictinternational.com.au/bhgeorge.htm.
37- Wasinger J. Wireless Weather Station. Online Available at: http://web-ee.com/Schematics/WirelessWeather/WirelessWeather.htm.
38- Burt M. C. and X. Piao. (2002). Advances in PLC-Based Canal Automation. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. Paper No. P02-001. Online Available at: http://itrc.org/papers/advaninplc/advances.pdf.
39- Dukes M. D. and D. Z. Haman. Residential Irrigation System Rainfall Shutoff Devices. University of Florida, IFAS Extension. Online Available at: http://edis.ifas.ufl.edu/AE221.
40- Burt C. M. (2003). Chemigation and Fertigation Basics for California. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. Online Available at: http://itrc.org/chemigation/basics.pdf.
41- Charlesworth P. (2005). Soil Water Monitoring - An Information Package. Land & Water Australia, Irrigation Insights No. 1. Online Available at: http://lwa.gov.au/downloads/publications_pdf/PR050832.pdf.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

معرفی عملکرد سیستم کنترل هوشمند آبیاری[۱] (MIC)

محمد ایوبی مهریزی[۲] و مهدی شادالوئی[۳]

چکیده

امروزه عواملی چون رشد بی رویه جمعیت، توسعه ناهنجار شهرنشینی و افزایش استانداردهای زندگی نیاز به آب و حفاظت بیشتر از آن را اجتناب ناپذیر کرده است. با گسترش استفاده از سیستم های نوین آبیاری (تحت فشار)، یکی از مسائلی که امروزه در بخش کشاورزی به نیازی مهم مبدل شده است، کنترل زمان شروع و پایان آبیاری می باشد. در این مقاله به معرفی نوعی کنترلر جدید خواهیم پرداخت که با توجه به قوانین طبیعی حاکم بر گیاه، به عنوان یک موجود زنده، فرمان قطع و وصل آبیاری را صادر می‌کند.

کلمات کلیدی: کنترلر، آبیاری، میکروپروسسور، الکترومغناطیس، سنسور، مدیریت منابع آبیو اتوماسیون آبیاری

مقدمه

امروزه عواملی چون رشد بی رویه جمعیت، توسعه ناهنجار شهرنشینی و افزایش استانداردهای زندگی نیاز به آب و حفاظت بیشتر از آن را اجتناب ناپذیر کرده است. از این رو اغلب کشورها با رشد زیاد جمعیت به گونه ای فزاینده با مشکل تأمین آب مواجه هستند. نامگذاری سال ۲۰۰۳ بعنوان سال جهانی آب و سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ بعنوان دهۀ بین المللی آب توسط سازمان ملل حاکی از افزایش بدخیم این بحران است [۱]. با توجه به گزارش اخیر بانک جهانی و برنامه توسعه بانک، در سال ۲۰۲۵ حداقل ۸ میلیارد نفر روی کره زمین زندگی خواهند کرد و بنابراین تأمین امنیت غذایی، مبارزه با فقر و بهبود کیفیت زندگی در کشورهای درحال توسعه مثل ایران، مهم ترین اهدافی هستند که در برابر تصمیم گیران قرار دارد. به نظر می رسد تنها راه نیل به این هدف، توسعه پایدار در بخش کشاورزی است که با افزایش بهره وری آب و استفاده بیشتر از هر واحد آب مصرفی میسر است. از طرفی براساس

---

[۱]- **کلیه اطلاعات این بخش از گزارش طرح توسعه روش های نوین آبیاری سازمان مدیریت و برنامه ریزی برداشت شده است.**

[۲]- مدیرعامل شرکت مهندسی افراصنعت برین

[۳]- مدیرفنی شرکت مهندسی افراصنعت برین

پیش بینی سازمان جهانی هواشناسی در حدود یک میلیارد نفر از جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ میلادی با کمبود آب روبرو خواهند بود و تا سال ۲۰۵۰ میلادی، این رقم به حدود دو برابر افزایش خواهد یافت. پژوهشهای انجام شده نشان می دهد که بیش از ۲۰ کشور جهان برای تأمین آب مورد نیاز به همسایگان خود وابسته هستند. آمارها و مطالعات نشان می دهد، با آنکه میزان آب در دسترس بشر ثابت است، اما تقریباً هر ۲۱ سال، نیاز به آب دو برابر می شود. هرچند ۷۱ درصد از کل سطح زمین پوشیده از آب است، اما از این میزان ٪ ۹٤/۵ آن غیر قابل مصرف و فقط ٪ ۵/۲ از آن را آب شیرین تشکیل میدهد، اما همین مقدار ناچیز هم در دسترس نیست چون دوسوم ذخایر آب شیرین بصورت یخچالهای طبیعی وجود دارند و بقیهٔ ذخایر آب شیرین هم به منابع آبهای جاری و زیر زمینی ای مربوط می شود که مقدار ناچیزی از آن در اختیار انسان برای شرب و کشاورزی قرار دارد [۱]. از طرف دیگر هزینه های سرسام آور شیرین کردن آب و ساخت سد نمی تواند توجیه اقتصادی برای تامین آب داشته باشد و مناسبترین راه، تولید آب شیرین نیست.

بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب شیرین است و درحال حاضر حدود ۷۰ درصد مجموع آب شیرین جهان برای تهیه مواد غذایی و اشتغال میلیاردها نفر از ساکنان روستاها مورد استفاده قرار می گیرد. در چنین شرایطی لزوم مدیریت آب در سطح جهان افزایش یافته و به توجه بیشتری در آینده نیاز دارد. براساس نظر شورای جهانی آب، کشورهای درحال توسعه از جمله ایران برای غلبه بر مشکلات غذایی خود باید تا سال ۱٤۰۰ حدود ۳۰ ٪ به تولیدات محصولات کشاورزی خود بیفزاید. این درحالی است که براساس پیش بینی های فائو تا سال ۱٤۰۰ فقط می توان ۲۳٪ بر سطح اراضی آبی افزود [۱ و ۲]. با توجه به اینکه متوسط بارش سالانه در کشورمان ایران، حدود ۲٤۰ میلی متر می باشد و اگر تقسیم بندی زیر را نیز برای تعیین نوع اقلیم بپذیریم (جدول ۱)، ایران کشوری خشک محسوب می شود. ضمن آنکه مقایسه متوسط بارندگی کشور بار متوسط بارندگی سالانه دنیا که چیزی در حدود ۸۵۰ میلی متر می باشد، بحرانی بودن وضعیت کشت آبی در کشور را به خوبی نمایان می سازد. واقعیت این است که رقم متوسط بارندگی سالانه نیز معرف میزان واقعی آب در دسترس گیاه از طریق بارش نبوده است، لذا در برنامه ریزیهای آبیاری غیر قابل استفاده است. علت این امر آن است که اولا بعلت پراکنش نا مناسب مکانی همه جای کشور دارای چنین بارانی نیستند و ثانیا بعلت پراکنش نامناسب زمانی، بارش در فصولی مانند پاییز و زمستان اتفاق می افتد که استفاده چندانی برای گیاهان زراعی ندارد. با درنظر گرفتن کلیه عوامل ذکر شده، استفاده از روش های مختلف جهت مشخص نمودن نیاز آبی گیاهان و همچنین کنترل آبیاری به گونه ای که آبرسانی به گیاهان به اندازه نیاز آنها صورت گیرد، از اهمیت والایی برخوردار بوده و تحقیقات پیرامون این مساله، نظر بسیاری از محققان را در بخش کشاورزی به خود جلب کرده است.

جدول ۱: *تقسیم بندی نوع اقلیم*

اقلیم	بارندگی(mm)
خشک	P<250
نیمه خشک	250<P<500
مرطوب	500<P

مواد و روش‌ها

کنترل آبیاری

نیاز آبی به مقدار آبی گفته می شود که باید بصورت آبیاری به زمین داده شود تا گیاه با حداکثر توان خود رشد نموده و تولید محصول نماید[۲]. با گسترش استفاده از سیستم های نوین آبیاری (تحت فشار)، یکی از مسائلی که امروزه در بخش کشاورزی به نیازی مهم مبدل شده است، کنترل زمان شروع و پایان آبیاری می باشد. بررسی اعداد و ارقام آبیاری در هنگام استفاده از سیستمهای آبیاری های تحت فشار، بیانگر این مطلب است که این سیستمها باعث افزایش راندمان آبیاری تا میزان ۷۰٪ می شوند که این راندمان به دلیل تضمین در ارسال آب از استخر تا محل آبیاری به میزان بیش از ۹۰٪ می باشد، اما این سوال پیش می آید که چرا با تضمین ۹۰٪ انتقال آب که با لوله ها به گیاهان می رسد، راندمان آبیاری در شرایط خوب (طراحی مهندسی، پیاده سازی خوب و تجهیزات مناسب) از مرز ۷۰٪ عموماً تجاوز نمی کند؟

پاسخ این سوال به‌تشخیص زمان دقیق آبیاری برمی‌گردد. تاکنون دانشمندان و محققان بسیاری در دنیا روی تجزیه و تحلیل آن مطالعات بسیاری انجام داده‌اند که با پیشرفت علم و تکنولوژی توانسته اند در نهایت با استفاده از سنسورهائی که پارامترهائی چون دمای محیط و پیرامون گیاه، رطوبت خاک، سن و وسعت و حجم سایه انداز و ... را اندازه گیری کرده و پس از آنالیز به فرمولهائی در این زمینه دست پیدا کنند [۳و٤] و با استفاده از این فرمولها تا حد بسیار زیادی به زمان دقیق تر آبیاری نزدیک شده اند. استفاده از این روابط موجب کاهش چشمگیری در مصرف آب در بخش کشاورزی می گردد. استفاده از این روابط نه تنها نیاز به استفاده از کنترلرها را مرتفع نمی کند، بلکه وجود این نیاز را پر رنگ تر می نماید. برخی دلایل نیازمندی به کنترلهای آبیاری عبارتند از:

۱- عدم توانایی اندازه گیری پارامترهای دخیل در روابط آبیاری

۲- احتمال بروز خطای نیروی انسانی در قطع و وصل آبیاری

۳- تغییرات متنوع و پی در پی شرایط جوی و تاثیر شدید آن بر روی نیاز آبی گیاهان

لذا استفاده از سیستمی که بتواند به گونه ای هوشمند وظیفه محاسبه نیاز آبی گیاه و همچنین کنترل قطع و وصل آبیاری را بر عهده گیرد، بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد.

روش‌های کنونی صدور فرمان آبیاری

در ابتدا صدور فرمان آبیاری در سیستم های قطره ای به صورت دستی و با توجه به عواملی نظیر نمایه های گیاهی (شادابی و رنگ برگها و...)، نمایه های خاک (رطوبت خاک و...) و درنظر گرفتن بودجه آبی (بیلان آب) انجام می گرفت [۲]. بدین صورت که هرگاه اپراتور با بررسی این عوامل احساس می کرد که درختان به آب نیاز دارند، با بازکردن شیرهای دستی آب را در سیستم جاری می نمود. با گذشت زمان، سیستم های آبیاری قطره ای مجهز به دستگاه برنامه ریز زمانی (Timing) گردید. بدین صورت که با برنامه ریزی سیستم، در زمان های معینی آب در سیستم جاری شده و یا قطع می گردید. همچنین، در سال ۲۰۰۳ میلادی، دستگاهی توسط یک مخترع انگلیسی اختراع گردید که با تلفیق دو کمیت در صد رطوبت خاک و دمای محیط، میزان نیاز آبی گیاه را محاسبه نموده و فرمان آبیاری تحت فشار را صادر می نمود. بطور کلی در این روش نیاز به سنسورهای متفاوتی

است که از بعد اقتصادی قابل توجیح نمی باشد و از طرفی زیاد بودن تعداد سنسورها احتمال افزایش خطا را ایجـاد می نماید. روش های موجود برای صدور فرمان آبیاری در سیستم آبیاری قطره ای در جدول (۲) ارائه شده است.

سیستم M.I.C. (Microprocessor Irrigation Controller):

مطالعه قوانین طبیعی بیانگر این مطلب است که در تمامی موجودات زنده از جمله گیاهان، سیستم عصبی توسط میدانهای الکترو مغناطیسی کنترل می شود [۵]. در قوانین پزشکی به این مطلب اشاره شده است که سیستم عصبی و انتقال اطلاعات در موجودات زنده توسط میدان های الکترومغناطیسی صورت می گیرد. این مطلب حاکی از این است که مغز انسان هم بر پایه الکترومغناطیس انجام وظیفه می نماید. حال گیاهان نیز به حکم موجود زنده بودن از این امر مستثنی نمی باشند. با بررسی و تجزیه و تحلیل میدانهای الکترومغناطیسی در گیاهان به این نتیجه می توان دست یافت که رابطه متقابلی بین این امواج و نیازهای گیاه وجود دارد. تحقیقات گسترده ای در این زمینه انجام شد که منجر به طراحی حسگری (Sensor) گردید (شکل ۱) که بتواند میدانهای الکترومغناطیسی متشعشع از گیاه را حس نماید. این حسگر که در مجاورت گیاه نصب می گردد، این امواج را تشخیص داده و پس از تجزیه و تحلیلی که توسط پردازشگر انجام می گیرد، نیاز و یا عدم نیاز گیاه به آب تشخیص داده می شود و آبیاری به دستور خود گیاه شروع شده و یا خاتمه میابد.

جدول ۲: *روش‌های صدور فرمان آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای*

روش بکار افتادن	شروع دوره آبیاری	معیار بسته شدن شیر آب	نحوه باز شدن شیر آب بعدی	ترتیب بکار افتادن شیر آب	برای تغییر عمق آب آبیاری	برای تغییر بکار افتادن
شیر آب دستی	باز شدن با دست	زمان	باز شدن با دست	بدون محدودیت	براساس تغییرات فشار یا زمان	بدون محدودیت
شیر آب حجمی	باز شدن با دست	مقدار آب	باز شدن با دست	بدون محدودیت	تنظیم شیر آب با دست	بدون محدودیت
بکار افتادن پشت سرهم با شیر آب حجمی	باز شدن با دست	مقدار آب	کنترل هیدرولیکی	با اتصال نواحی پست به مناطق مرتفع	تنظیم شیر آب با دست	تنها با جابجایی خطوط کنترل امکان پذیر است
اتوماتیک کامل با زمان یا حجم	اتوماتیک طراحی شده ازقبل	زمان یا حجم	خطوط کنترل هیدرولیکی یا الکتریکی	بدون محدودیت	تنظیم بر اساس زمان یا حجم	تنظیم در صفحه کنترل
اتوماتیک کامل با رطوبت خاک	اتوماتیک بر اساس رطوبت خاک	مقدار رطوبت خاک	مستقل از شیرهای دیگر	به ترتیبی که خاک خشک می شود	تنظیم وسایل حساس به رطوبت خاک	بدون هیچگونه ترتیب فصلی

شکل ۱: *تصاویر دستگاه MIC*

اجزای تشکیل دهنده کنترلر هوشمند آبیاری عبارتند از: ۱- جعبه کنترل مرکزی (Central Control Box)، ۲- پردازشگرها (Processor OR Analyzer)، ۳- سنسورها (Sensors)، ٤- پرابها (Probes) و ٥- کامپیوتر کمکی (Backup) که در زیر تشریح می گردند.

۱- جعبه کنترل مرکزی

جعبه کنترل مرکزی قلب سیستم می باشد که اطلاعات نرم افزاری داده شده از قبل را با توجه به خواسته های کنونی سخت افزار که از سوی پردازشگر و سنسور ارسال می شود، بررسی نموده و فرمانهای نهائی را صادر می نماید.

۲- پردازشگر

پردازشگر واحدی است که با تبدیل اطلاعات سنسور از آنالوگ به دیجیتال، پهنای باند آنها را حفظ نموده و نهایتاً اطلاعات پردازش شده را پس از بررسی به کامپیوتر مرکزی ارسال می نماید.

۳- سنسورها

در این سنسورها از تعدادی سنولئید به همراه چند قطعه الکترونیکی دیگر استفاده شده است و وظیفهٔ آنها گرفتن امواج الکترو مغناطیسی اطراف گیاه و ارسال آن به پردازشگرها می باشد.

٤- پرابها

انتقال اطلاعات بین تمامی بخش های سیستم توسط پرابهائی کنترل می شود که به دو صورت بی سیم و کابلی طراحی شده است.

نحوهٔ عملکرد سیستم

با استفاده از سنسورهای گیرنده امواج الکترومغناطیس در پیرامون گیاه (در ارتفاع حداکثر ۱ m و تا شعاع ۵۰ cm از پوسته خارجی گیاه) تغییرات میدانهای مغناطیسی اطراف گیاه به پردازشگر سیستم انتقال پیدا می کند و پردازشگر با بررسی اطلاعات رسیده، پالس های آنالوگ را به دیجیتال تبدیل نموده و به کامپیوتر مرکزی ارسال می نماید. حال

کامپیوتر مرکزی دارای قدرت تصمیم- گیری بر اساس اطلاعات ذخیره شده می باشد و فرمانهای آبیاری را صادر می کند. انتقال اطلاعات بین تمامی بخش های سیستم همانطور که قبلاً گفته شد توسط پرابهائی کنترل می شود که گاهاً به صورت بی سیم یا کابلی مورد استفاده قرار می گیرند. شایان ذکر است که:

- این دستگاه، یک سیستم آبیاری جدید محسوب نمی شود بلکه در زمینهایی که آبیاری به صورت تحت فشار انجام می شود، صدور فرمان آبیاری و یا قطع آبیاری توسط این سیستم به صورت هوشمند صادر می گردد.
- در این سیستم به ازای هر نوع گیاه یا درخت یک پردازشگر در نظر گرفته شده و برای اخذ اطلاعات از گیاهان با توجه به شرایط میتوان برای چندین گیاه، یک سنسور تعبیه نمود.
- برای گیاهانی مانند: علوفه، جو، گندم، چغندر، برنج و ... پس از بررسی شرایط می توان با نصب یک پردازشگر و سنسور برای کل زمین اخذ اطلاعات نمود (با شرط یک نوع بودن محصول).
- کنترلر هوشمند آبیاری مجهز به سیستم کمکی Backup می باشد تا به هنگام معیوب شدن احتمالی سیستم اصلی، سیستم کمکی وارد عمل شده تا در اثرکمبود احتمالی آب، آسیبی به گیاه وارد نشود.
- سیستم کمکی مجهز به یک ساعت نجومی و دماسنج هوشمند می باشد تا اطلاعات گیاهان را دریافت نموده و بر اساس اطلاعاتی که از قبل برای سیستم تعریف شده اند، فرامین آبیاری را صادر نماید.
- هنگامی که سیستم اصلی به صورت موقت از مدار خارج گردد، قسمت عیب یاب هوشمند دستگاه، پیغامی را تحت عنوان خروج سیستم اصلی از شبکه از طریق تلفن ثابت یا همراه به صورت پیام صوتی یا متن نوشتاری (SMS) به اپراتور ارسال می نماید تا به واحد فنی و پشتیبانی ارجاع شده و نقص سیستم را برطرف نمایند.
- این سیستم در سال ۲۰۰۵ میلادی در مسابقات ایده ها و اختراعات کشور سوییس شرکت داده شد که موفق به کسب رتبه دوم صنایع کشاورزی گردید. همچنین، این دستگاه موفق به اخذ لیسانس افتخاری دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه سوییس و دکترای الکترونیک افتخاری از دانشگاه MIT گردیده است.

مزایای استفاده از سیستم

با نصب و راه اندازی سیستم کنترلر هوشمند آبیاری در اراضی کشاورزی از مزایای زیادی بهره مند خواهیم شد. به عنوان مثال با نصب این سیستم ظرف چند سال اول شاهد کاهش چشمگیر مصرف هزینه خرید آب برای مناطق گرم و خشک خواهیم بود. برخی از مهمترین مزایای استفاده از این سیستم عبارتند از:

- استفاده بهینه از آب – نگهداری و حفاظت بیشتر از سفره های زیر زمینی
- صدور فرمان آبیاری در زمان بارندگی (در صورت تشخیص نیاز بیشتر به آب توسط گیاه)
- کاهش تلفات آبی به مقدار چشمگیر نسبت به سیستم های قبلی
- عدم نیاز به تهیه منابع بزرگ آب
- آبیاری فقط در صورت نیاز گیاه به آب
- کاهش زیان وارده به گیاه بر اثر شوری آب
- جلوگیری از رویش علفهای هرز در اطراف گیاه
- رشد بهتر گیاهان و افزایش کمی و کیفی محصول
- راندمان بالای دستگاه نسبت به بودجه های اقتصادی

- کاهش تلفات مکانیکی
- صرفه جوئی زیاد در مصرف انرژی
- ثبت پارامترهایی نظیر دسترسی به میزان دمای پیرامون گیاه، میزان درصد آبیاری و رسم نمودارهای آبیاری و ارسال اطلاعات از طریق SMS اینترنت، Voice و ...
- قابلیت تجهیز به سیستم عیب یاب هوشمند و گویا
- بهره گیری از سیستم کمکی برای مواقع ضروری

بهینه سازی

یک سیستم آبیاری زمانی به حداکثر راندمان خود نزدیک می شود که علاوه بر بهینه سازی نحوهٔ ارسال آب بتواند زمان قطع و وصل کردن آب را نیز تا حد زیادی کنترل و بهینه نماید و تنها در این صورت می توان به شرایط ایده آل یک سیستم آبیاری تحت فشار دست یافت یا نزدیک شد.

نتیجه‌گیری

دستگاه MIC با استفاده از قوانین طبیعی، زمان دقیق نیاز به آبیاری را از خود گیاه می گیرد، بدین گونه که با حس و بررسی حالات و رفتارهای متفاوت که گیاهان از طریق امواج الکترو مغناطیسی نشان می دهند، نیاز آبی را دقیقاً بررسی کرده و فرمان صدور آبیاری یا قطع آبیاری را صادر می کند و می تواند مکمل بسیار خوبی برای سیستمهای آبیاری تحت فشار باشد. همچنین، به دلیل نحوهٔ استفاده آسان و قیمت مناسب، این سیستم را می توان در انواع باغات و مزارع با هر نوع محصولی و با هر وسعتی اجرا نمود. به همین دلیل می‌توان نتیجه گرفت که چون MIC تضمین کنندهٔ زمان مناسب آبیاری است و اجرای سیستم های آبیاری تحت فشار تضمین کننده انتقال آب به گیاه می باشد، در صورتی که کنترل سیستم آبیاری تحت فشار به MIC واگذار شود، به بالاترین راندمان آبیاری و نقطهٔ ای ایده آل در صنعت کشاورزی دست پیدا کرده ایم.

منابع

۱- طرح توسعه روش های نوین آبیاری. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

۲- علیزاده. امین. طراحی سیستم های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ص ١٤ و١٧٥-١٧٤ و ١٨٣-١٨٢.

3- Blaney, H. F. and W. D. Criddle. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological data. U.S.D.A. Soil Conservation Service Tech. Pub. 96.

4- Meider, H. and D. W. Sheriff. 1976. Plants and water. Blackie and Sons. Glascow, Scotland.

5- Smith. C. and W. Bests. 1989. Electro magnetic man: health and hazard in the electrical environment. JM dent, London

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

خودکارکردن سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه

وحیدرضا وردی‌نژاد[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲] و حامد ابراهیمیان[۳]

چکیده

با گسترش سطح زیر کشت اراضی آبیاری تحت فشار، خودکار کردن سیستم‌های مختلف آبیاری بخصوص سیستم‌های متحرک (سنترپیوت و لینیرموو) که دارای قابلیت‌ها ی بیشتری برای خودکار شدن هستند، اهمیت فوق العاده ای دارد. زیرا علاوه بر کاهش نیروی کارگری، موجب افزایش کارآیی مصرف آب و عملکرد محصول می‌شود. از آنجا که اولین تاثیرکمبود رطوبت در خاک، بلافاصله در خود گیاه ظاهر می‌شود، لذا تعیین زمان آبیاری بر اساس شاخص گیاهی مثل دمای پوشش سبز گیاه (Canopy Temperature) یا پتانسیل آب برگ که وضعیت آبی گیاه را نشان می‌دهد، در مقایسه با روشهای غیر مستقیم (از قبیل رطوبت خاک، مکش خاک بوسیله تانسیومتر و ...) دقیق تر می‌باشد. حتی در مواردی ممکن است رطوبت موجود در خاک زیاد باشد ولی به دلایلی مانند شوری آب یا خاک، این رطوبت برای گیاه قابل استفاده نباشد که این تنش بلافاصله توسط شاخص‌های گیاهی نمایان می‌شود. برای تعیین زمان آبیاری بر اساس دمای پوشش سبز، روشهای مختلفی وجود دارد که کاربردی ترین آنها روش زمان- دمای آستانه (TTT: Temperature-Time Threshold) می‌باشد که به کمک دماسنج‌های مادون قرمز به راحتی قابل اندازه گیری است. روشهای دیگری نیز برای تعیین زمان آبیاری از قبیل: شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) و شاخص تنش حرارتی روزانه (TSD) وجود دارند. تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی کرج در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۸۳ به منظور تعیین این شاخصها برای گیاه ذرت انجام شد. بدین منظور پنج تیمار آبیاری شامل تیمار مرطوب (نگهداری رطوبت در حد FC) و چهار تیمار تحت تنش بصورت تخلیه رطوبت تا حد PWP در چهار مرحله رشدی گیاه شامل مراحل استقرار، رویشی، گلدهی و پرشدن دانه در نظرگرفته شد. پارامترهای اندازه گیری شده شامل دمای تر و خشک هوا، دمای پوشش سبز گیاه، رطوبت نسبی، رطوبت عمق توسعه ریشه، فشار بخار هوا در ساعت حداکثر تعرق (ساعت ١٤تا ١٥) بودند. در این مقاله تنظیم آهنگ حرکت و کنترل سنترپیوت نیز مورد بررسی قرار گرفته است تا دستگاه سنترپیوت با توجه به نیاز آبی گیاه

[۱]- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران
[۲]- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران
[۳]- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

بصورت خودکار کنترل گردد. همچنین، با جمع بندی مطالعات صورت گرفته در این زمینه، روش برنامه ریزی آبیاری خودکار سنترپیوت (روش زمان دمای آستانه) با آبیاری کنترل شده بصورت دستی (با اندازه گیری مقدار آب خاک توسط پروبهای نوترونی) مقایسه شده است. کاهش هزینه‌های کارگری، سهولت بهره برداری، افزایش راندمان آبیاری و عملکرد محصول می‌تواند بکار گیری این روش را توجیه نماید.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی آبیاری، سنتر پیوت، خودکار سازی، دمای پوشش سبز

مقدمه

با پیشرفت سریع تکنولوژی، خودکار کردن سیستمهای مختلف آبیاری بخصوص سیستم های متحرک نظیر سنترپیوت و لینیرموو که جزو سیستم های در حال حرکت (Continues Move) بوده و دارای قابلیت ها ی بیشتری برای خودکار شدن هستند، اهمیت فوق العاده ای دارد. زیرا علاوه بر کاهش نیروی کارگری عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد. روشهای مختلفی برای تعیین زمان مناسب آبیاری وجود دارد که عبارتند از: شاخصهای خاک، بیلان آبی و شاخصهای گیاهی. برنامه ریزی شاخصهای گیاهی روشی مستقیم برای تعیین زمان آبیاری می‌باشد زیرا اولین تاثیرکمبود رطوبت در خاک بلافاصله در خود گیاه ظاهر می‌شود. شاخصهای گیاهی برای تعیین زمان آبیاری عبارتند از: شاخص رشد گیاه، شاخص پتانسیل آب برگ، شاخص مقاومت روزنه ای و شاخص دمای برگ. تعیین پتانسیل آب در برگ احتیاج به دقت زیادی دارد، زیرا پتانسیل آب برگ شدیدا تحت تاثیر محل قرار گرفتن و سن برگ و تشعشع دریافتی است، لذا این روش گسترش چندانی نیافته است. از آنجا که مقاومت روزنه ای بیان کننده درجه باز بودن روزنه ها و شدت تبخیر و تعرق می‌باشد، می‌تواند یکی دیگر از شاخص‌های وضعیت آب در گیاه باشد. لیکن داشتن مهارت کافی برای اندازه گیری و تفسیر مقاومت روزنه ای و نیز صرف زمان زیاد برای اندازه گیری، کاربرد این روش را در اهداف تحقیقاتی محدود کرده است. شاخص سوم نشان دهنده تنش در گیاه، دمای پوشش سبز گیاه می‌باشد. می‌دانیم تبخیر یک فرآیند انرژی خواه است و انرژی لازم جهت تبخیر و تعرق از طریق تشعشع خورشیدی تامین می‌گردد. در طی عمل تعرق، گیاه آب را از محیط خاک جذب نموده و از طریق آوندهای چوبی به روزنه ها می‌رساند و آب بصورت بخار از گیاه خارج می‌شود. انرژی لازم برای تبخیر هر گرم آب ۵۸۵ کالری می‌باشد لذا در هنگام تعرق، آب سلول‌های زیر روزنه ها از محیط اطراف انرژی کسب نموده و تبخیر می‌گردد و در نتیجه دمای پوشش سبز کاهش پیدا می‌کند. در صورتی که مقدار رطوبت خاک کم باشد و گیاه آب کافی در اختیار نداشته باشد در این صورت در اثر عدم تناسب بین عمل تعرق و جذب آب توسط ریشه ها، میزان مکش آب در آوندهای چوبی بالا رفته و باعث بسته شدن روزنه ها و کاهش عمل تعرق می‌گردد که نتیجه آن بصورت افزایش دمای پوشش سبز ظاهر می‌شود. دمای پوشش سبز تحت تاثیر عواملی از قبیل باد، رطوبت نسبی هوا، تشعشع دریافتی و بخصوص رطوبت موجود در خاک می‌باشد و با دماسنج مادون قرمز بطور دقیق قابل اندازه گیری است. گاردنر و همکاران (۱۹۷۹) بیان داشتند که اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا در طول روز افزایش پیدا می‌کند و در ساعت ۱۳ الی ۱٤به حداکثر مقدار خود می‌رسد. ایدسو و همکاران (۱۹۷۷) اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا را که بوسیله دماسنج مادون قرمز اندازه گیری شده بود، به عنوان شاخصی از وضعیت آبی گیاه بکار بردند. آنها به این

نتیجه رسیدند که زمانی که گیاه کمبود آب نداشته باشد، اختلاف دمای پوشش گیاهی (T_{canopy}) و هوا (T_{air}) منفی می‌باشد ($\Delta T = T_c - T_a < 0$) ولی زمانی که گیاه تحت تنش آبی شدید باشد اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا مقداری مثبت می‌گردد ($\Delta T = T_c - T_a > 0$). سومایو و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که کمبود رطوبت خاک باعث افزایش دمای برگ گیاه می‌شود. جونز (۱۹۹۹) دمای پوشش گیاه را که با دماسنج مادون قرمز اندازه گیری کرده بود، به عنوان روشی برای میزان باز شدگی روزنه‌های گیاه لوبیا و برای اندازه گیری تنش گیاه در برنامه ریزی آبیاری در مناطق مرطوب استفاده کرد. الدرفاسی و نیلسن (۲۰۰۱) دمای پوشش سبز گیاه را برای ارزیابی شاخص تنش رطوبتی در تعیین وضعیت آب و برنامه‌ریزی آبیاری در گندم استفاده کردند. بورک و الیور(۱۹۹۳) نشان دادند که آنزیم های گیاه در یک رنج دمایی محدود بنام پنجره جنبش گرمایی فعالیت می‌کنند. وانجورا (۱۹۹۵) نشان داد که از این پنجره یا دمای آستانه، میتوان به عنوان معیاری برای خودکار ساختن سیستم آبیاری استفاده کرد. آپچرچ و همکاران در سال۱۹۹٦ به یک سیستم مدیریت آبیاری دست یافتند که بر مبنای دمای بهینهٔ فعالیت آنزیم های برگ عمل می‌کرد. آنها در مورد شرایط آب و هوایی مربوط به زمان آستانه نیز به نتایجی رسیدند. این روش که برای برنامه ریزی آبیاری کاربرد دارد، روش زمان دمای آستانه (Time-Temperature Threshold : TTT) نامیده می‌شود. اوت و همکاران (۱۹۹۹ و۲۰۰۰) ثابت کردند که پلاتهای آبیاری شده به روش قطره ای که در آنها آبیاری بصورت خودکار بر اساس روش زمان دمای آستانه انجام گردیده در مقایسه با برنامه ریزی غیر خودکار و بر اساس پروبهای نوترونی، از عملکرد بیشتری برخوردار بود. روشهای دیگری نیز برای برنامه ریزی آبیاری بر اساس دمای پوشش سبز از قبیل: شاخص تنش آبی گیاه (CWSI[4]) و تنش حرارتی روزانه (TSD[5]) وجود دارند ولی برای محاسبه این شاخصها علاوه بر دمای پوشش سبز گیاه، اندازه گیری دمای تر و خشک هوا، رطوبت نسبی، رطوبت عمق توسعه ریشه، فشار بخار هوا و تشعشع خالص نیز نیاز است لذا برنامه ریزی بر اساس برخی از این شاخصها ممکن است عملی نباشد ولی روش زمان دمای آستانه نیازمند پارامترهای ذکر شده نمی‌باشد. برای خودکار سازی سیستم سنترپیوت کارهایی در چند سال اخیر صورت گرفته است. یکی از این تحقیقات توسط لتبریج در موسسه CACDI (Canada Alberta Crop Development Initiative) صورت گرفته است. این پروژه حالتهای مختلف مقدار رطوبت خاک (توسط سنسورها ی رطوبتی تعبیه شده در خاک) و یک سیستم ارتباطی کنترل از دور را بررسی نموده است. تحقیقی نیز برا ی خودکار سازی سیستم سنتر پیوت توسط آپچرچ (۱۹۹۸) با نصب دماسنج مادون قرمز روی این سیستم انجام شد. در این مقاله امکان خودکار سازی سیستم سنترپیوت بر اساس روشهای مختلف تشریح گردیده و یک تحقیق که توسط (USDA) در بوشلند تگزاس صورت گرفته، بصورت مفصل تشریح شده است.

مواد و روش‌ها

تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی کرج در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۸۳ به منظور تعیین شاخصهای برنامه ریزی آبیاری برای گیاه ذرت انجام شد. به این منظور پنج تیمار آبیاری شامل تیمار مرطوب (نگهداری رطوبت در حد FC) و چهار تیمار تحت تنش بصورت تخلیه رطوبت تا حد PWP

[4]- Crop Water Stress Index
[5]- Temperature Stress Day

در چهار مرحله رشدی گیاه شامل مراحل استقرار، رویشی، گلدهی و پرشدن دانـه در نظرگرفتـه شـد. پـارامترهـای اندازه گیری شده شامل دمای تر و خشک هوا، دمای پوشش سبز گیاه، رطوبت نسبی، رطوبت عمق توسـعه ریـشه، فشار بخار هوا و تشعشع خالص در ساعت حداکثر تعرق (ساعت ١٤تا ١٥) بود.

برنامه ریزی بر اساس شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) به روش ایدسو

شاخص تنش آبی گیاه یکی از شاخص‌هایی است که وضعیت آب در گیاه را بر اساس اخـتلاف درجـه حـرارت پوشش گیاهی و هوا بیان می‌کند. برای تشریح آن ایدسو رابطه خطی بین اختلاف دمای هوا و پوشش سبز گیـاهی و کمبود فشار بخارهوا بصورت زیر ارائه داد:

$$T_c - T_a = a + b \times (AVPD) \qquad (١)$$

دمای هوا و پوشش سبز بر حسب درجه سانتی گراد و کمبود اشباع (AVPD) بر حسب میلـی بـار بـوده و a,b نیز ضرایب ثابت رگرسیون هستند. خطی که مطابق معادله بالا برای هر گیاه بدست می‌آیـد، مـشخص کننـده مکـان هندسی نقاطی است که در آن نقاط میزان تبخیر و تعرق حداکثر می‌باشد. این خط تحت عنوان خط مبنای پایین[٦] یـا خط مبنای بدون تنش[٧] نامیده می‌شود. حال اگر مقدار آب در منطقه ریشه کم شود در این صورت دمای گیاه افزایش می‌یابد و در نقطه ای بالاتر از خط مبنای پایینی قرار میگیرد. در نقطه ای عمل تبخیر و تعـرق گیـاه تقریبـا متوقـف می‌شود که خط مبنای بالایی نامیده می‌شود. موقعیت خطوط مبنای پایین و بالا بر اساس تیمار مرطوب و خشک بـه ترتیب بصورت معادلات (٢) و (٣) بدست آمد. در شکل (١) موقیت خط مبنای پایین و بالا بـه روش ایدسـو ارائـه شده است.

$$(\mathrm{Tc - Ta})_{\mathrm{L.L.}} = -0.1642 \times (\mathrm{AVPD}) + 1.6098 \qquad (٢)$$

$$T_c - T_a = ٣/٣٩ \ ^{\circ}\mathrm{C} \qquad (٣)$$

رابطه بین (CWSI) و شدت تبخیر و تعرق و حساسیت مراحل مختلف رشد گیاه به کم آبی (فاکتور حساسیت گیاه: CS) بصورت معادلات زیر بیان می‌شود:

$$CWSI = 1 - \frac{ET}{ET_p} \text{ و } CS_i = 1 - \frac{Y_i}{Y_P} \qquad (٤)$$

که در آن ET, ET_P به ترتیب تبخیر و تعـرق پتانـسیل و واقعـی گیـاه و (Y_P) عملکـرد پتانـسیل و (Y_i) عملکـرد تیماری که در مرحله رشد i آن تنش آبی اعمال شده است. رابطه بین کاهش نسبی عملکرد محصول و کاهش نسبی تبخیر و تعرق بصورت رابطه زیر می‌باشد:

$$(1 - Y/Y_P) = K_y (1 - ET/ET_P) \qquad (٥)$$

در آن Ky ضریب حساسیت به کم آبی می‌باشد.

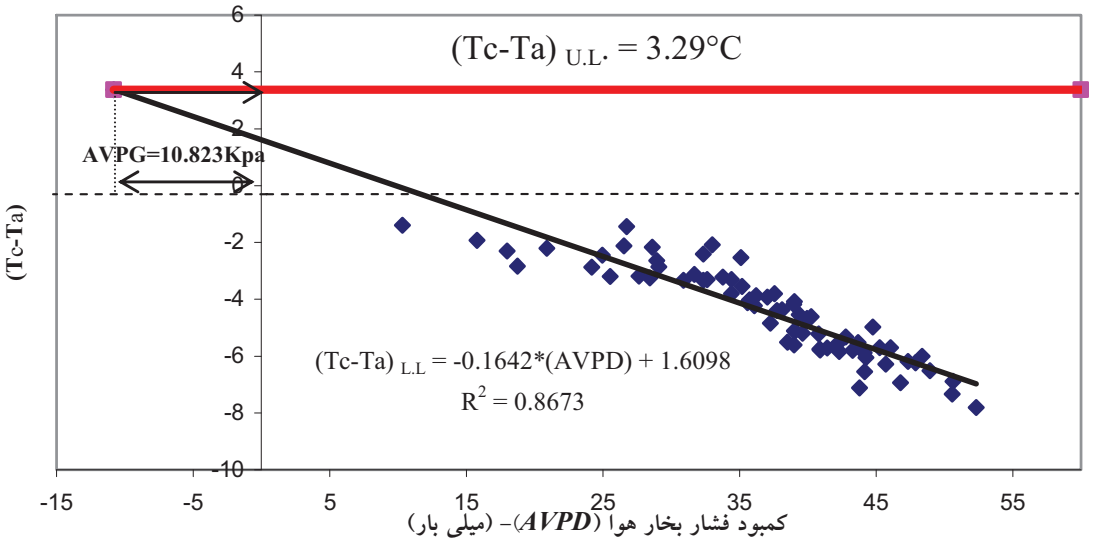
با ادغام دو رابطه ٤ و ٥ رابطه ٦حاصل می‌شود.

$$CS = K_y \times (CWSI) \qquad (٦)$$

---

[6] - Lower Limit Baseline
[7]- Non – Stressed Baseline

مقادیر (CS) برای ذرت برای دوره رویشی، ظهور کاکلها و کامل شدن تاج گل تا مرحله خمیری و مرحله بعد از خمیری بترتیب برابر ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۲۱ می‌باشد. مقادیر (K_y) برای این سه دوره به ترتیب برابر ۰/٤، ۱/۵ و ۰/۵



شکل ۱: *موقعیت خط مبنای پایین و بالا برای گیاه ذرت به روش ایدسو*

است. بر اساس معادله (٦) مقادیر بحرانی (CWSI) برای مراحل فوق ۰/٦۳، ۰/۳۳ و ۰/٤۲ بدست می‌آید لذا معادلات تعیین زمان آبیاری بر اساس اختلاف دمای پوشش سبز و هوا برای سه دوره مختلف رشد بصورت زیر می‌باشد:

$$(T_c - T_a)_c = -0.0619(AVPD) + 2.68 \quad \text{مرحله (۱)} \quad (۷)$$

$$(T_c - T_a)_c = -0.1093(AVPD) + 2.17 \quad \text{مرحله (۲)} \quad (۸)$$

$$(T_c - T_a)_c = -0.0949(AVPD) + 2.31 \quad \text{مرحله (۳)} \quad (۹)$$

همانطور که در روابط (۷) تا (۹) مشخص است، برای تعیین شروع حرکت سیستم سنترپیوت ما به سه پارامتر کمبود اشباع، دمای پوشش سبز و هوا نیاز داریم. لذا لازم است که با سنسورهایی این سه پارامتر در زمان تنش بحرانی مانیتور شوند.

برنامه ریزی بر اساس شاخص تنش حرارتی روزانه (TSD)

تنش حرارتی روزانه شاخصی کیفی است که اختلاف تعرق بین گیاه خوب آبیاری شده و گیاه تحت تنش را نشان می‌دهد. تنش حرارتی روزانه عبارت از اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاهی بین تیمار تحت تنش و تیمار بدون تنش می‌باشد و از رابطه (۱۰) بدست می‌آید:

$$T_c, T_c^* \; TSD = T_c - T_c^* \quad (۱۰)$$

به ترتیب دمای تیمار بدون تنش و تیمار تحت تنش می‌باشد. برای این منظور در تخلیه‌های رطوبتی مختلف خاک (SMD) بر حسب درصد، مقادیر تنش حرارتی روزانه بصورت رابطه (۱۱) بدست آمد:

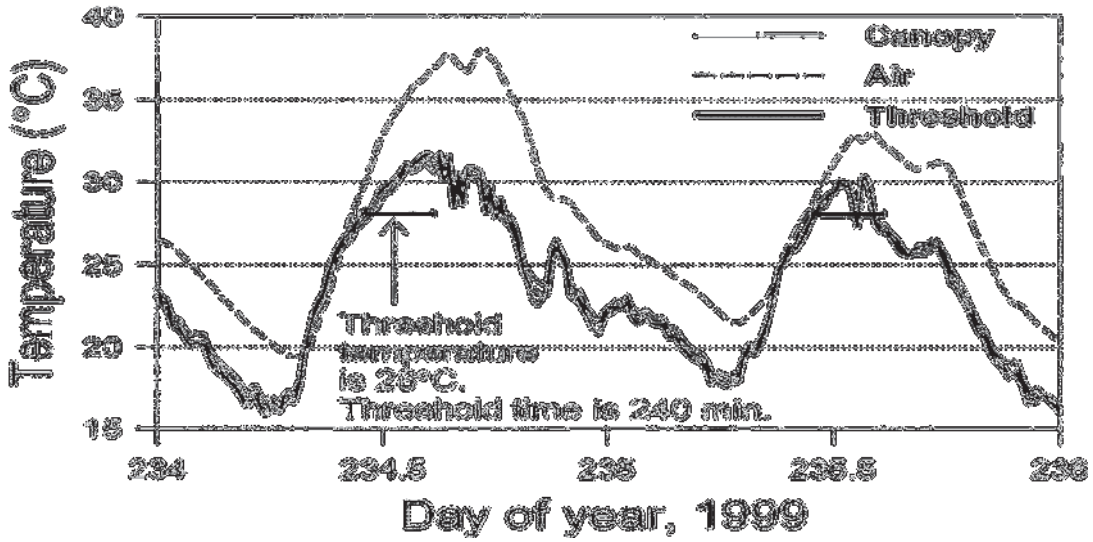
$$TSD = 0.1052 \times (SMD) - 5.06 \ , \ R^2=0.93 \qquad (۱۱)$$

خودکاری سازی سیستم بر اساس این شاخص نسبتا عملی‌تر است. برای هر مقدار رطوبت موجود در خاک، تنش حرارتی روزانه مقدار مشخصی داشته و با داشتن مقادیر دمای تیمار بدون تنش و دمای مزرعه زمان آبیاری مشخص می‌شود. در این روش ممکن است که رطوبت خاک زیاد بوده ولی برای گیاه قابل استفاده نباشد. مثلا در آبیاری با آب شور و در خاکهای مشکل دار از نظر شوری این حالت اتفاق می‌افتد. بنابراین در این گونه شرایط استفاده از شاخص‌هایی که رطوبت خاک را در نظر گرفته‌اند، نتیجه صحیح به ما نمی‌دهد. در خودکار سازی سیستم بر اساس شاخص تنش حرارتی روزانه، یک تیمار در نظر گرفته خواهد شد که همیشه رطوبت آن در حد ظرفیت مزرعه باشد و دمای آن بر اساس یک دماسنج مادون قرمز به سیستم کنترل مرکزی (بصورت سیستم بی سیم) در زمانهای تعریف شده مخابره می‌شود و دمای پوشش مزرعه بر اساس دماسنج‌های مادون قرمز که بر روی بال سیستم نصب می‌شوند، نیز به سیستم خودکار مخابره می‌شود. بر اساس مدیریت آبیاری (مثلا تخلیه رطوبت ۵۰ درصد $TSD = 5.46 \approx$) هر موقع این اختلاف دما به عدد ۵/٤۵ درجه سانتی گراد رسید، سیستم بطور خودکار شروع به آبیاری می‌کند. اجرای این روش به دلیل اینکه همزمان نیاز به دو دمای پوشش سبز مزرعه و یک تیمار که همیشه بایستی رطوبت خاک آن در حد ظرفیت مزرعه باشد، ممکن است قدری مشکل باشد.

برنامه‌ریزی بر اساس شاخص زمان- دمای آستانه(TTT:Temperature-TimeThreshold)

خودکاری سازی سیستم سنترپیوت بر اساس دو روش فوق الذکر (شاخص CWSI و TSD) به دلیل اینکه نیازمند پارامترهای زیادی برای تعیین زمان آبیاری می‌باشد، قدری مشکل می‌باشد. در جاهایی میتوان این روش‌ها را بکار برد که یک ایستگاه هواشناسی موجود باشد و بتوان پارامترهای دمای تر و خشک و کمبود اشباع را در هر لحظه تعیین و به سیستم مانیتور کننده مخابره نمود. در حال حاضر در اکثر نقاط دنیا برای خودکاری سازی سیستم سنترپیوت از روش زمان دمای آستانه به دلیل راحتی و عملی بودن استفاده می‌گردد. لذا در ادامه بصورت مفصل به تشریح این روش پرداخته خواهد شد. روش زمان دمای آستانه بر پایهٔ اندازه گیری دمای سایه اندازگیاه بوسیلهٔ دماسنج‌های مادون قرمز استوار است. در این مقاله از داده‌های آزمایشگاهی (USDA) در بوشلند تگزاس که دارای سنترپیوت تحقیقاتی با سه برج (Tower) و طول ۱۲۷ متر است، استفاده شده است. آپچرچ و همکاران (۱۹۹٦) بر اساس دمای بهینهٔ فعالیت آنزیمهای برگ به یک دمای آستانه وابسته به اقلیم دست پیدا کردند که زمان- دمای آستانه نامیده می‌شود. در روش زمان- دمای آستانه در هر دقیقه دمای پوشش سبز یکبار اندازه گیری می‌شود. اگر این دمای اندازه گیری شده از دمای آستانه که مشخص می‌باشد، بزرگتر باشد یک دقیقه به زمان اضافه می‌گردد. بنابراین برا ی هر دقیقه ای که دمای پوشش سبز از دمای آستانه تجاوز نماید، یک دقیقه به مجموع روزانه اضافه می‌گردد. هر موقع که مجموع روزانه از زمان آستانه تجاوز کند، آبیاری صورت می‌گیرد. در شکل(۲) دمای پوشش سبز ذرت و دمای هوا برای دو روز متوالی ملاحظه می‌شود. دمای آستانه ۲۸ درجه سانتی گراد برای زمان آستانه ۲٤۰ دقیقه می‌باشد. یعنی هر موقع دمای پوشش سبز ذرت از دمای آستانه تجاوز کرد در این صورت اگر $\sum_{i=1}^{240} t_i = 240$ گردید، سیستم بطور اتوماتیک با یک سرعت شروع به آبیاری مشخص می‌کند. در عصر روز اول مجموع زمان- دمای

آستانه به ۲٤۰ دقیقه رسیده و آبیاری صورت گرفته است. ولی در روز دوم به حد آستانه نرسیده و آبیاری صورت نگرفته است.



شکل۲: *دمای پوشش سبز ذرت و دمای هوا برای زمان- دمای آستانه ۲٤۰ دقیقه و $28^{\circ}C$*

مدل کردن دمای روزانه

مدل‌های مختلفی وجود دارند که بتوان فقط با یکبار اندازه‌گیری دمای پوشش سبز در روز تغییرات دمای پوشش سبز طی روز را پیش بینی کنند. این مدلها نیازمند داده‌های ورودی جزئی آب و هوا بعلاوه شناخت کامل از پارامترهای ویژهٔ خاک و گیاه هستند که اندازه گیری آنها دشوار است. ساده ترین روش جهت تعیین چگونگی تغییر شرایط محیطی در طی روز که تغییرات دمای پوشش سبز را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اندازه گیری دمای سایه انداز در یک مکان مرجع ثابت است. فرض براین است که دمای پوشش سبز در قسمتهای دیگر مزرعه، که ممکن است تحت تنشهای مختلفی باشد، می‌تواند نسبت به این مرجع با استفاده از اندازه گیری دما بصورت یکبار در روز از آن مکانها، مدل گردد. اگر دمای پوشش سبز را قبل از طلوع آفتاب در سراسر زمین یکسان فرض کنیم (T_e) در این صورت:

$$T_{rmt} = T_e + \frac{\left|(T_{rmt,t} - T_e)(T_{ref} - T_e)\right|}{(T_{ref,t} - T_e)} \qquad (۱۲)$$

که اجزای آن:

T_{rmt} دمای پوشش سبز در محل اندازه‌گیری، T_{ref} دمای پوشش سبز از محل مرجع در همان بازه زمانی یکسان T_{rmt}، $T_{rmt,t}$ دمای پوشش سبز اندازه گیری شده بصورت یکبار در روز در هر زمانی از روشنایی روز(t) و $T_{ref,t}$ دمای مرجع پوشش سبز اندازه گیری شده در همان زمان اندازه گیری است.

معادله فوق با داده‌های ۳ سال اندازه گیری (۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱) تست شده است. در این سه سال، سه محصول ذرت، پنبه و لوبیا کشت شده و برنامه‌ریزی به روش TTT صورت گرفته است. زمان دمای آستانه این سه محصول طی یک تحقیق ۷ ساله (۱۹۹٦ تا ۲۰۰۲) توسط اوت و همکاران تعیین شده است. در هر کدام از مطالعات آنها دو تا دمای پوشش سبز آستانه همراه دو دمای سایه انداز آستانه (در کل ٤ تیمار آبیاری) مطابق جدول ۱، در نظر گرفته

شده است. بر روی داده‌های بدست آمده کارهای آماری صورت گرفته که به نتایج آنها اشاره می‌گردد. برای تمام تیمارها کمترین مقدار ضریب همبستگی($r^2 = 0.96$) بدست آمد. متوسط مقادیر سایر r^2 ها ($r^2 = 0.99$) بدست آمد. این ضرایب معادله مقیاس شده خطی (۱۲) را تایید می‌کند. بنابراین معادله ۱۲ یک معادله با ارزش برای پیش بینی تغییرات دمای پوشش سبز روزانه با استفاده از یک دمای مرجع در طی ساعات روشنایی روز می‌باشد.

جدول ۱: *تیمارهای استفاده شده برای هر سال و محصول*

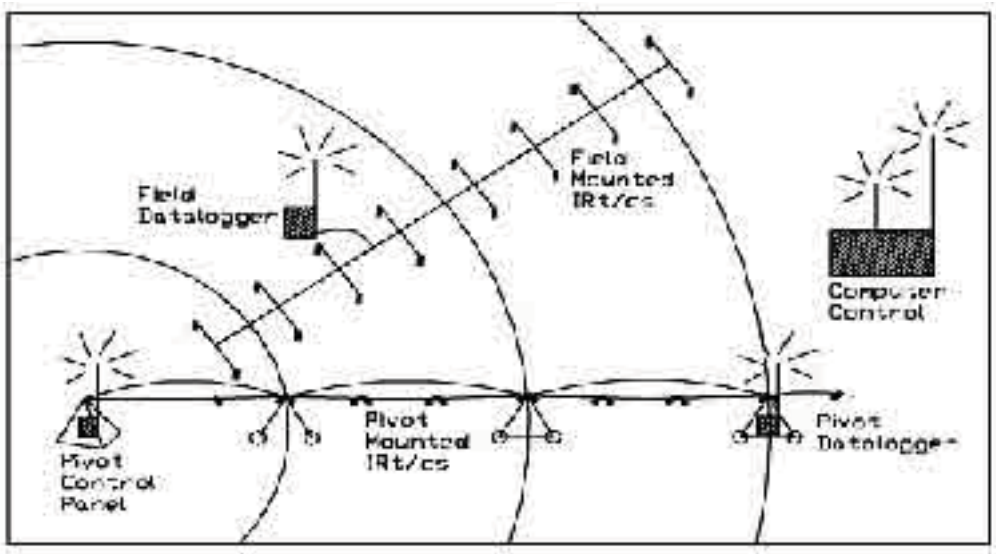
سال	محصول	دمای استفاده (°C)	زمان استفاده (min)	ابیاری تنسی
		۲۸	۲۴۰	متوسط
۱۹۹۹	ذرت	۲۸	۱۶۰	
		۳۰	۱۶۰	متوسط
		۳۰	۲۴۰	
		۲۸	۴۸۲	متوسط
۲۰۰۶	منبه	۲۸	۳۸۸	
		۳۰	۲۸۸	متوسط
		۳۰	۲۵۲	
		۲۷	۲۵۶	متوسط
۲۰۰۳	لوبیا	۲۷	۱۷۱	حداکثر
		۲۹	۱۷۱	متوسط
		۲۹	۲۵۶	

- آبیاری نظری جهت رسیدن به نیاز گیاه که توسط اوت و همکاران ارائه شده است.

پیاده سازی خودکار نمودن سیستم

مطابق شکل (۳)، ۲۶عدد دماسنج مادون قرمز (دارای دقت ۲٪ ±) بر روی یک سیستم سنترپیوت شامل ۳ برج و طول ۱۳۷ متر در سایت آزمایشگاهی بوشلند تگزاس نصب گردید. دماسنج‌های مادون قرمز با زاویه ٤٥ درجه و روبه پایین و به سمت ردیف‌های محصول نصب شدند. نحوه و تجهیزات لازم جهت خودکار نمودن سیستم بطور شماتیک در شکل (٤) نمایش داده شده است.

شکل ۳: *نحوه نصب دماسنج‌های مادون قرمز*



شکل ٤: *تجهیزات لازم جهت خودکار نمودن سیستم سنترپیوت*

سایت آزمایشگاهی یک سنترپیوت تحقیقاتی سه برجی بطول ۱۲۷ متر است. چهار تیمار مختلف برای مقدار آب بصورت شعاعی حول سنترپیوت بکار برده شده است (شامل ۱۰۰، ٦٦، ۳۳ درصد نیاز آبیاری و تیمار بدون آبیاری). در حدود نیمهٔ پیوت، سه تکرار برا ی تیمار کنترل اتوماتیک (به روش TTT) و سه تکرار برا ی تیمار برنامه ر یزی شدهٔ دستی (بر اساس کمبود رطوبتی خاک که توسط پروب نوترونی تعیین گردید) در نظر گرفته شد.

جابجایی و استقرار پیوت توسط یک کامپیوتر که در همان نزدیکی قرار داشت و با دو رادیو با فرکانس ۹۰۰ مگا هرتز ارتباط برقرار می‌کرد، بصورت از راه دور کنترل می‌شد. در طول یک آبیاری اتوماتیک پیوت در لبهٔ تیمار متوقف می‌شود و ۱۰ دقیقه جهت زهکشی توقف می‌کند، سپس سراسر تیمار آبیاری دستی را بصورت خشک طی می‌کند. ۲۰ میلیمتر آب در هر آبیاری اتوماتیک بکار می‌رود که این مقدار معادل ماکزیمم، یعنی معادل تبخیرتعرق دو روزهٔ منطقه طی ماههای گرم تابستان می‌باشد. پس از آبیاری آخرین پلات اتوماتیک، پیوت به حرکت خود بصورت خشک ادامه می‌دهد تا به نقطهٔ شروع برسد. همانطور که مشاهده می‌شود برنامه ریزی آبیاری بصورت دستی یا غیراتوماتیک بر پایه جایگزینی ۱۰۰٪ کمبود آب درخاک است در صورتیکه در روش TTT زمانبندی و مقدار آبیاری با توجه به تنش گیاه که در دمای سایه انداز گیاه نمود می‌یابد، صورت می‌گیرد و لذا نه تنها راندمان آبیاری افزایش می‌یابد بلکه کمبود آب در سیستم بصورت مکانیزه تر مورد سنجش قرار می‌گیرد. یعنی یک برنامه ریزی آبیاری اتوماتیک و سیستم کنترل آن که به شاخص‌های تنش گیاه واکنش نشان دهد، دارای این پتانسیل است که علاوه برکاهش نیازهای کارگری و مدیریتی، عملکرد محصول را نسبت به آب آبیاری افزایش دهد.

نتایج

از مزایای تعیین دمای پوشش سبز این است که:

۱- می‌تواند به عنوان مکانیزم کنترل آبیاری در مزرعه بکار رود. به عبارت دیگر جهت تعیین یکنواختی کاربرد آب پارامتر موثری به شمار می‌رود. زیرا تغییرات دمای پوشش سبز می‌تواند بر عدم یکنواختی کاربرد آب دلالت داشته باشد و یا ممکن است به دلیل وجود مشکل در سیستم انتقال و تحویل آب باشد.

۲- داده‌های اندازه گیری شده توسط دماسنج مادون قرمز می‌تواند به عنوان اساس برنامه ریزی و زمان بندی آبیاری و نیز تعیین عمق آب آبیاری استفاده گردد.

۳- کاهش نیازهای کارگری و مدیریتی، افزایش عملکرد محصول را نسبت به آب آبیاری (کارآیی مصرف آب) به دنبال دارد.

منابع

۱- جارالهی، ر. ، مهدویان، م. ۱۳۷۹. واکنش عملکرد محصول نسبت به آب. نشریه شماره ۳۳. سری نشریات آبیاری و زهکشی.

2-Alderfasi, A. A. and Nilsen, D. C. 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. Agric. Water Mgt. 47:69-75.

3-Idso, S. B. 1982. Non-water stressed baselines; a key to measuring and interpreting plant water stress. Agric. Meteorol. , 27: 59-70.

4-Idso, S. B. & Clawson, K. L. 1986. Foliage temperature; effects of environmental factors with implications for plant water stress assessment and the CO2/climate connection. Water Resour. Res. , 22:1702-1716.

5-Ritchie, J. T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Res. Res. , 8(5): 1204-1213.

6-Tanner, C. B. & Fuchs, M. 1968. Evaporation from unsaturated surface; a generalized combination method. J. Geophys. Res. , 73: 1299-1304.

7–Evans, D.E.2000. Spatial Canopy Temperature Measurements Using Center Pivot Mounted IRTS.

In Proc. 5th International Conf. on Precision Agriculture. July 16-19. Bloomington, MN.

8- Evett, S.R., T.A. Howell, A.D. Schneider, D.R. Upchurch, and D.F. Wanjura. 1996. Canopy temperature based automatic irrigation control. In Proc. International Conf. Evapotranspiration and Irrig. Scheduling. C.R. Camp, E.J. Sadler and R.E. Yodler (eds.). November 3-6, 1996, San Antonio, TX. (PP. 207-213)

9- Harms, T. Soil Moisture Based Web to Wireless Center Pivot Operation. 2004. CACDI, Alberta, Canada.

10- McBurney. 1969. Measurement of Leaf Water Stress In Potato Using A Novel Infrared Thermometry Method.

11- Peters, R.T, and Evett, S. R. 2004. Complete Center pivot Automation Using the Temperature-Time Threshold Method of Irrigation Scheduling. in 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting , August 1-4 ,2004. Ottawa, Ontario, Canada .

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

آبیاری بارانی اتوماتیک جهت کنترل دما به‌منظور کاهش سرمازدگی درختان میوه و مرکبات[۱]

علی‌اصغر قائمی و محمد رفیع رفیعی[۲]

چکیده

سرمازدگی گیاهان یکی از پدیده‌هایی است که بشر همواره با آن مبارزه نموده است. بر اساس آمار و اطلاعات موجود خسارت ناشی از سرمازدگی و یخبندان در اغلب سال ها بر روی محصولات زراعی و باغی بیشتر از ۳۵ تا ٤۰ در صد و در مواردی سرمازدگی بهاره باعث خسارت صد در صد محصول در یک منطقه شده است. عمده‌ترین روش مبارزه با سرمازدگی استفاده از آبیاری بارانی بالا درختی می‌باشد که اساس آن تأثیر گرم‌کنندگی پوشش یخ متشکل از آب پاشیده شده روی اندام‌های گیاهی می‌باشد. در تحقیق حاضر، یک سیستم آبیاری بارانی بالادرختی خودکار در یک باغ هلو واقع در باجگاه و یک قطعه باغ پرتقال واقع در جهرم (استان فارس) اجرا و تأثیر آن در مبارزه با سرمازدگی مورد مطالعه قرار گرفت. قسمتی از هر کدام از باغهای مورد مطالعه به عنوان بلوک شاهد و قسمتی نیز به عنوان بلوک آبیاری شده (بلوک مورد آزمایش) در نظر گرفته شد. در این سیستم از مدل FROSTPRO جهت تعیین شدت پاشش بهینه مورد نیاز که مهم‌ترین نکته در راستای مدیریت صحیح آب مصرفی توسط آبپاش‌ها می‌باشد، استفاده گردید و با توجه به پارامترهای محیطی و گیاهی مقدار آب مصرفی به میزان ۱۲ و ۸/۲ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب برای باغ هلو و باغ پرتقال بدست آمد. پس از آن در هر دو منطقه مورد مطالعه، سیستم مجهز به سیستم کنترل خودکار گردید و در نهایت قطعات باغ مورد مطالعه در طی سه واقعه سرمازدگی در بهار ۱۳۸۲ و سه واقعه سرمازدگی دیگر در بهار ۸۳ در منطقه باجگاه و شش واقعه سرمازدگی در زمستان ۸۲ در منطقه جهرم مورد آزمایش قرار گرفت که در تمام موارد فوق دما در بلوک شاهد به زیر دمای بحرانی تنظیم شده (۱/۵- و ۵/.- درجه سانتی‌گراد بترتیب برای باغ هلو و پرتقال) رسید در حالی که در بلوک تحت آبیاری دما در حدی بالاتر از دمای بحرانی نگه داشته شد. همچنین مقایسه دو تیمار در باغ هلو نشان داد که در بلوک تحت آبیاری در سال ۸۲ تنها ۱۲ درصد از شکوفه‌ها از بین رفتند در حالی که در بلوک شاهد ٤۱/۵ درصد خسارت به شکوفه‌ها

۱- بر گرفته از طرح تحقیقاتی " کاربرد مدل FROSTPRO و مقابله با سرمازدگی میوه و مرکبات در استان فارس

۲- به ترتیب عضو هیات علمی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (عضو هیات علمی تمام وقت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر)

وارد شد. همچنین محصول درختان حفاظت شده ۳۶٪ بیشتر از درختان حفاظت نشده گردید. نتایج حاصل از درصد شکوفه‌های زنده و تولید محصول بیشتر و نیز اختلاف مشاهده شده بین دماهای ثبت شده در دو تیمار شاهد و آبیاری شده نشانگر مؤثر بودن سیستم در پیشگیری از سرمازدگی درختان هلو و مرکبات در دو منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی خودکار، شدت پاشش، دمای هوا، مدل FROSTPRO، شکوفه، خودکار، مبارزه با سرمازدگی.

مقدمه

مطا بق نقشه یخبندانی که توسط گودار و استین (۱۹۸۵) ارائه گردیده است، ایران جزو مناطقی است که در آن از ۹۰ تا ۳۰۰ روز شرایط بدون یخبندان وجود دارد و یا به عبارت دیگر در این کشور هر ساله از ٦٥ تا ۲۷۵ روز یخبندان وجود داشته که در این بین بطور یقین تعداد روزهائی که دما به زیر دماهای بحرانی سقوط کند، بسیار زیاد است. آسیب پدیده سرمازدگی به محصولات باغی علت عمده کاهش محصول در یک فصل تولید می باشد و این امر نیز به نوبه خود باعث نوسان قیمت در بازارهای محلی و حتی بین‌المللی می‌گردد. برای مثال کرنی (Cranney, 1996) گزارش کرد که در سال ۱۹۹۱ قیمت سیب در تمام دنیا به دلیل کاهش محصولات اروپایی در اثر سرمازدگی افزایش یافت سرمازدگی‌ها با توجه به شیوه‌های انتقال حرارت به دو دسته سرمازدگی همرفتی و سرمازدگی تابشی تقسیم‌بندی می‌شوند. سرمازدگی همرفتی در اثر حرکت افقی توده‌های هوا ایجاد می‌شود که هرگز بوسیله آبیاری بارانی قابل جلوگیری نیست و در چنین شرایطی افت دما شدید می‌باشد. در سرمازدگی تشعشعی سطح خاک و گیاه در اثر تشعشع خالص منفی سردتر از هوا می‌گردد. هوا نیز در اثر برخورد با این سطح، سردتر و در نتیجه با از دست دادن حرارت، به سطح سرد و متراکم تبدیل می شود. این هوای متراکم سرد در سطح زمین باقی مانده و تحت شرایط پایدار باعث ایجاد یخبندان تشعشعی می‌شود. حاصل این مراحل پدیده‌ای است به نام وارونگی حرارت که در آن دما با افزاش ارتفاع زیاد می‌گردد و به سطحی می‌رسد که سقف وارونگی نامیده می‌شود. بنا به تشخیص گودار و استین (۱۳٦٦)، ارتفاع این سطح در باغات ۸ تا ۱۵ متر می‌باشد. سرمازدگی تابشی در صورت مدیریت صحیح و علمی آبیاری، کاملاً بوسیله آبیاری بارانی قابل مهار شدن است. در چنین مدیریتی، زمان شروع آبیاری، مدت آبیاری و بخصوص شدت پاشش آبیاری می‌بایست بدرستی تعیین شده باشد چرا که استفاده کمتر از حد مورد نیاز از آب، بخصوص در شرایط وزش باد، باعث کاهش دما شده و نتیجه معکوس خواهد داد. از طرفی استفاده بیش از حد از آب نیز ممکن است باعث تجمع بیش از حد توده‌های یخ گشته و به شاخه‌ها و اندام‌های گیاهی آسیب وارد سازد. بدین منظور مدل‌هایی جهت تعیین شدت پاشش ارائه شده است که از کارآمدترین آنها مدل FROSTPRO می‌باشد. دلایل عمده استفاده از آبیاری بارانی در مبارزه با سرمازدگی عبارتند از: ۱- ذرات آب معلق در هوا با افزایش رطوبت نسبی باعث کنترل تشعشع خالص خروجی شده و از هدرروی حرارت سطح نزدیک به زمین در شب جلوگیری می‌کند.۲- آزاد شدن ۳۳۵ ژول گرمای نهان انجماد به ازای یخ زدن هر گرم آب

که باعث گرم شدن محیط و اندام گیاهی می‌شود. ۳- یخ تشکیل شده روی اندام گیاهی به عنوان یک عایق حرارتی عمل کرده و دمای آن را در حدود صفر که بالاتر از دمای بحرانی گیاهان است، نگه می‌دارد و از نوسانات سریع دمای محیط مصون می‌دارد. این سیستم‌ها همچنین از قابلیت خودکار شدن و واکنش مستقیم به شرایط جوی بدون نیاز به کارگزار برخوردار است.

از مدل‌هایی که به منظور برآورد میزان آب مصرفی کافی برای مبارزه با سرمازدگی ارائه شده است، می‌توان به مدل‌های ارائه شده توسط بازینگر (Businger, 1965) و جربر و هریسن (Gerber & Harrison, 1964) اشاره نمود. داده‌های ورودی مورد نیاز در این مدل‌ها عبارتند از دمای بحرانی، دمای برگ خشک، دمای هوا، ابعاد اندام گیاهی(شکوفه یا جوانه) و سرعت باد. مشکل مدل‌ها اشاره شده این است که برای برگ‌ها چه برگ خشک و چه برگی که تحت آبیاری است، فشار بخار اطراف برگ را فشار بخار اشباع در نظر می‌گیرد که مسلماً چنین فرضی برای برگ خشک که فشار بخار اطراف آن تابعی از رطوبت نسبی هوای مجاور می‌باشد، درست نیست. بارفیلد و همکاران (Barfield et al., 1979) از همین پارامترها استفاده کردند اما به مدل خود پارامتر رطوبت نسبی را نیز افزودند. از ارزیابی این مدل‌ها پری (Perry, 1986) یک مدل کامپیوتری به زبان بیسیک به نام FROSTPRO طراحی نمود. این مدل پارامترهای محیطی و گیاهی ذکر شده را گرفته و شدت پاشش بهینه آبپاش‌ها را با استفاده از معادله زیر تعیین می‌کند:

$$I = 2[(h_r + h_c)(T_c + T_l) + LE]/LI \qquad (۱)$$

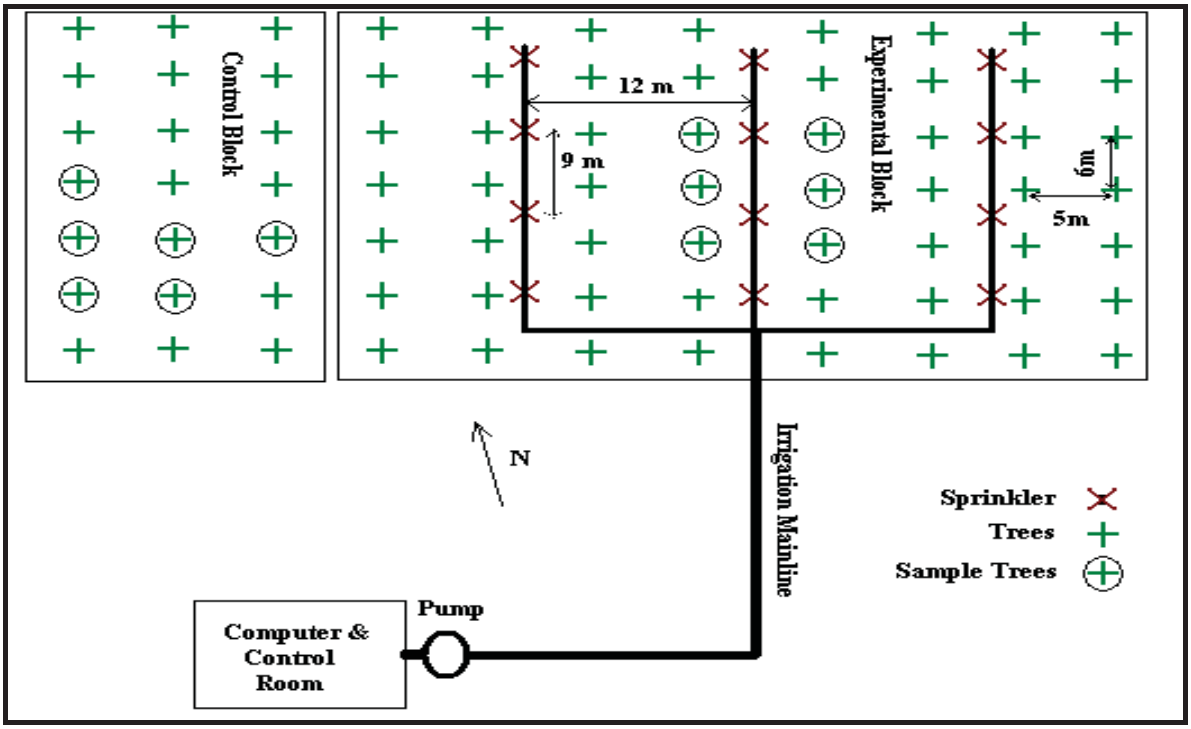
که در آن h_r ضریب انتقال حرارتی تابشی ($W\ m^{-2}\ s^{-1}\ ^oC^{-1}$)، h_c ضریب هدایت انتقال همرفتی ($W\ m^{-2}\ s^{-1}\ ^oC^{-1}$)، T_c دمای بحرانی (^oC)، T_l دمای اندام‌های گیاهی (^oC)، LE تفاوت افت گرمای نهان در دمای بحرانی و دمای محیط ($W\ m^{-2}\ s^{-1}$)، LI گرمای نهان ذوب ($W\ m^{-3}$) و I شدت پاشش آبیاری ($m\ s^{-1}$) می‌باشد. ضریب ۲ برای در نظر گرفتن دو طرف سطح شکوفه است. امروزه مدل FROSTPRO مبنای طراحی سیستم آبیاری بارانی در اکثر تحقیقاتی است که بر روی کاربرد آبیاری بارانی در مبارزه با سرمازدگی صورت گرفته است. برای مثال استومباخ و همکاران (Stombaugh et al., 1992) یک سیستم آبیاری خودکار را برای حفاظت توت‌فرنگی از سرمازدگی با شدت پاشش تعیین شده توسط مدل FROSTPRO مورد آزمایش قرار دادند. آنها این مدل را روش بسیار مؤثری در مقابله با سرمازدگی توت‌فرنگی دانستند. به طوری که درصد شکوفه‌های مرده مشاهده شده در بلوک‌های آبیاری شده تنها ۲ تا ۵ درصد گزارش شد. در صورتی که این مقدار در بلوک شاهد ۵۲٪ بوده است. هیسی و همکاران (Heisey et al., 1994) سیستم مشابهی را در باغ سیب و در دو واقعه سرمازدگی پاییزه سال ۱۹۹۲ و دو واقعه سرمازدگی بهاره ۱۹۹۳ بررسی کردند و مشاهده نمودند که در هر ٤ مورد دما با موفقیت، بالاتر از دمای بحرانی قرار گرفت. کوک و همکاران (Koc et al., 2000) تحقیق مشابهی را انجام دادند منتهی با این تفاوت که در سیستم آنها یک سیستم موجی برای آبپاشی در نظر گرفته شد که با این تدبیر میزان مصرف آب به ۷۲٪ مقدار آب مصرفی در سیستم‌های با آبیاری مداوم رسید، در حالیکه مقابله کامل با سرمازدگی صورت گرفته بود. با این وجود مواردی هم گزارش شده است که در آنها بدلیل مشکلات ناشی از خرابی تجهیزات، سیستم ناموفق عمل کرده است.

هدف از این پژوهش، اجرا و ارزیابی یک سیستم آبیاری بارانی بالا درختی خودکار در یک باغ هلو در دانشکده کشاورزی واقع در باجگاه به منظور حفاظت شکوفه‌ها از سرمازدگی و همینطور در یک باغ پرتقال واقع در جهرم به

منظور حفاظت میوه‌ها از سرماگی با استفاده از حداقل مقدار آب و همچنین بررسی کارایی مدل FROSTPRO در تعیین میزان بهینه آب برای آبپاشی درختان میوه و در نهایت ارائه راهکارهای عملی برای باغداران به منظور مقابله با سرمازدگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

اولین قدم در مطالعه سرمازدگی درختان بررسی محل احداث یا انتخاب باغ است. یکی از مناطق مستعد سرمازدگی منطقه باجگاه واقع در ١٦ کیلومتری شمال شیراز می‌باشد. این منطقه بدلیل ارتفاع زیاد و حالت دشت مانند در خطر سرمازدگی می‌باشد زیرا امکان نزول هوای سرد و سنگین از ارتفاعات و حبس این هوای سرد در آن باعث کاهش دما می‌شود. این فرآیند به دلیل رقیق شدن هوا و در نتیجه کاهش قدرت جذب تشعشع آفتاب به وسیله اتمسفر و همچنین کاهش رطوبت نسبی هوا اتفاق می‌افتد. بنابراین اغلب سرماهای شدید بهاره در این منطقه اتفاق می‌افتد. در این پژوهش از باغ هلو واقع در انتهای شمال شرقی دانشکده کشاورزی واقع در باجگاه استفاده شد. مساحت آن ۰/۲۷ هکتار بود که ۰/۱۷ هکتار برای سیستم آبیاری بارانی در نظر گرفته شد و ۱/. هکتار دیگر نیز به عنوان شاهد منظور گردید. ابعاد و فواصل سیستم به طور شماتیک در شکل۱ آمده است. بلوک تحت آبیاری دارای ۸ ردیف از درختان هلوی با رقم آلبرتا بود که با تراکم ٦×٥ متر مربع کشت شده بودند. بلوک شاهد شامل ۲۱ درخت که با همین تراکم کشت شده بودند، نیز



شکل ۱: *شکل شماتیک از سیستم اجرا شده در باغ مورد آزمایش*

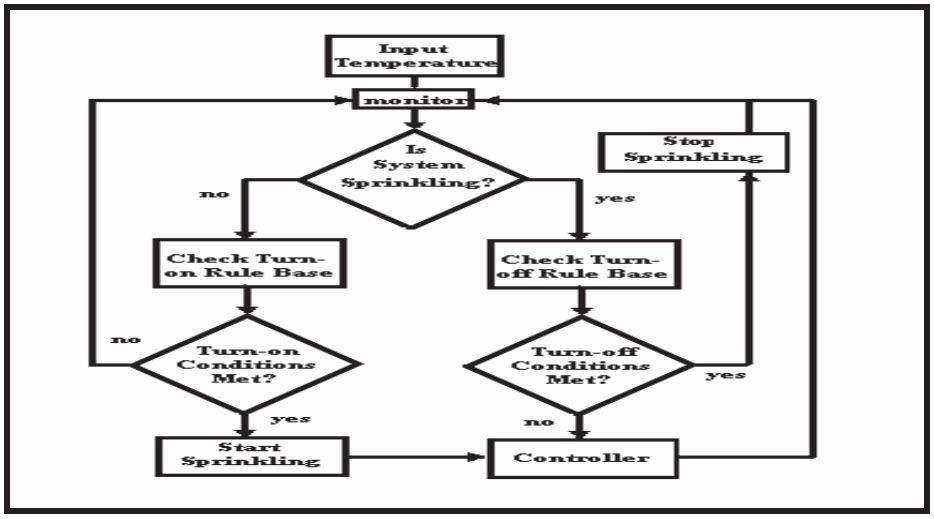
بدون سیستم آبیاری در نظر گرفته شد. سیستم خودکار تقریباً مشابه سیستمی است که توسط استومباخ و همکاران (Stombaugh et al., 1992) و کوک و همکاران (Koc et al., 2000) ارائه شده و از یک سیستم آبیاری اتوماتیک

برای کنترل سرما و از یک الگوریتم کنترل سیستم آبیاری با ابزارهای مربوط به آن تشکیل شده است. تعداد آبپاش‌های به کار رفته ۱۲ عدد بود که مطابق شکل۱ با آرایش ۱۲×۹ متری در باغ قرار داشت. ۱۰۰ متر لوله پلی اتیلن ۹۰ میلی‌متر به عنوان لوله اصلی تعیین گردید که در یک نقطه از آن ۳ لوله فرعی هر کدام به طول ۳۵ متر از جنس پلی‌اتیلن به قطر داخلی ٦۳/۵ میلی‌متر منشعب شدند. ۱۲ آبپاش فیتکو ٦۰ تمام‌دور ضربه‌ای با قطر نازل ٤/۷۵ میلی‌متر در ارتفاع ۲ متری بر روی پایه‌های گالوانیزه ۰/۷۵ اینچ نصب شدند. یک حساسه نیز در مرکز هر بلوک روی شاخه درخت جای داده شد.

به منظور بررسی تاثیر سیستم در مبارزه با سرمازدگی در مرکبات باغ پرتقالی در شهر جهرم انتخاب گردید. این شهر در گودی قرار گرفته و از طرف جنوب غربی به یک سلسله کوه محدود است و این کوه‌ها موقعیت خطرناکی از نظر سرمازدگی درختان مرکبات ایجاد کرده است. از آنجاییکه باغات احداث شده در دامنه کوه‌ها مصون از یخبندان هستند، لذا اکثراً باغات مرکبات جهرم در دامنه این ارتفاعات قرار دارد. نکته جالب توجه دیگری نیز که در جهرم در این خصوص به اثبات رسیده، آن است که دیوارهای سنتی باغات مثل سدی در مقابل جریان هوای سرد دامنه عمل نموده و مشاهده گردیده درختانی که بلافاصله در مجاورت دیوار پایین قرار دارند کوتاه‌تر از درختانی می‌باشند که دورتر هستند و این خود نشانگر این واقعیت است که دیوار همانند یک مخزن سرد باعث آسیب دیدگی درختان شده و در رشد درختان نیز اثر منفی داشته است. با توجه به این مسائل و گزارش‌های شفاهی مسئولین جهاد کشاورزی شهرستان جهرم، تصمیم گرفته شد تا یک سیستم آبیاری خودکار مشابه در یکی از باغات پرتقال جهرم واقع در پایین دامنه کوه‌های جنوب غربی که سابقه سرمازدگی زیادی دارد، اجرا گردد. این باغ که متعلق به دانشکده علوم پزشکی جهرم می‌باشد، دارای مساحت کلی ٤/۹۲ هکتار است که در آن درختان پرتقال با فواصل ۸×۹ متر کاشته شده‌اند و این خود مزید بر علت بود و یکی دیگر از دلایل انتخاب باغ مذکور همین الگوی کشت با فواصل زیاد بین درختان است که این امر به دلیل افزایش سطحی که در شب انرژی تشعشعی را تلف می‌کند، باعث افزایش احتمال سرمازدگی در این باغ می‌شود.

با توجه به فواصل و نوع آبپاش‌های طراحی شده در این سیستم، محدوده‌ای از باغ به مساحت ۲۹۷۰ مترمربع (٦٦×٤٥ مترمربع) به عنوان بلوک تحت آبیاری در نظر گرفته شد که در این بلوک ۱٦ آبپاش که با الگوی ۱٦متر ×۹ متر روی چهار لوله فرعی (هر لوله شامل ٤ آبپاش) بطول ٥٦ متر قرار داده شدند. فاصله اولین آبپاش از ابتدای لوله فرعی ۸ m (S_l/2) در نظر گرفته شد.

فلوچارتی از الگوریتم برنامه کنترل خودکار آبیاری که به زبان ویژوال بیسیک نوشته شده در شکل ۲ آمده است. اولین مدول (روشن شدن) با توجه به تغییرات دما گزارش شده از بلوک‌های شاهد و تحت آبیاری توسط حساسه‌هایی حساس به دما در مورد زمان آغاز آبپاشی تصمیم‌گیری می‌کرد. یک حد نهایی برای دما به منظور تصمیم‌گیری در روشن کردن سیستم تعیین گردید. این حد نهایی که به آن دمای بحرانی تنظیم‌شده گفته می‌شود، به این دلیل انتخاب می‌گردید که بایستی سیستم تأثیر خنک کنندگی تبخیر را هم که حتماً در آبیاری بارانی وجود خواهد داشت، در نظر بگیرد.



شکل ۲: *فلوچارتی از برنامه کنترل سیستم آبیاری جهت مبارزه با سرمازدگی*

تحقیقات کمی در این‌مورد انجام شده است که طی آن در رطوبت نسبی بیش از ۵۰٪، دمای بحرانی تنظیم‌شده ۱ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت نسبی‌کمتر از ۵۰٪، ۱/۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای بحرانی واقعی شکوفه در نظر گرفته می‌شد. بنابراین مدول روشن شدن، زمانی فرمان آغاز آبپاشی را صادر می‌کرد که دمای گیاه یا محیط گزارش شده از بلوک شاهد به مقداری پایین‌تر از دمای بحرانی تنظیم‌شده می‌رسید. دومین مدول برنامه کنترل، تصمیم‌گیری در مورد خاتمه آبیاری را انجام می دهد. این تصمیم‌گیری نیز بر اساس دمای گزارش شده توسط حساسه موجود در بلوک شاهد انجام می‌گرفت. به این ترتیب که با رسیدن دما به بالاتر از دمای بحرانی تنظیم شده، فرمان خاتمه آبپاشی صادر می‌شد. به علاوه، دماهای بلوک‌های تحت آبیاری و شاهد همزمان توسط حساسه‌ها گزارش و در کامپیوتر ذخیره گردید. به منظور اندازه‌گیری دما می‌بایستی از ترموستات‌های بسیار نازک و سوزنی استفاده می‌شد و با فرو کردن آنها در شکوفه‌ها یا برگ‌ها، دمای واقعی آنها گزارش می‌شد، اما به دلیل این که این ترموستات‌ها به عنوان حساسه بسیار ظریف بوده و امکان آسیب و خراب شدن آنها در شرایط مختلف زیاد می‌باشد، از ترموستات‌هایی استفاده شد که به وسیله چسب آکواریم در کپسول‌های مسی به قطر ۰/۷ سانتی‌متر قرار گرفته‌اند. تا از این طریق ضریب انتقال گرما در آنها به ضریب انتقال گرمای شکوفه‌ها نزدیک گردد. علائم ارسالی از این حساسه‌ها به وسیله کابل‌های زمینی شش نخ پوشش‌دار به سیستم تحلیل داده‌ها ارسال گردید. پس از تبدیل داده‌ها به رله‌های دیجیتال این داده‌ها از طریق کابل‌های رابط به یک کامپیوتر پنتیوم ۳ وارد می‌شدند و در آنجا به وسیله برنامه نرم‌افزاری که فلوچارت آن قبلاً تشریح شد، ذخیره شده و مورد بررسی قرا می‌گرفتند تا در صورت لزوم فرمان روشن شدن یا خاموش شدن توسط این برنامه به پمپ داده شود. انتقال فرمان از کامپیوتر به پمپ به وسیله یک تابلو برق انجام شد. درصد شکوفه‌های مرده و عملکرد محصول در بلوک‌های آبیاری شده و شاهد پارامترهایی بودند که به منظور ارزیابی سیستم آبیاری اندازه‌گیری شدند. برای این منظور از روش پیشنهادی وست وود (۱۳۷۰) استفاده شد که در آن تراکم گلدهی و میوه از بررسی سه یا چند شاخه مشابه در هر درخت که به فواصل یکنواختی از هم در اطراف درخت قرار دارند، تخمین زده شد. بدین منظور قبل از وقوع سرمازدگی‌های بهاره در تاریخ

۱۳۸۱/۱۲/۲۸در هر دو بلوک مورد بررسی تعدادی از شاخه‌های سالم از درختان که از سلامت کافی برخوردار بوده و از نظر موقعیتی (ارتفاع برروی درختان، دریافت نور و جهت قرار گرفتن در برابر باد) حتی‌الامکان از شرایط یکسانی برخوردار بوده و نیز ضعیف، خیلی پایین یا سایه‌دار نبودند، انتخاب گردیده با نخ‌های رنگی نشانه‌گذاری شدند و تعداد شکوفه‌های کاملاً باز و نیمه باز سالم در این شاخه‌ها شمارش گردید. شمارش از انتهای تحتانی شاخه شروع می‌شد و بطور منظم تک‌گل‌ها ضمن رسیدن به انشعابات جانبی، به طرف انتهای شاخه شمارش شدند. چهار روز بعد از سه سرمازدگی بهاره سال ۱۳۸۲ در تاریخ ۸۲/۱/۱٤ در شاخه‌های موردنظر شمارش دوباره صورت گرفت. پنج روز بعد از آن نیز در تاریخ ۸۲/۱/۱۹ شمارش دیگری انجام شد و در این شمارش‌ها شکوفه‌های با ظاهر قهوه‌ای و سیاه اگر هم روی درخت مانده بود و هنوز نریخته بودند نیز به عنوان شکوفه‌های مرده در نظر گرفته شد.

سیستم خودکار آبیاری بارانی در ۲٦ اسفند ۸۱ آغاز به کار نمود. قبل از آن مراحل واسنجی کردن حساسه‌ها و آزمون سیستم به طور کامل انجام شد. بدین منظور از یک دماسنج دقیق استفاده شد. با قرار دادن دماسنج در کنار حساسه‌ها در موقعیتی مشابه به آنها عدد قرائت شده توسط آنها با اعداد گزارش شده در آن لحظه مورد مقایسه قرار گرفت. بعد از آن، حساسه‌های موجود در بلوک شاهد و تحت آبیاری به مدت ۲٤ ساعت در موقعیتی کاملاً یکسان رها شدند تا دماهای قرائت شده توسط آنها با هم مقایسه گردند. بمنظور ایجاد موقعیت یکسان برای هر دو حساسه، آنها را در ارتفاع یکسان از سطح زمین قرار داده و برای یکنواخت کردن تأثیر پوشش آفتاب و تشعشع روی آنها موقتاً به وسیله گلدان‌های گلی پوشانده شد به گونه‌ای که حساسه‌ها بطور معلق در درون گلدان‌ها قرار گرفتند. پس از ۲٤ ساعت نتایج بدست آمده، نشانگر نزدیکی بسیار خوب دماهای گزارش شده به وسیله دو حساسه بود.

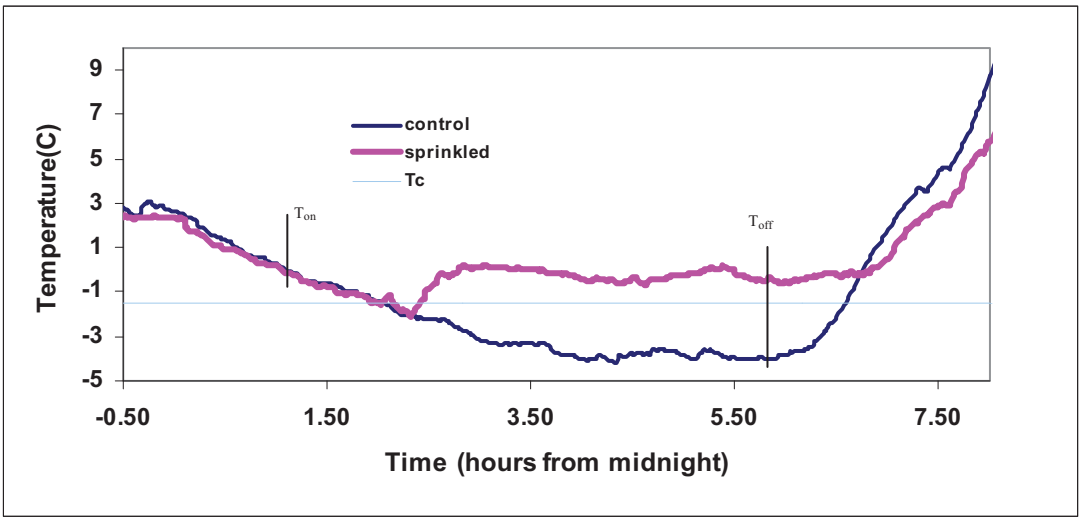
در باغ هلو سه واقعه سرمازدگی به ترتیب در ۸ و ۹ و ۱۰ فروردین ۸۲ رخ داد که در طول آن عملکرد سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های دما در هر ثانیه به کامپیوتر ارسال می‌شد و متوسطی از هر ٦۰ داده در کامپیوتر به نمایش درآمده و ثبت شد و سیستم با مقایسه این دما با دمای بحرانی در هر دقیقه لزوم آغاز آبپاشی را بررسی کرد. برای بررسی بیشتر عملکرد سیستم سه واقعه سرمازدگی دیگر به ترتیب در ۵، ٦ و ۷ فروردین ۸۳ نیز ارزیابی گردید. همچنین، در باغ مرکبات سه واقعه سرمازدگی ثبت شده در ۹، ۱۰ و ۱۱ بهمن ماه ۱۳۸۲ رخ داد که در طول آن عملکرد سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

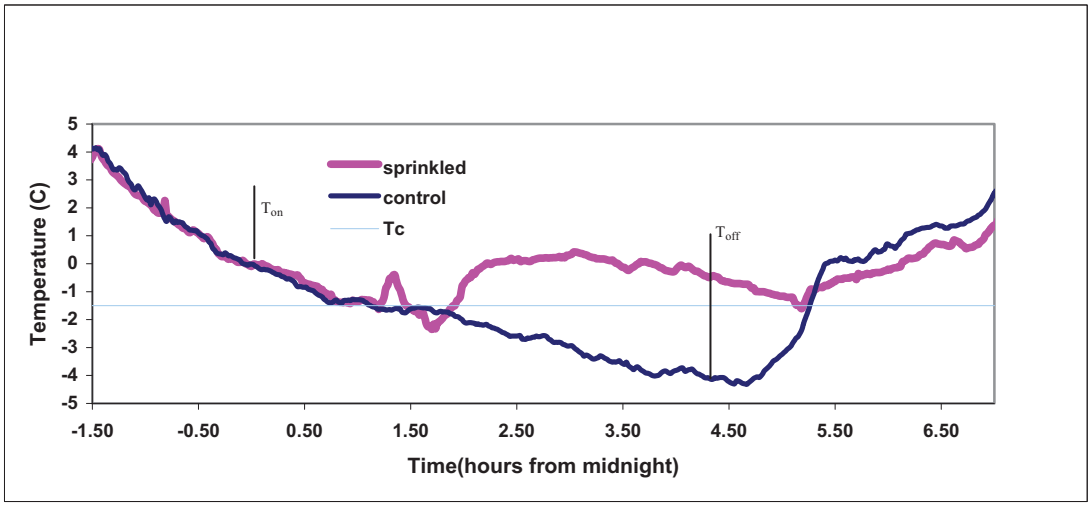
باغ هلو- بهار ۸۲ و ۸۳

اولین سرمازدگی در ساعت ٤۲ : ۱ تا ۰۳ : ٦ صبح ۸ فروردین سال ۸۲ با رسیدن دما به دمای بحرانی تنظیم شده مشاهده گردید. در این شرایط شکوفه‌های هلو اغلب بصورت باز و در مرحله صورتی رنگ بودند. پایین‌ترین دما گزارش شده در بلوک شاهد ٤/۱۲ ـ درجه سانتی‌گراد بود. سیستم‌آبیاری در زمان مناسب (۲:۰٤) یعنی درست در لحظه رسیدن دمای بلوک شاهد به دمای بحرانی تنظیم شده (۱/۵- تا ۲- درجه سانتی گراد)، روشن شده بود. دمای شکوفه‌ها در بلوک تحت آبیاری به خوبی بالای دمای بحرانی تنظیم شده قرار گرفت و در طول شب تقریباً نزدیک

به صفر باقی ماند در حالیکه در بلوک شاهد دما برای حدوداً ٤/٥ ساعت زیر دمای بحرانی (Tc) بوده‌است (شکل۳). سرمای بعدی در شب بعد در ۹ فروردین از ساعت ٤٦ : ۰ تا ۳۲ : ٥ صبح اتفاق افتاد. سیستم در ٥٤ : ۰ آغاز به آبیاری نمود. نمودار تغییرات دما با زمان در بلوک شاهد و تحت آبیاری برای این روز در شکل ٤ آمده است.



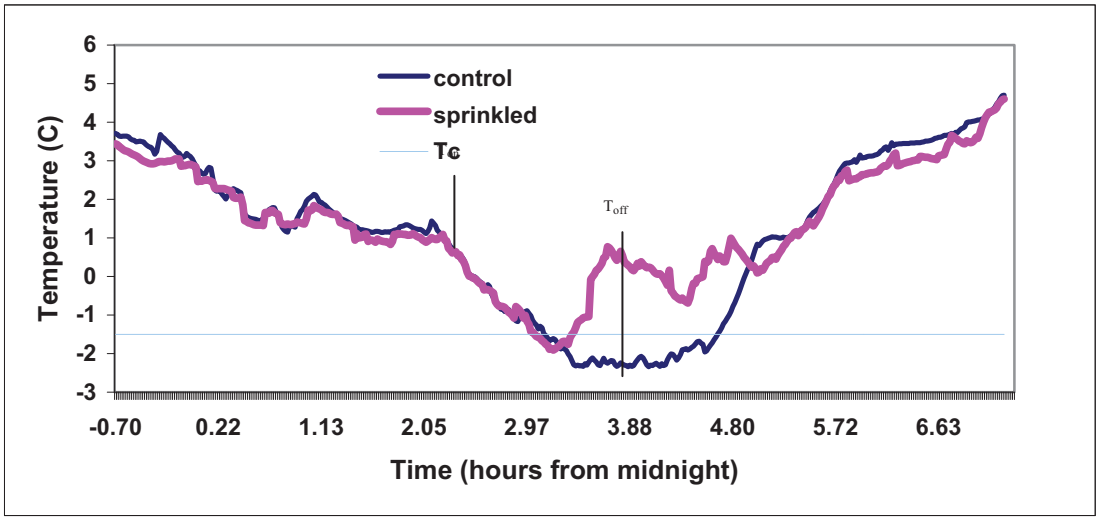
شکل ۳: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۸ فروردین ۸۲*



شکل ٤: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۹ فروردین ۸۲*

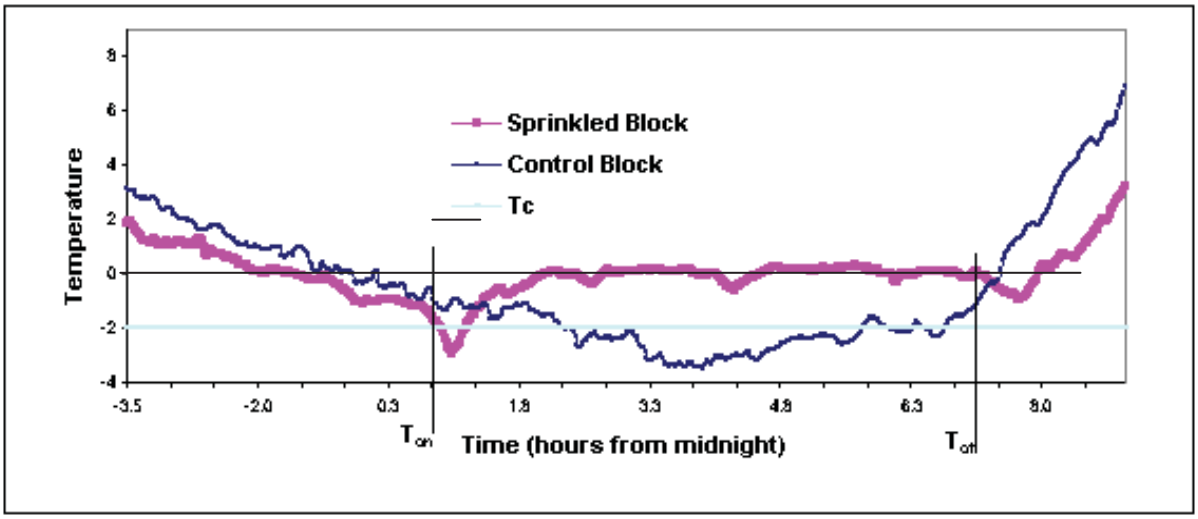
دماهای بلوک شاهد به‌طور آشکار به مدت ٤/۷ ساعت زیر دمای بحرانی بودند درحالیکه دما در بلوک تحت آبیاری به خوبی در بالای صفر نگه‌داشته شده بود. سومین سرمازدگی در۱۰ فروردین از شدت دو واقعه قبلی برخوردار نبود اما نمودار تغییرات زمانی دما (شکل ٥) نشانگر این است که آبیاری تأثیری همانند دو واقعه پیشین را بر دما داشته‌است. در این سرمازدگی نیز آبیاری به‌میزان مناسبی دمای گیاه را در بالای دمای بحرانی تنظیم‌شده نگه‌داشت. البته میزان خسارت به شکوفه‌های بلوک شاهد در این واقعه احتمالا کمتر بود (دما تقریباً به‌مدت ۸٤ دقیقه به‌زیر دمای بحرانی رسیده بود). نوسانات نسبی دما در بلوک تحت آبیاری که در این واقعه سرمازدگی دیده‌شد، ممکن

است بدلیل کوتاهی این مدت باشد که در آن آب پاشیده شده فرصت کافی برای تبدیل شدن به یخ را نداشته و بنابراین احتمال افزایش تبخیر با توجه به تغییرات سرعت باد بیشتر شد.

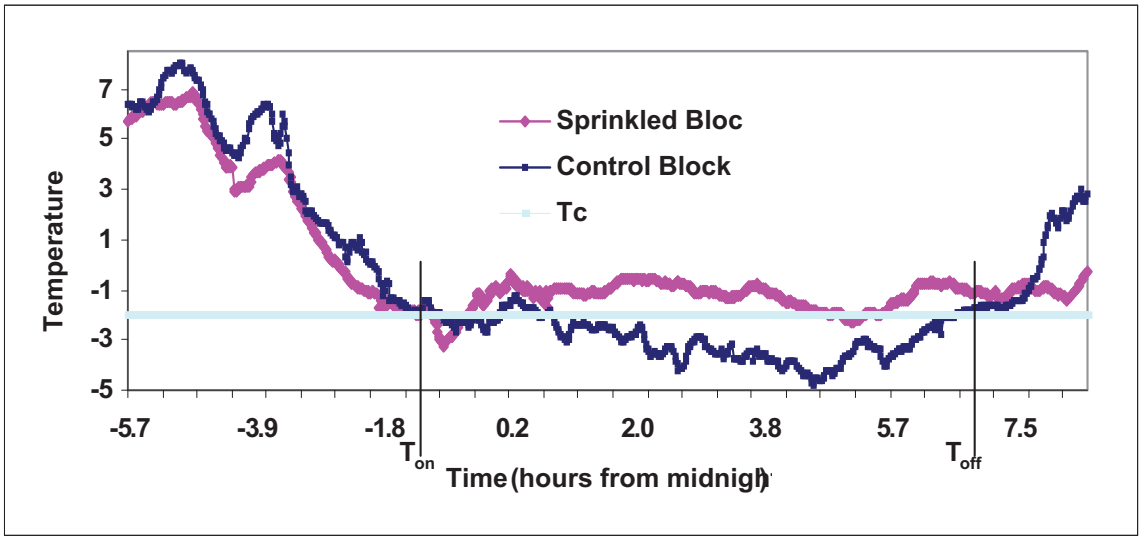


شکل ۵: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۱۰ فروردین ۸۲*

با مشاهده نتایج مطلوب حاصل شده در بهار ۸۲ تصمیم گرفته شد که کارایی سیستم در سرماهای بهار ۸۳ نیز بررسی گردد. اولین واقعه سرمازدگی در ٤ فروردین ۸۳ رخ داد. حداکثر سرعت باد در این روز ۱/۸ مایل در ساعت (۳ کیلومتر بر ساعت) و حداقل رطوبت نسبی ١٦ درصد بود. منحنی تغییرات دمای بلوک‌های شاهد و آبیاری شده در مقایسه با دمای بحرانی تنظیم شده در طول زمان در شکل ٦ آمده است. می‌توان دید که سیستم آبیاری بارانی به‌خوبی قادر به کنترل و نگهداری دمای هوا در بالای دمای بحرانی تنظیم شده در بلوک آبیاری شده می‌باشد در حالیکه دمای ثبت شده در بلوک شاهد به زیر دمای بحرانی تنظیم شده نزول یافته است. دومین و سومین واقعه سرما به ترتیب در تاریخ های ٥ و ٦ فروردین رخ داد که در طول این وقایع، دمای بلوک آبیاری شده در بالای دمای شاهد و دمای بحرانی تنظیم شده نگه داشته شده است (شکل‌های ۷ و ۸).



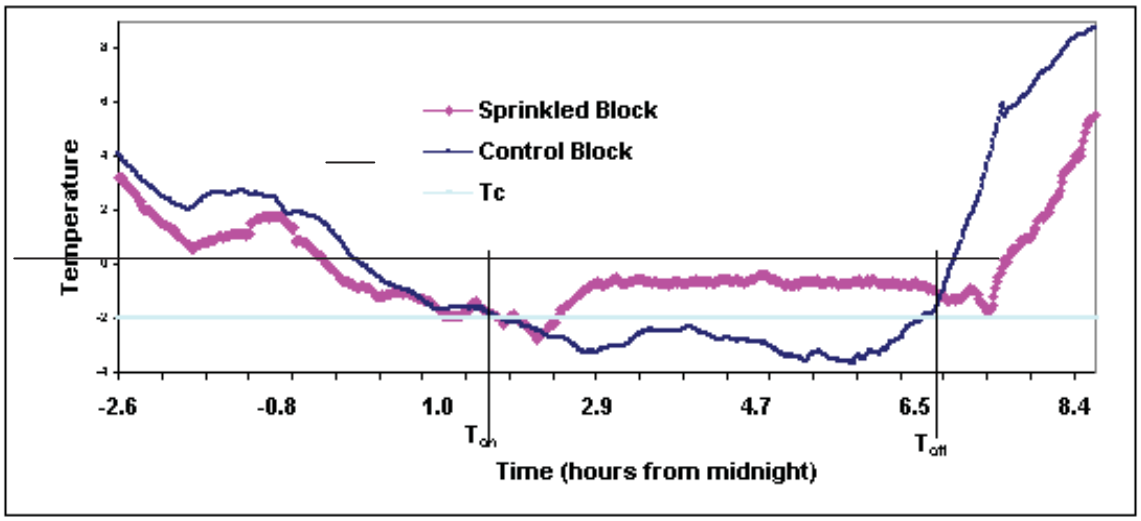
شکل ٦: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ٤ فروردین ۸۳*



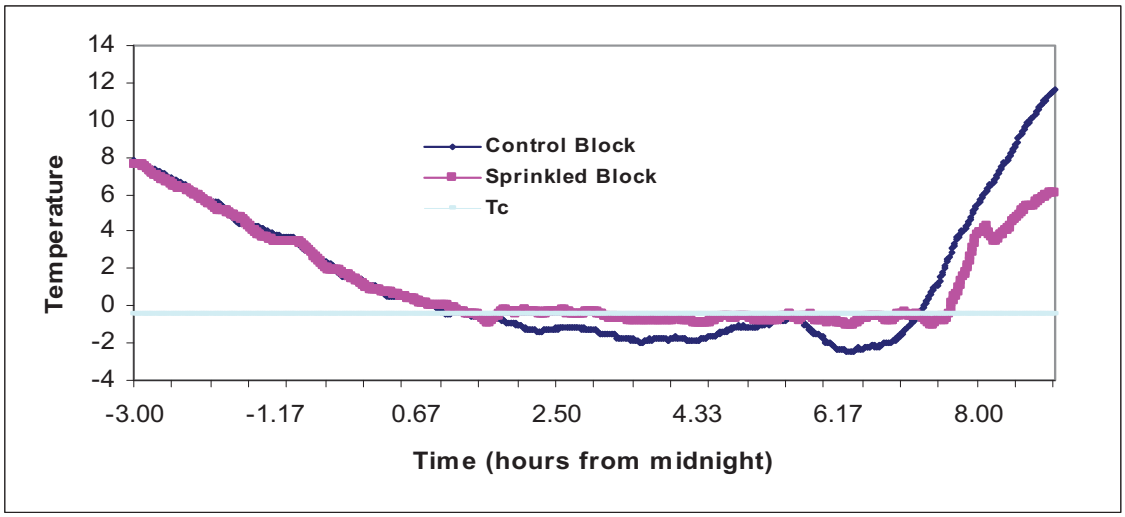
شکل ۷: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۵ فروردین ۸۳*

باغ مرکبات- زمستان ۸۲

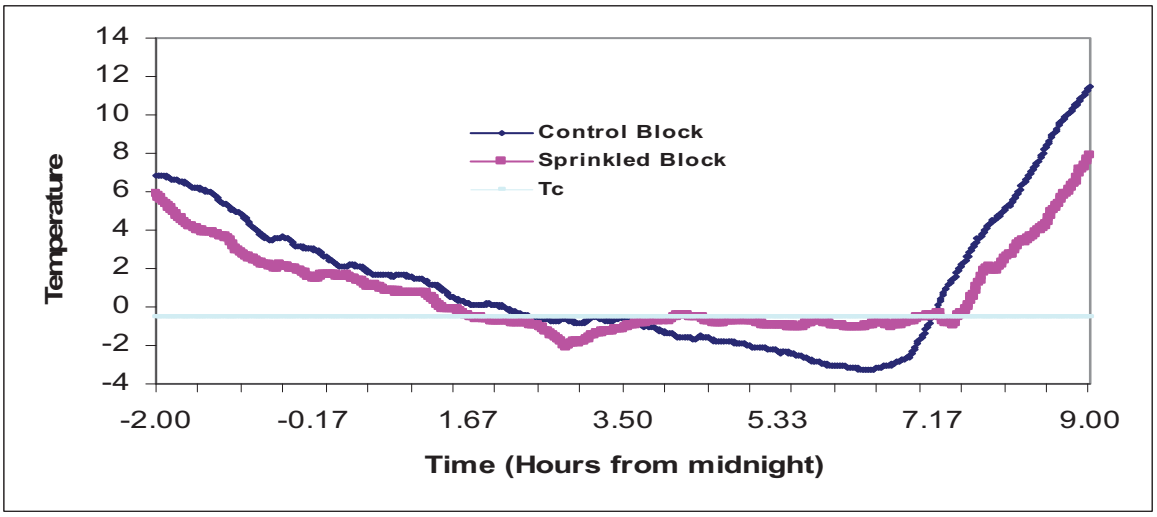
سه واقعه سرمازدگی ثبت شده در ۹، ۱۰ و ۱۱ بهمن ماه ۱۳۸۲ رخ داد. شکل تغییرات دماهای بلوک شاهد و آبیاری شده در شکل‌های ۹ تا ۱۱ آمده است. در سرمای اول در ۸۲/۱۱/۹ دمای بلوک شاهد از ساعت ۱:۲۲ تا ۷:۱۲ صبح (۵/۸۳ ساعت) زیر دمای بحرانی تنظیم شده قرار گرفت و به ۲/٤٦- درجه سانتی‌گراد رسید. در حالیکه حداقل دمای بلوک آبیاری شده ۱/۰۸- درجه سانتیگرد گزارش شده است. دو سرمازدگی بعدی در شبهای ۱۰ و۸۲/۱۱ از مدت کمتری (به ترتیب ٤/۷۲ و ۲/۷۷ساعت) برخوردار بودند اما دمای حداقل در آنها کمتر از شب اول بود (به ترتیب ۳/۲۷- و ۲/۹۵- درجه سانتی‌گراد) و در هر دو شب دمای بلوک آبیاری شده به خوبی در محدوده دمای تنظیم ثابت مانده بود. بنابراین در اینجا نیز می‌توان سیستم آبیاری بارانی را در مقابله با سرمازدگی و بالاتر نگه داشتن دما نسبت به دمای بحرانی تنظیم شده موفقیت آمیز ارزیابی نمود.



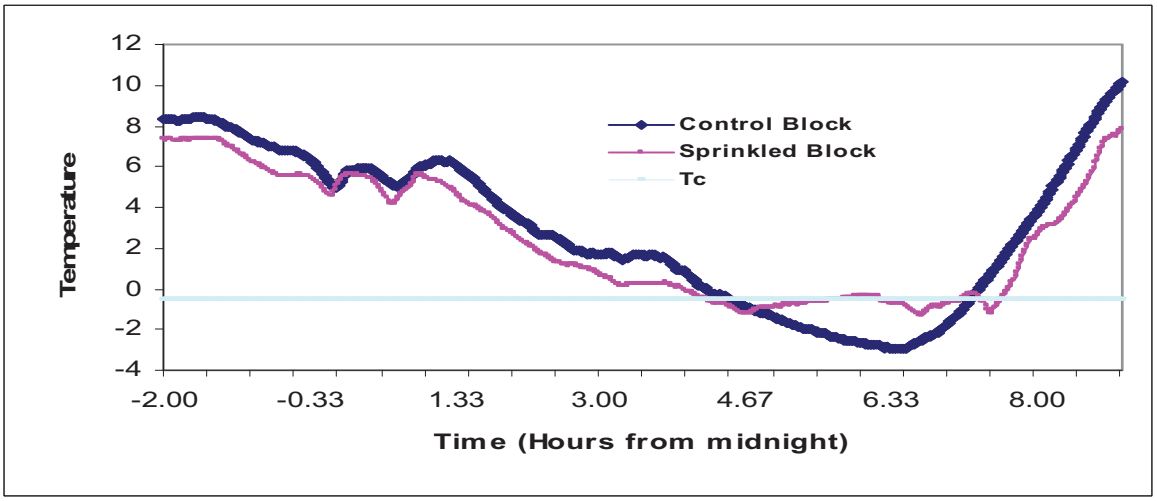
شکل ۸: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ٦ فروردین ۸۳*



شکل ۹: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۹ بهمن ۸۲*



شکل ۱۰: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۱۰ بهمن ۸۲*



شکل ۱۱: *مقایسه دماهای بلوک شاهد و تحت آبیاری با دمای بحرانی تنظیم‌شده (^oC) در سرمای ۱۱ بهمن ۸۲*

عملکرد بیولوژیک سیستم

بررسی تأثیر سیستم بر در صد شکوفه‌های مرده و عملکرد محصول در بلوک‌های آبیاری شده و شاهد، پس از سه واقعه سرمازدگی رخ داده در فروردین ۸۲ از طریق شمارش شکوفه‌های مرده به روش وست‌وود [۱۲] و اندازه‌گیری محصول درخت انجام شد. بر اساس نتایج مشاهده شده به‌طور متوسط ۱۲٪ مرگ شکوفه در بلوک تحت آبیاری و ٤١/٥٪ مرگ شکوفه‌ها در بلوک شاهد مشاهده گردید. همچنین، بعد از سومین واقعه سرمازدگی علائم خسارت عمده‌ای در شکوفه‌ها دیده نشد. ویژگی مهم سرمای سوم این بود که تأثیر عملکرد سیستم در بالا نگهداشتن دما از دمای بحرانی تنظیم شده به خوبی نشان داده می‌شود. مقایسه‌ای از درصد شکوفه‌های از بین رفته در این سرمازدگی‌ها به‌همراه عملکرد نهایی محصول در بلوک‌های شاهد و تحت‌آبیاری در جدول ۱ آمده است. این نتایج با توجه به آزمون t-student دارای اختلاف معنی‌داری هستند. در بلوک تحت آبیاری بارانی احتمالا در اثر حفاظت شکوفه‌ها محصول نهایی هر درخت ٣٦ درصد بیشتر از بلوک شاهد بود.

جدول ۱: *درصد شکوفه‌های مرده و محصول درخت در تیمارهای مختلف*

تیمار	شکوفه‌های ازبین رفته (٪)	بازده نهایی (کیلوگرم در هر درخت)
بلوک تحت آبیاری بارانی	12*	25.2*
بلوک شاهد	41.5	18.5

***اختلاف‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار هستند (آزمون t-student).**

روند تغییرات دما در سه واقعه سرمازدگی بهاره در باجگاه و سرمازدگی زمستانه در جهرم را می‌توان بدین گونه توصیف نمود که با شروع آبپاشی در همه وقایع سرمازدگی، دما در بلوک تحت آبیاری به‌طور نسبتاً سریعی افزایش یافت که این امر را می‌توان ناشی از افزایش ناگهانی رطوبت نسبی محیط دانست. اما بعد از مدتی با افزایش تبخیر، از دمای محیط حتی تا پایین‌تر از دمای شاهد کاسته شد و سپس با شروع یخ زدن‌آب روی اندام گیاهی دمای بلوک تحت‌آبیاری رو به افزایش گذاشت. بطور کلی نتایج حاصله از بررسی سرمازدگی بهاره نشانگر عملکرد کاملاً موفقیت‌آمیز سیستم آبیاری بارانی خودکار در مبارزه با این نوع سرمازدگی‌ها می‌باشد. این تأثیر همچنین در تعداد شکوفه‌های حفاظت شده و نیز در عملکرد نهایی محصول مشاهده گردید. به گونه‌ای که در بلوک بدون شاهد پس از سه واقعه سرمازدگی متوالی فروردین ۸۲، ٤١/٥٪ مرگ شکوفه مشاهده شد در حالیکه در بلوک تحت آبیاری تنها ۱۲٪ شکوفه دچار خسارت سرما شده بودند.

پیشنهادات

از آنجایی که عملکرد سیستم در یک شدت پاشش ثابت مورد ارزیابی قرار گرفته، توصیه می‌شود که این پژوهش با بکارگیری یک سیستم واقعی با شدت پاشش متغیر انجام گردد تا بتوان هم تأثیر آن را در مقابله با

سرمازدگی مورد بررسی قرار داد و هم میزان کاهش مصرف آب را بطور عینی مشاهده نمود. همچنین با توجه به اینکه در سیستم اجرا شده تنها پارامتر مورد بررسی دما می‌باشد، پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی تأثیر سیستم بر سایر پارامترهای مؤثر در سرمازدگی مثل رطوبت نسبی و سرعت باد، حساسه‌های این پارامترها نیز به سیستم اضافه کرد، تا بتوان اثر تغییرات این پارامترها را بر روند تغییرات زمانی دما مورد بررسی قرار داد.

سپاسگزاری

انجام این مطالعه بدون همکاری صادقانه و صبورانه کار گروه پژوهش و فن‌آوری استان فارس، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز و همچنین همکاری مدیریت محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، امکان‌پذیر نبود که بدینوسیله مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارم.

منابع

۱. وست‌وود. ام. ان. ۱۳۷۰. میوه‌کاری در مناطق معتدله. ترجمه رسول‌زادگان. ی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۶۰ص.

2. Barfield, B.J. and J.F. Gerber .1979. Modifying the Aerial Environmental of Crops. St. Joseph, MI: ASAE.
3. Businger, J.A.1965. Frost protection with irrigation. Agricultural Meteorology 6(28): 74-80.
4. 3-Cranney, J.R. 1996. Apple crop outlook. American Fruit Grower 116(9):6-7.
5. Gerber, J.F and D.S. Harrison. 1964. Sprinkler irrigation for cold protection of citrus. Transactions of the ASAE, 7:464-468.
6. Gerber ,J.F. and J.D. Martsolf. 1964. Sprinkling for frost and cold protection. Modification of the Aerial Environment of Crops. pp 327-333.St.Joseph, Mich.:ASAE.
7. Hamer, P.J.C. 1980. An automated sprinkler system giving variable irrigation rates matched to measured frost protection needs. Agric. Meteorol. 21:281-293.
8. Heisey, L.W., P.H. Heinemann, C.T. Morrow, and R.M. Crassweller. 1994. Automation of an intermittent overhead irrigation frost protection system for an apple orchard. Applied Engineering in Agriculture, 10(5): 669- 675.
9. Koc, A.B., P.H. Heinemann, R.M. Crassweller and C.T. Morrow. 2000. Automated cycled sprinkler irrigation system for frost protection of apple buds. Applied Engineering in Agriculture. 16(3): 231 – 240.
10. Perry, K.B. 1979. Evaluation and refinement of sprinkler application rate models used in frost protection. Ph.D. thesis. Pennsylvania State University, University Park.
11. Perry, K.B. 1986. FROSTPRO, A model of overhead irrigation rates for frost/freeze protection of apple orchards. Hortscience, 21(4):1060-1061.
12. Stombaugh, T.S., P.H. Heinemann, C.T. Marrow, and B.L. Goulart. 1992.Automation of a pulsed irrigation system for frost protection of strawberries. Applied Engineering in Agriculture, 8(5): 597-602.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

اتوماسیون سیستم‌های آبیاری در گلخانه‌ها

قاسم زارعی[۱]، ابوالفضل ناصری[۲] و سید حسین صدرقائن[۳]

چکیده

کشت گیاهان گلخانه ای بویژه سبزی و صیفی جات پر مصرفی نظیر خیار، گوجه فرنگی، فلفل دلمه ای و یا انواع گل و گیاهان زینتی و محصولات باغبانی به دلیل افزایش کمیت و کیفیت محصول، پرورش خارج از فصل آنها و کمبود منابع آب و خاک در اطراف شهرهای بزرگ، در نقاط مختلف جهان، از جمله ایران، رو به افزایش است. اعمال مدیریت صحیح مربوط به آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفات و بیمارها در گلخانه ها در کنار دیگر مسائل از جمله کنترل شرایط محیطی و اقلیمی (درجه حرارت، رطوبت نسبی، تهویه و تشعشع) با توجه به دانش روز و فنآوری های جدید، از جمله دلایل اصلی افزایش کیفیت و کمیت محصول کشت شده در محیط های تحت کنترل، می باشد. خودکار سازی سیستم های آبیاری در گلخانه ها بدلیل قابلیت تنظیم مصرف آب، کاهش هزینه های کارگری و مدیریت صحیح آفات و بیمارهای گلخانه ای، در حال اهمیت یافتن روز افزون است. در طول سالیان گذشته، محققان سعی در خودکاری سازی شروع و پایان آبیاری و همچنین کاربرد حجمی معیین از آب بر اساس پارامترهایی نظیر پتانسیل آب خاک و یا اندازه گیری وزن ظروف حاوی گیاهان گلخانه ای داشته اند. مدل هایی نیز در این زمینه بر اساس شبیه سازی بیلان آب در بسترهای کشت با استفاده از تانسیومترها ارائه شده اند. بعضی دیگر از محقیقین تانسیومتر را به همراه فرمول تبخیر و تعرق پن من بکار گرفته اند. در دهه ۱۹٤۰ استفاده از تانسیومتر در گلخانه مطرح گردید، لیکن هرگز بطور گسترده مورد استفاده قرار نگرفت. مطالعات انجام یافته در خصوص برنامه ریزی خودکار آبیاری برای محصولات کشت شده در فضای باز فراوان است ولی این مهم برای محصولات گلخانه ای کمتر صورت گرفته است. هدف از این مقاله، معرفی روش های ساده، دقیق و ارزان قیمت برای خودکار ساختن عملیات آبیاری در گلخانه ها می باشد.

کلمات کلیدی: اتوماسیون آبیاری، آبیاری قطره ای، گلخانه، تانسیومتر، گل داودی و گل رز.

---

[۱]- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات آبیاری تحت فشار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

[۲]- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجانشرقی

[۳]- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات آبیاری تحت فشار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

مقدمه

کشت گیاهان گلخانه ای بویژه سبزی و صیفی جات پر مصرفی نظیر خیار، گوجه فرنگی، فلفل دلمه ای و یا انواع گل و گیاهان زینتی و محصولات باغبانی (توت فرنگی، موز و...) به دلیل افزایش کمیت و کیفیت محصول، پرورش خارج از فصل آنها و کمبود منابع آب و خاک در اطراف شهرهای بزرگ، در نقاط مختلف جهان، از جمله ایران، رو به افزایش است. اعمال مدیریت صحیح مربوط به آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفات و بیمارها در گلخانه ها در کنار دیگر مسائل از جمله کنترل شرایط محیطی و اقلیمی (درجه حرارت، رطوبت نسبی، تهویه و تشعشع) با توجه به دانش روز و فنآوری های جدید، از جمله دلایل اصلی افزایش کیفیت و کمیت محصول کشت شده در محیط های تحت کنترل، می باشد.

براساس تعریف وبستر[1]، اتوماسیون به استفاده از روشهای فنی- مکانیکی در درجات مختلف برای کنترل اتوماتیک یک فرآیند بدون دخالت انسان گفته میشود. اتوماسیون در گلخانه دارای طیف وسیعی است و استفاده از یک ترموستات ساده برای کنترل تهویه گرفته تا بکارگیری سیستم کامل کامپیوتری را شامل میشود. اتوماسیون گلخانه ها دارای مزایایی است که عبارتند از: کاهش هزینه های کارگری، تقاضا برای محصول با کیفیت تر و تولید یکپارچه. صرف نظر از میزان سطح تولید کشاورزان (مثلا از گلخانه های چند صد مترمربعی تا گلخانه های چند هکتاری) اتوماسیون بطور اقتصادی میتواند در عملیات تولید آنها را یاری دهد. خودکار سازی سیستم های آبیاری در گلخانه ها بدلیل قابلیت تنظیم مصرف آب، کاهش هزینه های کارگری و مدیریت صحیح آفات و بیمارهای گلخانه ای، در حال اهمیت یافتن روز افزون است (Roberts, 2000). در طول سالهای گذشته، محققان سعی در خودکاری سازی شروع و پایان آبیاری و همچنین کاربرد حجمی معیین از آب بر اساس پارامترهایی نظیر پتانسیل آب خاک (Wells & Seffe, 1961; Wells, 1966) و یا اندازه گیری وزن ظروف حاوی گیاهان گلخانه ای (Dwyer et al., 1987) داشته اند. مدل هایی نیز در این زمینه بر اساس شبیه سازی بیلان آب در بسترهای کشت با استفاده از تانسیومترها ارائه شده اند (Michels & Feyen, 1984). بعضی دیگر از محقیقین تانسیومتر را به همراه فرمول تبخیر و تعرق پن من بکار گرفته اند (Norrie et al., 1994). در دهه ۱۹٤۰ استفاده از تانسیومتر در گلخانه توسط Post و دیگران مطرح گردید (Hanan, 1998)، لیکن هرگز بطور گسترده مورد استفاده قرار نگرفت.

روش‌های متعددی برای کنترل آب آبیاری گیاهان گلخانه ای پیشنهاد شده اند (Krizek, 1985). معمول ترین روشها، استفاده از تایمرها برای کنترل دور آبیاری است که در آن آب در مدت مشخصی با یک تناوب معین اعمال میشود. روشهای دیگر بر اساس وزن (Schwaegerle, 1983; Hunter & Tonks , 1979) و مکش آب خاک استوار هستند (Livingston, 1918; Moinat, 1943; Read et al., 1962). بیشتر این روشها فاقد قابلیت کنترل آبیاری برای بسیاری از گیاهان بوده و براحتی نمی توانند به کامپیوتر متصل شوند و نیز نمی توانند مصرف آب را در طول زمان نمایش و ثبت نمایند. بطور کلی مطالعات انجام یافته در خصوص برنامه ریزی خودکار آبیاری برای محصولات کشت شده در فضای باز فراوان است ولی این مهم برای محصولات گلخانه ای کمتر صورت گرفته است. همچنین، منابع آب با کیفیت خوب برای تولید محصولات گلخانه ای در حال کاهش است و لذا نیازمند روش هایی برای

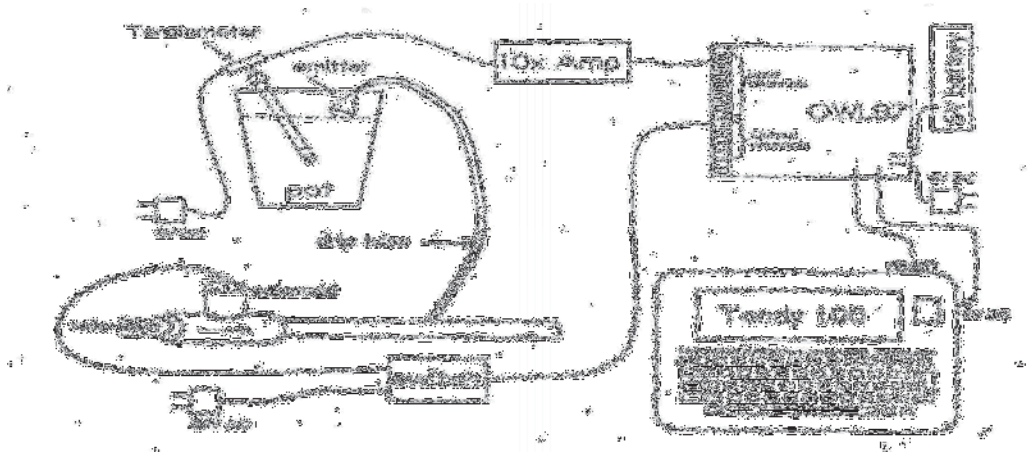
[1]- Webster,s Dictionary, 1989

تامین آب و آبیاری بهینه کشت های گلخانه ای هستیم. هدف از این مقاله، معرفی روش هـای سـاده، دقیـق و ارزان قیمت برای خودکار ساختن عملیات آبیاری در گلخانه ها می باشد.

مواد و روش‌ها

استفاده از کامپیوتر برای کنترل شرایط محیطی گلخانه ممکن است در تولید تجاری محصولات گلخانه ای منـافع قابل توجهی داشته باشد. این مهم به کمک و همراهی سنجنده های حساس و دقیق مثل فناوری تانـسیومتری بـرای بررسی و تعیین وضعیت آب در محیط های کشت امکان پذیر گشته است. پیشرفتهای اخیر در زمینـه سـنجنده هـا برای اندازه گیری مقدار آب خاک در کشت های گلدانی سبب سـاخت تانـسیومترهای کوچـک الکترونیکـی بـرای تعیین وضعیت آب خاک گیاهان کشت شده در محیط های گلدانی شده اسـت (Burger & Paul, 1987). هـدف از سیستم های کنترل هوشمند آبیاری با این سنجنده ها، ۱- بررسی و نمایش وضعیت آب در محیط کشت محصولات گلخانه ای، ۲- بکار بردن آب برای آبیاری تنها در صورت نیاز، ۳- بررسی و نمایش آب یکار رفته و ٤- ثبـت آب بکار رفته است. با چنین سیستمی باید: ۱- مقدار آب یا محصول غذایی اعمال شده کاهش یابد بدون اینکه سـرعت رشد و یا عملکرد کل کاهش یابد، ۲- مقدار آب و املاح شستشو یافته از بـستر کـشت گیاهـان کـاهش یابـد و۳- مقدار آب ثابتی برای گیاه در طول دوره رشد آن فراهم شود.

برای تولید بهتر گیاهان گلخانه ای بـا کنتـرل خودکـار مکـش آب خـاک، Lieth و Burger (1989) در تحقیقـی وضعیت رشد گل داودی در گلدان با سیستم آبیاری قطره ای که مبتای آن آبیاری بر حسب زمان (۵ دقیقـه در روز) و یا رسیدن مکش آب خاک به مقادیر مشخصی (۱/۵-، ۳/۵-، ۷/۵- و ۱۵- کیلوپاسکال) بود، بررسی کردند. نحـوه تعیین وضعیت آب محیط کشت و صدور فرمان آبیاری در این سیستم بصورت شماتیک در شکل ۱ آمده است.



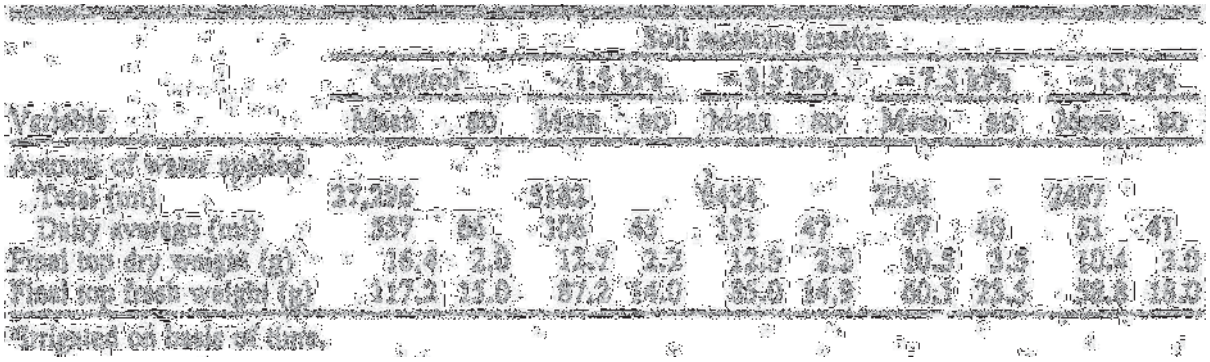
شکل ۱: *شماتیک یک سیستم کنترل خودکار مکش آب خاک در گلخانه ها*

این سیستم از یک تانسیومتر الکترونیکی، سیستم ثبت و کنترل کننده اطلاعات[1] کامپیوتر و سیـستم آبیـاری قطـره ای (شامل کلید قطع و وصل، شیر برقی و قطره چکانها) تشکیل شده است. در ایـن روش تانـسیومتر بـا بررسـی و

[1]- Data Logger / Controller

تعیین پیوسته وضعیت رطوبت و در نتیجه مکش آب خاک، با رسیدن به آستانه تعریف شده برای آن، پیـام[1] لازم را ارسال میدارد. این پیام در راه تا ده برابر تقویت و سپس وارد مبدل اطلاعات[2] میشود. در این قسمت با تبـدیل نـوع اطلاعات، اطلاعات لازم از یک سوی به کامپیوتر برای نمایش و ثبت آنها و از طرف دیگر برای راه انـداختن کلیـد، ارسال میگردد. با فعال شدن کلید، جریان لازم برای باز شدن شیر برقی فراهم و بدین ترتیب امکـان کـارکرد قطـره چکانها با دبی و فشار از قبل طراحی شده، فراهم میگردد. با انجام آبیاری و افزایش رطوبت در محیط ریشه گیـاه و کاهش مکش آب خاک، این فرآیند مجددا برای صدور فرمان بسته شدن شیر برقی تکرار میشود. نتایج نشان داد کـه آبیاری در مکش های ۷/۵- و ۱۵- کیلوپاسکال حتی در مقایسه با آبیاری بر حسب زمان موجب کاهش رشـد ایـن گیاه شد. مقدار آب مصرف شده در تیمارهای آبیاری بر اساس مکش های ۱/۵- و ۳/۵- کیلوپاسکال ۲٤-۸ ٪ مقدار آب مصرف شده در تیمار آبیاری برحسب زمان بود و این تیمارها برای حـداقل کـردن آب مـصرفی و حفـظ بهـره وری تولید بالا توصیه شدند. طبق جدول (۱)، آبیاری براساس مکش آب خاک در مقایسه با روش زمـانی مـصرف آب را ۹۰-۷۵ درصد کاهش می‌دهد.

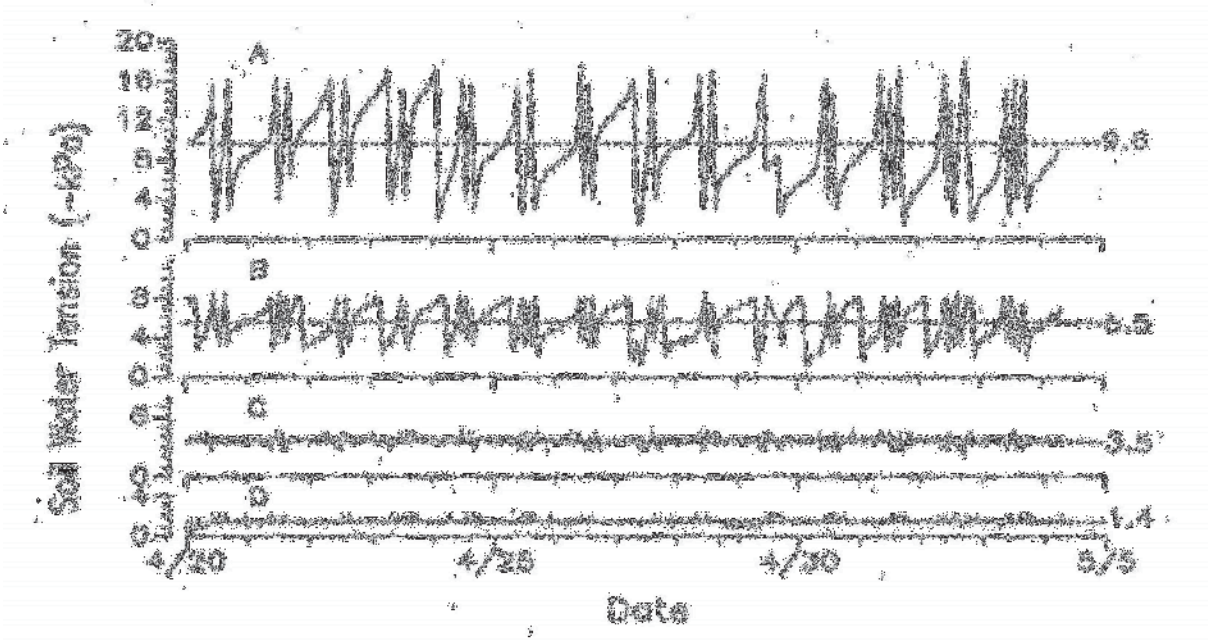
جدول ۱: *نتایج عملکرد و مصرف آب تیمارهای مختلف آبیاری*



تغییرات مکش خاک در یک دوره زمانی پانزده روزه در تیمارهای چهارگانـه در شـکل (۲) ارائـه شـده اسـت. تولید گل داودی با روش آبیاری بر اساس مکش آب خاک چندین مزیت داشته است (شکل ۳). ۱- تولیـد تجـاری گل با مصرف آبی کمتر از معمول امکان پذیر شده است. در نواحی که آب مـصرفی تـاثیر معنـی داری روی هزینـه های تولید داشته باشد، سیستمی از آبیاری که با حفظ عملکرد، ۹۰-۷۵٪ کمتر آب مصرف کند، مفید خواهد بود. ۲- اثر مکش آب خاک بیشتر روی رشد رویشی گیاه بوده تا رشد زایشی آنها، ۳- کاهش مـاده خـشک گیـاه در چهـار تیمار مکش در مقایسه با روش زمانی ممکن است بعلت کاهش مصرف آب و یا مواد غذایی باشد. گیاهـان در ایـن چهار تیمار آب کمتر و در نتیجه آن، مواد غذایی کمتری از تیمار آبیاری ۵ دقیقه در روز دریافت کرده نـد. بـه ویـژه این که نیتروژن ممکن است در حد کافی اسـتفاده نـشده باشـد. در تحقیقـی دیگـر Lieth و Loren (1995) امکـان آبیاری گل رز کشت شده در بستر خاکی را براساس آبیاری با تانسیومتر بررسی کردند. هدف این تحقیق توسعه یک سیستم قابل کاربرد و دقیق برای آبیاری گل رز گلخانه ای و امکان تو لید تجـاری آن بـوده اسـت. در ایـن تحقیـق

[1]- Signal
[2]- Analog / Digital Convertor

آبیاری رز با رسیدن مکش آب خاک به ۵- کیلو پاسکال شروع می گردید و با رسیدن به ۱- کیلوپاسگال قطع می شد. نتایج مصرف آب، عملکرد و کارآیی مصرف آب این تحقیق در مقایسه با مقادیر آب مصرف شده در حالت مرسوم توسط گلخانه داران در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است.



شکل ۲: *تغییرات مکش خاک در یک دوره زمانی پانزده روزه در تیمارهای چهارگانه*

جدول ۲: *مقادیر آب مصرف شده در حالت های مختلف آبیاری*

شاخص مورد بررسی / ***نحوه آبیاری***	***کل آب بکار رفته*** (gal/ft^2)	***تعداد دفعات آبیاری***	***مصرف روزانه آب*** (gal/ft^2)
گلخانه داران (مرسوم)	۲٤/٤	۳۲	۰/۰۹۲
تحقیق (براساس تانسیومتر)	۱۷/۹	٤۳	۰/۰٦۷

شکل ۳: *مقایسه رشد و گلدهی تیمارهای مختلف آبیاری*

جدول ۳: *مقادیر آب مصرفی، عملکرد و کارآیی مصرف آب در حالت های مختلف آبیاری*

نحوه آبیاری / شاخص مورد بررسی	در طول آزمایش		بعد از آزمایش	
	آبیاری مرسوم	آبیاری براساس تانسیومتر	آبیاری مرسوم	آبیاری براساس تانسیومتر
تعداد شاخه برداشت شده	۸/۱	۱۳/٤	٤/٥	٥/۷
مقدار آب بکار رفته (gal/ft^2)	۲٤/٤	۱۷/۹	۱۱	۱۱/۲
کارآیی مصرف آب (شاخه به ازای گالن)	۰/۳۳	۰/۷٥	۰/٤۱	۰/٥۱

جدول (۳) نشانگر آنست که:

۱- در طول آزمایش میزان تولید در آبیاری بر اساس تانسیومتر ٦٦٪ نسبت به حالت مرسوم افزایش داشته است.

۲- در این مرحله مقدار آب صر فه جوی شده نیز برابر ۲٦٪ بوده است.

۳- در نتیجه، میزان افزایش کارآیی مصرف آب ۱۲٦٪ بوده است.

٤- اگر مدیریت مناسبی در آبیاری اعمال نشود اختلاف عملکرد بین روشهای آبیاری معنی دار نخواهد بود.

٥- اگر مدیریت مناسبی در آبیاری اعمال نشود اختلاف آب مصرف شده بین روشهای آبیاری معنی دار نخواهد بود.

توجیه اقتصادی اتوماسیون آبیاری گلخانه ها

اولین قدم در راستای اتوماسیون گلخانه ها، خودکارسازی سیستم آبیاری آنها است. همانگونه که کشاورزان نیز میدانند، زمان و پول زیادی برای آبیاری محصولات خرج میشود. چنانچه اینکار بدرستی انجام نشود، این هزینه ها تلف خواهد شد. بجای اینکه کشاورزانی عمل آبیاری را انجام دهند که گاها به اصول آن واقف نیستند، میتوان سیستم های اتوماتیک آبیاری را نصب و بکار گرفت تا مطمئن از مناسب بودن آبیاری باشیم. در ادامه مثالی از مزیت اقتصادی نصب چنین سیستم هایی ارائه می‌شود. اگر در آبیاری با دست بطور میانگین یک کارگر هر ده فوت مربع از کشت گلخانه ای را در یک دقیقه آبیاری کند، یک گلخانه معمولی ۲٥۰۰ فوت مربعی (۳۰ فوت× فوت۹٦)، با دست ظرف مدت چهار ساعت آبیاری خواهد شد. اگر هزینه هر ساعت آبیاری ٥/۷٥ دلار فرض گردد، آبیاری دستی هر بار این گلخانه ۲۳ دلار هزینه خواهد داشت.

در صورت اجراء یک سیستم آبیاری قطره ای ساده برای این گلخانه، باید حدود ۸۰۰ دلار هزینه شود. این هزینه ها شامل لوله های پلی اتیلن کم فشار (اصلی، نیمه اصلی، جانبی و اسپاگتی) و قطره چکانهای تنظیم شونده برای هر گلدان خواهد بود. همچنین، هزینه تمام لوازم جانبی نظیر: شیر فلکه و اتصالات، فیلتر دیسکی و تایمر اتوماتیک در این برآورد لحاظ شده اند. با عنایت به اینکه اجراء این سیستم پیچیده نیست، برای راه اندازی آن سه ساعت پیش بینی میشود. چنانچه هزینه انجام آبیاری دستی در هر نوبت و هزینه اجرای سیستم آبیاری قطره ای اتوماتیک را مقایسه کنیم، ملاحظه میشود که در کمتر از ۳٥ بار آبیاری دستی، هزینه های اجراء سیستم تامین و بعد از آن با هر آبیاری قطره ای، ۲۳ دلار صرفه جویی خواهد شد.

در آبیاری گلدانهای آویخته از سقف گلخانه ها، سیستم آبیاری قطرهای امکان نصب زیر سقف را دارد. چنانچه گیاهان کشت شده بطور منظم جابجا می شوند و نصب قطره چکانها بر روی آنها امکان پذیر نباشد، با اندکی افزایش سرمایه گذاری میتوان از آبپاشهای کوچک[1] برای آبیاری استفاده کرد. در چنین شرایطی بعد از حدود ٦٠ آبیاری، هزینه های انجام شده تامین خواهد شد. همچنین، چون کود آبیاری نیز با هر دو روش آبیاری قطره ای و بارانی امکان پذیر است، علاوه بر کاهش هزینه کارگری برای تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، در مقادیر مصرف آب و کود نیاز صرفه جویی خواهد شد.

روش‌های آبیاری پیشرفته

در گلخانه های بزرگتر امکان استفاده از سیستم های آبیاری پیچیده تر نظیر بسترهای کشت رومیزی [2] و تکنیک لایه غذایی[3] وجود دارد. این سیستم ها کاملا بسته عمل می کنند. به طوری که محلولهای غذایی همراه آب آبیاری جمع آوری و پس از رفع آلودگی، مجددا استفاده میشوند. نه تنها این سیستم ها در طول دوره رشد میزان آب مورد استفاده برای پرورش محصول را کاهش میدهند، بلکه، مقدار مصرف کود نیز تقلیل می یابد. بدین ترتیب با حذف رواناب سطحی و نفوذ عمق، نه تلفات کودی بواسطه زهکشی برگشتی بوجود می آید و نه سفره های آبی منطقه آلوده میشوند. بدیهی است که روشهای کاملا بسته زمان برگشت سرمایه بیشتری نسبت به سیستم های ساده تر نیاز خواهند داشت. مثلا، همان اندازه گلخانه (۳۰ فوت× فوت۹٦) را میتوان با هزینه ای در حدود شش دلار برای هر فوت مربع، به سیستم آبیاری اتوماتیک برای بسترهای کشت رومیزی مجهز کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از کامپیوتر برای کنترل شرایط محیطی گلخانه ممکن است در تولید تجاری محصولات گلخانه ای منافع قابل توجهی داشته باشد. این مهم به کمک و همراهی سنجنده های حساس و دقیق مثل فناوری تانسیومتری برای بررسی و تعیین وضعیت آب در محیط های کشت امکان پذیر گشته است. اولین قدم در راستای اتوماسیون گلخانه ها، خودکارسازی سیستم آبیاری آنها است زیرا زمان و پول زیادی برای آبیاری محصولات خرج میشود. ارزیابی های اقتصادی به عمل آمده نشان داده است که نصب و بهره بردای از سیستم های اتوماتیک آبیاری در گلخانه ها از مزیت اقتصادی برخوردار است و در اندک مدتی هزینه های سرمایه گذاری اولیه را جبران می نماید.

تولید گل داودی با روش آبیاری بر اساس مکش های آب خاک ۱/۵- و ۳/۵- کیلوپاسکال چندین مزیت داشته است. ۱- تولید تجاری گل با مصرف آب کمتر از معمول امکان پذیر شده است. در نواحی که آب مصرفی تاثیر معنی داری روی هزینه های تولید داشته باشد، سیستمی از آبیاری که با حفظ عملکرد، ۹۰-۷۵٪ کمتر آب مصرف کند، مفید خواهد بود. ۲- اثر مکش آب خاک بیشتر روی رشد رویشی گیاه بوده تا رشد زایی آنها، ۳- کاهش ماده خشک گیاه در چهار تیمار مکش در مقایسه با روش زمانی ممکن است بعلت کاهش مصرف آب و یا

[1]- Micro Sprinkler
[2] Ebb-and-Flow
[3] Nutrient-Film Technique

مواد غذایی باشد. گیاهان در این چهار تیمار آب کمتر و در نتیجه آن، مواد غذایی کمتری از تیمار آبیاری ۵ دقیقه در روز دریافت کرده است. به ویژه این که نیتروژن ممکن است در حد کافی استفاده نشده باشد.

با آبیاری خودکار گل رز امکان تولید گلهای با کیفیت (یکنواخت) همراه با مصرف کمتر آب وجود دارد. در این خصوص باید حداکثر مکش آب خاک ۵- کیلوپاسکال و حد اقل آننیز باید ۱- کیلوپاسکال باشد. اگر مدیریت صحیح آبیاری و تغذیه توام با اجراء سیستم خودکار اعمال شود، همراه با صرفه جویی در مصرف آب میتوان مصرف کود را نیز کاهش داد. بدین ترتیب امکان افزایش بهره وری وجود خواهد داشت.

منابع

1- Burger, D.W. and J. L. Paul. 1987. Soil Moisture Measurements in Containers with Solid-State, Electronic Tensiometers. HortScience 22(6): 309-310.

2- Hanan, J. J. 1998. Advanced Technology for Protected Horticulture. CRC Press.

3- Hunter, M. N. and J. W. Tonks. 1979. Tilting Auto-Watering Pot system (TAPS). Queensland J. Agr. Anim. Sci. 36: 1-7.

4- Krizek, D. T. 1985. Methods of Inducing Water Stress in Plants. HortScience 20(6): 1028-1038.

5- Lieth, J. H. and D. W. Burger.1989. Growth of Chrysanthemum Using an Irrigation Ssystem Controlled by Soil Moisture Tension. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(3): 387-392.

6- Lieth, J. H. and O. Loren. 1995. Tensiometer-Based Irrigation Nursery and Greenhouse Plant Production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(2): 251-260.

7- Livingston, B. E. 1918. Porous Clay Cones for the Auto-Irrigation of Potted Plants. Plant World 21: 202-208.

8- Moinat, A. D. 1943. An Auto-Irrigator for Growing Plants in the Laboratory. Plant Physiol. 18: 280-287.

9- Read, D. W., S. V. Fleck and W.L. Pelton. 1962. Self-Irrigating Greenhouse Pots. Agron. J. 54: 467-470.

10- Robert, W. M. 2000. An Introduction to Greenhouse Production. Curriculum Materials Service. The Ohio State University.

11- Schwaegerle, K. E. 1983. A Method for Maintaining Constant Soil Moisture Availability for Potted Plants. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 608-610.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

اتوماسیون و کاربرد حسگرهای دی‌الکتریک در سیستم آبیاری قطره‌ای

حسین دهقانی سانیج و مهدی اکبری[1]

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 اندازه گیری 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 ٤- 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

[1]- 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 محدودیت هایی مواجه می‌باشد که از آن جمله می‌توان به تغییرات فشار در شبکه توزیع آب اشاره داشت. این مهم می تواند 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 ازخود نشان می‌دهد و نیز واریته 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 توجه‌ای 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 ٤- 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 نسبتا جدید می‌باشد. کشاورزان به سبب تمایل به سرمایه گذاری کمتر، عموما 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 کشور ها می توان به موارد زیر اشاره داشت:

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

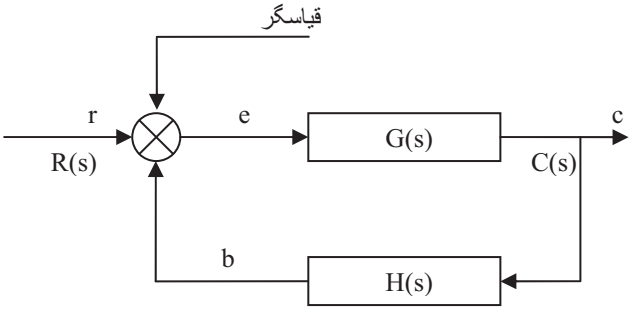
- امکان اجرا و کاربرد سیستم های پیشرفته و تکنولوژی های جدید در آبیاری بوجود می آید.
- تغییر و بهینه کردن دور آبیاری و کاربرد کود در دوره های زمانی مختلف که باعث بهبود راندمان کاربرد آب و کود می‌شود.
- کاربرد آب از منابع مختلف با راندمان بالا امکان پذیر می شود.
- آبیاری در شب با دوره های زمانی مختلف امکان 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 می‌باشد. 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 می‌کند. در این سیستم عوامل متغییر مزرعه‌ای 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 میباشد. سیگنال e سیستم را فعال نموده و خروجی C را با هدف کاهش خطا تولید می‌کند. 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. عکسل 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 می‌گردد. 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 می‌شود. در این سیستم برنامه‌ریزی آبیاری محدود به روشن و خاموش کردن سیستم کنترل مبتنی بر مدت زمانی مشخص (به عنوان یک متغییر) 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 ٢٤ ساعت روز را دارد. این سیستم می‌تواند 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 معمولا 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 می‌شوند. مقدار آب مورد نیاز برای هر قطعه بصورت دستی تنظیم می شود و هیچ گونه سیگنالی برای کنترل آبیاری به سیستم ارسال نمی‌گردد.

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 می‌گردند.

انواع حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت در خاک

تانسیومتر عقربه ای و الکترونیکی

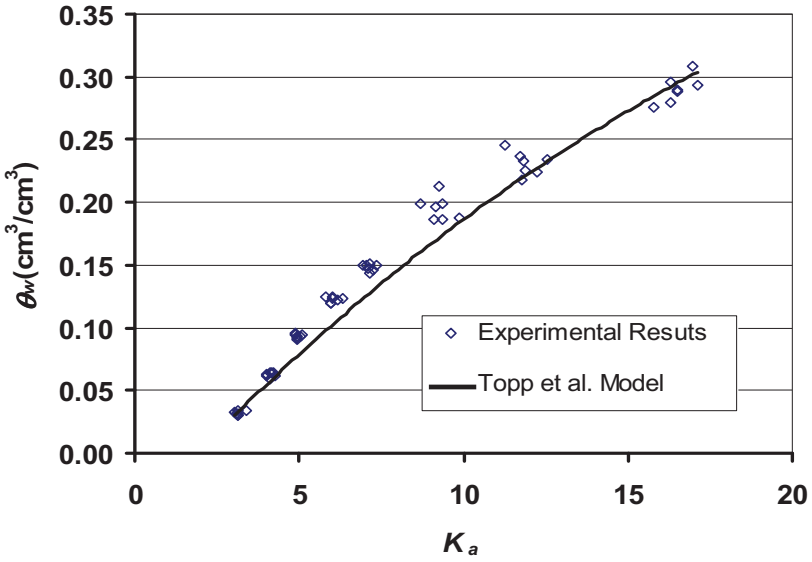
کاربرد تانسیومتر اصولا محدود است به دامنه کارکرد آن که در حدود ۶۰-۸۰ سانتی بار می باشد. کاربرد تانسیومتر نیاز به مدیریت و کنترل دقیق آنها دارد.

حسگرهای با مقاومت الکتریکی

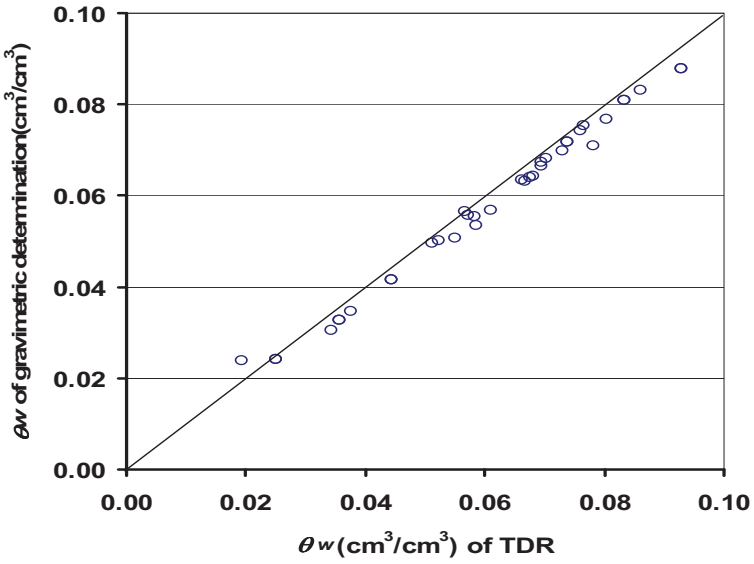
مقاومت الکتریکی این حسگر ها با تغییر رطوبت خاک تغییر می کند. مدارهای خاصی برای ارتباط این حسگرها به کنترلرهای آبیاری نیاز است. حسگرها نیاز به بازدید دوره ای و کالیبره شدن در مقایسه با تانسیومتر دارند.

حسگرهای دی الکتریک

این حسگرها ضریب ثابت دی الکتریک را در محیط خاک اندازه گیری می‌کنند. 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 می‌باشند. شکل ۳ رابطه بین ثابت دی‌الکتریک (Ka) و رطوبت خاک (θ_w) را برای یک خاک شنی نشان می‌دهد (R^2 =۰/۹۹). 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 کنترلر ها ارسال می‌دارند (شکل ٤).

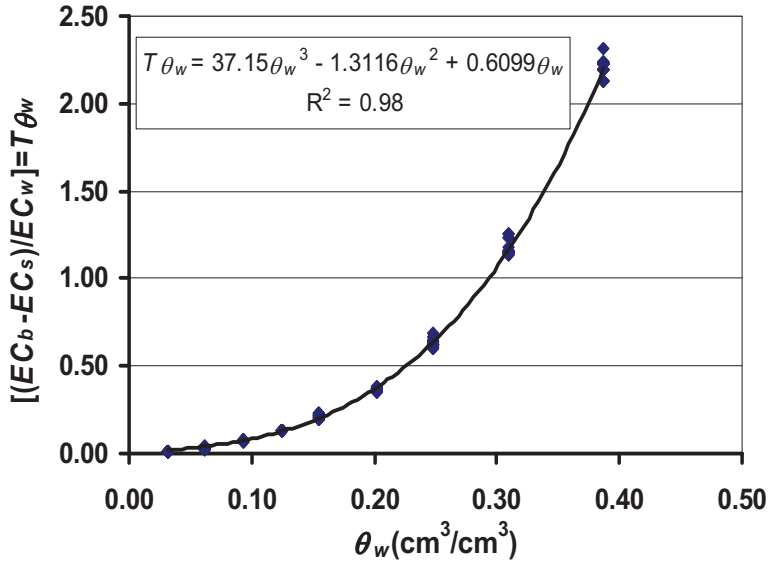


شکل ۳: *رابطه بین ثابت دی الکتریک (Ka) و رطوبت خاک (θ_w)*



شکل ٤: *تغییرات رطوبت خاک اندازه‌گیری شده توسط یک حسگر دی الکتریک ($\theta_{w\text{-}TDR}$) و اندازه گیری 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 اندازه گیری 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 اندازه گیری مستقیم از نمونه خاک و خروجی اندازه گیری شده توسط یک حسگر دی الکتریک را در شرایط کاربرد آب شور نشان می دهد.



شکل ٥: *رابطه بین رطوبت خاک با اندازه گیری مستقیم از نمونه خاک (θ_w) و خروجی اندازه گیری 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 می کند. علی الرغم 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 متغییر می‌باشد که می‌تواند به علت غیر یکنواختی خاک، مشابه نبودن توزیع آب در خاک در تمام جهت ها، توزیع غیر همگن آب در خاک و اثر ادوات کشاورزی بر روی تراکم خاک باشد. این فاکتور ها 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 و 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، ٥٦ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد. نتایج همچنین نشان داد حداکثر عملکرد ۱۳۵ تن در هکتار با کارآیی 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 توصیه های کارخانه های تولید کننده سیستم اتوماسیون مقایسه گردد. جدول ۱ به عنوان راهنما برای انتخاب سیستم مناسب توصیه می گردد.

نتیجه‌گیری

برای رسیدن به امنیت غذایی و تولید پایدار محصولات کشاورزی، توسعه اتوماسیون ضروری می باشد و علی الرغم بالا بودن هزینه اولیه سیستم اتوماسیون، بواسطه صرفه جویی در مصرف آب، انرژی و کود های شیمیای، هزینه های 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 زمینه های مختلف نیاز آبیاری و الکترونیک دارد تا میزان سرمایه گزاری 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*

فاکتور*	۱	۲	۳	٤	٥
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 اخطار 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، ٤- نا مطمئن و ٥- مازاد بر نیاز

منابع

1. Abhijit B.J., 1999. Automation in microirrigation systems. Proceeding of International Conference on Microirrigation, India, pp. 178-186.
2. Dehghanisanij, 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.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

نقش خودکارسازی در بهبود و توسعه روش‌های آبیاری قطره‌ای

مهدی اکبری و حسین دهقانی سانیج[1]

چکیده

آبیاری میکرو از جمله روشهای نوین آبیاری است که در سالهای اخیر جایگاه ویژه‌ای بین کشاورزان پیدا کرده است و برای آبیاری محصولات مختلف از جمله زراعت‌های ردیفی، سبزی و صیفی و باغات قابل استفاده می‌باشد، لیکن به علت خودکار نبودن سیستم‌های تصفیه آب و عدم اعمال مدیریت بهره برداری مناسب از جمله کنترل فشار سیستم، قطع و وصل صحیح شیرها، شستشوی به‌موقع فیلترها، عدم کنترل مداوم شبکه توزیع آب در مزرعه جهت پیش‌بینی‌های لازم پیش از وقوع گرفتگی در قطره‌چکانها، عدم اعمال مدیریت صحیح استفاده از کود و ...، تعدادی از طرحهای اجرا شده در نقاط مختلف کشور به مشکلات مختلف از جمله ترکیدگی لوله‌ها و اتصالات در اثر ضربه قوچ، گرفتگی خروجی‌ها و در نتیجه کاهش یکنواختی توزیع آب دچار شده‌اند که مهمترین عامل گرفتگی در این سیستم‌ها وجود ذرات معدنی و آلی در منبع آب بوده است. از دیگر عوامل گرفتگی قطره‌چکانها و روزنه‌ها، می‌توان به رسوبات و بقایای باکتری‌ها اشاره کرد که منشاء فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی دارند. با توجه به اینکه پیشگیری بهترین راه مبارزه و کاهش مشکلات فوق الذکر است، خودکارسازی این سیستم‌ها می‌تواند نقش موثری در بهبود و توسعه روشهای آبیاری تحت‌فشار و بویژه روش آبیاری قطره‌ای ایفا نماید لذا در این مقاله به نقش خودکارسازی قسمتهای مختلف کنترل مرکزی شامل ایستگاه پمپاژ، تجهیزات مورد استفاده در تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب و تجهیزات مورد نیاز جهت تزریق کود و سم، در توسعه و موفقیت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: خودکارسازی، آبیاری قطره‌ای، مدیریت بهره‌برداری و انسداد قطره‌چکان

مقدمه

در دهه‌های اخیر محدودیت منابع آب برای مصارف کشاورزی از یک سو و افزایش بی رویه جمعیت از سوی دیگر، توسعه وکاربرد روش‌های نوین آبیاری را در سطح کشور اجتناب ناپذیر ساخته است. استفاده از سیستم‌های

[1]- اعضاء هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

آبیاری تحت فشار از جمله آبیاری قطره‌ای یکی از گزینه‌های مؤثر در افزایش راندمان آبیاری و بهبود کارآیی مصرف آب است. این روش‌ها علیرغم مزایای متعدد، دارای محدودیت‌هایی نیز بوده و نیاز به مدیریت بالایی دارند. گرفتگی قطره‌چکان‌ها از جمله این محدودیت‌ها است و از رایج‌ترین مشکلات فراروی استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به شمار می‌رود. این گرفتگی‌ها ممکن است بر اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی اتفاق افتد. گرفتگی قطره‌چکانها باعث توزیع نامناسب آب و در نتیجه کاهش یکنواختی کاربرد آب شده و تولید محصول را تحت تاثیر قرار خواهد داد [۵ و ٦]. نتایج بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که ورود ذرات و مواد معلق موجود در آب و رسوب کربنات کلسیم، مهمترین علل انسداد و گرفتگی قطره‌چکانها بوده و سبب کاهش یکنواختی توزیع آب، افزایش حجم آب مصرفی برای رشد گیاهان تحت آبیاری و در نتیجه کاهش راندمان کاربرد آب در این سیستم‌ها شده است[۲،۳ و ٦]. این معضل همچنین باعث بالا رفتن هزینه‌های نگهداری سیستم‌ها مانند کنترل، تعویض و یا تعمیر قطره‌چکانها گردیده است. شناسائی عوامل مؤثر در گرفتگی خروجی‌ها و خودکارسازی تجهیزات مورد استفاده در روش‌های مبارزه با آن می‌تواند نقش موثری در توسعه و بهبود مدیریت بهره‌برداری از این سیستم‌ها ایفا نماید. با توجه به اینکه کنترل گرفتگی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یک امر اجتناب ناپذیر است لذا بایستی کلیه عوامل مؤثر در گرفتگی خروجی‌ها را شناسایی، دسته بندی و سپس روش‌های جلوگیری و کنترل هر دسته از عوامل تعیین شوند. بطور کلی تصفیه فیزیکی و اصلاح شیمیایی آب روش مؤثری در پیشگیری از خطر گرفتگی لوله‌ها و قطره چکانها است لیکن، به مدیریت قوی و علمی نیاز دارد که از طریق خودکارسازی این سامانه-ها قابل دسترس می‌باشد. یکی از مهمترین مسایل در بالا بردن عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، اعمال مدیریت صحیح بهره‌برداری از سیستم است، که در طرح‌های اجرا شده در سطح کشور به علل مختلفی مورد توجه قرار نگرفته است. در این بررسی ابتدا به نتایج ارزیابی‌های انجام گرفته در خصوص مدیریت بهره‌برداری از این سیستم-ها اشاره می‌شود. سپس نقش خودکارسازی تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌ها بر مدیریت بهره برداری در آبیاری قطره‌ای شامل کنترل فشار در بخش‌های مختلف، اعمال برنامه صحیح آبیاری، کنترل مداوم فشار در شبکه‌های توزیع آب، کنترل و شستشوی صحیح و به موقع فیلترها و مدیریت صحیح تزریق کود و سموم بررسی می‌گردد.

نتایج ارزیابی وضعیت مدیریت آبیاری در طرح‌های انجام شده حاکی از آن است که در اکثر مزارع به علت ضعف مدیریت بهره‌برداری و گرفتگی قطره‌چکانها، فشار کاری سیستم پایین بوده و این عوامل باعث‌گردیده تا در شرایط پایین بودن کیفیت آب ورودی به سیستم، خطر انسداد قطره‌چکانها و پایین آمدن یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه بیشتر نمایان شود که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

نتایج ارزیابی فیلتراسیون در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در منطقه جهرم و رفسنجان نشان داد که بطور کلی وضعیت فیلتراسیون ضعیف و یا متوسط بوده است [٦]. در بررسی مشابهی بر روی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در استان یزد مشاهده گردید که در ۲۰ درصد طرح‌های مزبور در قسمت کنترل مرکزی شیرفلکه مورد نیاز برای انجام عمل شستشوی معکوس در فیلتر شن منظور نشده است[۱]. مؤیدی‌نیا (۱۳۷۷) تاثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری برگرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار داد و دریافت که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری بخصوص یونهای کلسیم، منیزیم و بی کربنات و pH آب آبیاری، میزان گرفتگی شیمیائی قطره‌چکانها افزایش می‌یابد. مسیر باریک و روزنه‌های کوچک از خصوصیات لاینفک قطره‌چکانهای مورد استفاده

در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هستند. بنابراین تمام قطره‌چکانها آمادگی کامل برای گرفتگی را دارا می‌باشند (Buck et al. 1979, Gilbart and Ford 1986). یک سیستم آبیاری قطره‌ای از تعداد زیادی قطره‌چکان در واحد سطح تشکیل شده است. کنترل تک تک قطره‌چکانها از نظر گرفتگی در یک مزرعه امکان پذیر نیست، بنابراین بایستی کنترل گرفتگی پیش از ورود آب به سیستم آبیاری قطره‌ای بخصوص در مواردی که منبع آب جریانات سطحی و یا منابع ذخیره سطحی آب باشند صورت پذیرد (Ravina et al., 1992). فیلتراسیون، تزریق مواد شیمیایی به آب و شستشوی لوله های شبکه توزیع آب برای کنترل گرفتگی قطره چکانها بکار برده می‌شوند (Nakayama and Bucks, 1991). فیلتراسیون در حقیقت یکی از اجزای اصلی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است، یک مجموعه فیلتراسیون اولیه که در یک سیستم آبیاری قطره‌ای بکار برده می‌شود، شامل فیلتر شن و فیلتر توری می‌باشد که عمل شستشوی معکوس در آن باید به صورت صحیح و به موقع انجام پذیرد (Ravina et al.,1992). بیشتر کارخانجات سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، سطح بالایی از فیلتراسیون را برای آبیاری قطره‌ای توصیه می‌نمایند و برای رسیدن به آن به مدیریت صحیح بهره‌برداری نیاز است که از طریق خودکارسازی سیستم تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب به سادگی قابل دسترس می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعات فوق و نظایر آن، لزوم بررسی علل گرفتگی و ارائه راهکارهای کاربردی جهت بهبود مدیریت بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را نشان می‌دهد لذا در این مقاله به نقش خودکارسازی تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب بر بهبود مدیریت بهره‌برداری و توسعه روش‌های آبیاری قطره‌ای پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به مسایل و مشکلات موجود در طرح‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در سطح کشور ضروری است تمامی طرح‌هایی که با مشکل گرفتگی خروجی‌ها و عدم یکنواختی پخش آب مواجه هستند، قبل از هر گونه اقدامی مورد ارزیابی قرار گیرند تا مشکل واقعی آنها مشخص شود و از صرف هزینه‌های اضافی جلوگیری بعمل آید. با توجه به اینکه در اکثر طرح‌های ارزیابی شده، مدیریت ضعیف باعث گرفتگی خروجی‌ها شده است، در این مقاله نتایج طرح‌های پژوهشی مختلف بررسی و مشکلات گرفتکی قطره‌چکانها و مسایل بهره بردارای ارائه شده در ارزیابی سیستم های آبیاری قطره‌ای در نقاط مختلف کشور از جمله استانهای خراسان، کرمان، سمنان، فارس و یزد در سه دسته اصلی شامل گرفتگی فیزیکی، گرفتگی شیمیایی و مسایل مدیریتی دسته بندی شده است. برای بررسی علل اصلی بوجود آمدن مشکلات مذکور هر دسته به زیر گروه‌های مربوطه تقسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سپس علل اصلی بوجود آمدن هر گروه از مشکلات تعیین شده است. بدیهی است که برای رفع مشکلات موجود در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بایستی عوامل موثر در ایجاد مشکلات موجود شناسایی و مرتفع گردند. با توجه به اینکه اکثر مشکلات موجود مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای کشور را مسایل مدیریتی تشکیل می‌دهند و کشاورزان ما به علت مسایل اجتماعی قادر به رفع آن نمی‌باشند لذا در این مقاله سعی شده است با توصیه راهکارهای کاربردی در خصوص خودکارسازی سیستم های آبیاری قطره‌ای و رفع مشکلات موجود یا به حداقل رساندن آن اقدام گردد.

نتایج و بحث

در این بررسی در مجموع نتایج ارزیابی بیش از ۳۰ طرح از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در استانهای تهران، خراسان، کرمان، سمنان، فارس، سیستان و بلوچستان و یزد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. خصوصیات طرحهای مورد نظر از جمله: مشخصات اجرایی طرحها، موقعیت آنها، منابع آب، وسایل تصفیه آب و نحوه استفاده از آنها و ادوات کنترل فشار که در فرم‌های مربوطه جمع آوری شده نشان داد که ورود مواد فیزیکی به خصوص ذرات خاک به درون سیستم، ایجاد رسوب مواد شیمیایی، کم بودن فشار و نامناسب بودن توزیع آن و در نهایت مدیریت ضعیف در بلند مدت ازعلل اصلی گرفتگی قطره‌چکانها و پائین آمدن یکنواختی پخش آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بوده است. در برخی از طرح‌های ارزیابی شده، استفاده نامناسب از کودها به لحاظ مقدار و نوع کود مصرفی موجب تسریع گرفتگی خروجی‌ها شده است. لذا در ادامه به تشریح روش‌های صحیح پیشگیری و مبارزه با هر یک از علل فوق الذکر و نقش خودکارسازی تجهیزات مورد نیاز در انجام صحیح و به موقع وظایف و سرویس‌های مربوطه پرداخته شده است.

گرفتگی فیزیکی

گرفتگی فیزیکی در اثر وجود ذرات غیرآلی معلق در آب (شن، سیلت، رس و پلاستیک) و مواد آلی (فضولات حیوانات و جانوران آبزی) و گیاهان آبزی (جلبکها) ایجاد می‌شود. وجود این عوامل فیزیکی در خروجی‌ها نشان دهنده عدم مدیریت صحیح و کارکرد نامناسب فیلترها است. ساده ترین و بهترین روش مبارزه با این نوع گرفتگی پیشگیری از ورود این ذرات به سیستم آبیاری قطره‌ای است. قسمت فیلتراسیون در سیستم آبیاری قطره‌ای به عنوان قلب سیستم مطرح بوده، و در طراحی سیستم بایستی در سطح بالایی مورد توجه قرار گیرد. بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی سیستم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای اجرا شده، طراحی این قسمت عمدتاً بدون توجه به کیفیت آب مورد استفاده در سیستم و فقط بر اساس میزان آب مورد نیاز سیستم صورت گرفته و به همین دلیل هیچگونه برنامه زمانبندی برای کنترل و شستشوی سیستم توسط بهره‌بردار در طراحی ارائه نشده است. جدول (۱) نشان دهنده یک ارزیابی صورت گرفته بر روی وضعیت فیلتراسیون در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در ۱۲ مزرعه در منطقه جهرم و رفسنجان می‌باشد.

همانطوری‌که از جدول مشخص است به غیر از دو طرح به شماره‌های ۱ و۲ که طرح‌های الگویی هستند، در بقیه طرحها وضعیت فیلتراسیون ضعیف و یا متوسط است و نشان می‌دهد که کشاورزان ما به اهمیت فیلتراسیون و مدیریت نگهداری آن واقف نیستند. لذا استفاده از یک پکیج فیلتراسیون اتوماتیک می‌تواند نقش کلیدی را در چنین مواردی داشته باشد و قابل توصیه است (شکل ۱). بدیهی است که تعداد دفعات شستشوی معکوس فیلترها به کیفیت آب و میزان مواد معلق موجود در آب بستگی دارد و در صورت افزایش مواد معلق موجود در آب، نیاز به شستشوی معکوس در طول زمان کوتاهتری ضرورت می یابد. گرفتگی در این فیلترها با توجه به اختلاف فشار ورودی و خروجی فیلتر توسط سنسور مربوطه معلوم میگردد. در صورت افزایش این اختلاف فشار به بیش از ۰/۲تا ۰/۳ آتمسفر (که قابل تنظیم است)، شستشوی معکوس انجام می‌پذیرد.

شکل ۱: *نمای کلی از یک پکیج فیلتراسیون اتوماتیک*

گرفتگی شیمیایی

با توجه به این که آب مورد استفاده برای آبیاری قطره‌ای غالبا از منابع زیرزمینی تامین می‌شود و املاح موجود در آن بیش از حد استاندارد است، از این رو مشکل گرفتگی شیمیایی قطره چکانها بسیار رایج بوده و مشکلات عدیده‌ای از جمله کاهش یکنواختی توزیع آب، عدم آبیاری کامل مزرعه و در نهایت عدم موفقیت سیستم آبیاری را به دنبال خواهد داشت. بدیهی است که تنها راه جلوگیری از این نوع گرفتگی‌ها، کنترل مداوم کیفیت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری و اتخاذ مدیریت صحیح در بهره‌برداری و مبارزه شیمیایی می‌باشد.

جدول ۱: *وضعیت فیلتراسیون در منطقه رفسنجان و جهرم*

شماره طرح	وسایل مورد استفاده			نحوه استفاده و بازبینی از سیستم	وضعیت سیستم تصفیه		
	تانک شن	سیکلون	فیلترتوری		مناسب	ضعیف	نامناسب
۱	*	*	*	بطور مرتب بازدید و شستشو می‌شوند.	*		
۲	*	*	*	بطور مرتب بازدید و شستشو می‌شوند.	*		
۳	*	-	*	تاکنون بازدیدی صورت نگرفته است و آب ورودی به سیستم کدر بود.			*
٤	-	-	*	بطور مرتب بازدید نمی‌شوند		*	
٥	–	–	*	بعد از چند نوبت آبیاری بازدید و پس از استفاده از کود شستشو می‌شود.		*	
٦	–	*	–	فیلتر ها بعلت گرفتگی زیاد از سیستم خارج شده‌اند.			*
۷	–	–	–	–			*
۸	–	*	*	بطور مرتب بازدید و شستشو می‌شوند.		*	
۹	–	–	–	–			*
۱۰	–	*	*	بطور مرتب بازدید و شستشو می‌شوند.		*	
۱۱	–	–	–	–			*
۱۲	–	*	*	بطور مرتب بازدید نشده و فیلترهای توری تاکنون تعویض نشده‌اند.			*

کیفیت آب

سنجش کیفیت آب آبیاری در تعیین مشکلات بالقوه قطره چکانها موثراست. بسیاری از آب های زیرزمینی دارای آهک یا کربنات کلسیم می باشند. در اثر تغییرات دما و pH وضعیت کیفی آب از تعـادل خارج شده و باعث ته نشین شدن $CaCo_3$ شده، که نهایتاً موجب گرفـتگی دهانه قطره چکانها می شود. از اسیدهای مختلفی از قبیل اسید سولفوریک، هیدروکلریک، نیتریک و فسفریک برای کاهش روند رسوب گذاری کربنات کلسیم استفـاده می شود. با توجه به نقش کلیدی کیفیت آب در بررسی امکان ایجاد رسوب در خروجیهای آبیاری قطره‌ای، نمونه‌های آب آبیاری مورد استفاده در هر یک از سیستم های انتخاب شده مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته است. مهمترین عوامل کیفی آب که مورد اندازه گیری قرار گرفته‌اند شامل آنیونهای کربنات، بی کربنات، کلروسولفات، کاتیونهای کلسیم، منیزیم و سدیم، مقدار اسیدیته یا pH، مقدار هدایت الکتریکی آب یا EC، غلظت کل املاح محلول (TDS) و مقدار آهن و منگنز بوده است. خلاصه ای از نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آبهای آبیاری مورد استفاده در جداول شماره (۲) درج گردیده است. با توجه به اینکه امکان اندازه گیری مستقیم غلظت کل مواد محلول در محل مقدور نبوده است، برای محاسبه آن از رابطه تجربی زیر استفاده شده است:

$$TDS\ (mg/lit) = 640 * EC\ (ds/m) \qquad (۱)$$

اسیدیته آب pH

پتانسیل ایجاد رسوب و در نتیجه آن خطر گرفتگی خروجیها نسبت به عوامل pH، مواد جامد محلول (TDS)، آهن و منگنز در هر یک از طرحها بر اساس طبقه بندی ارائه شده در جدول شماره (۳) مورد ارزیابی قرار گرفت.

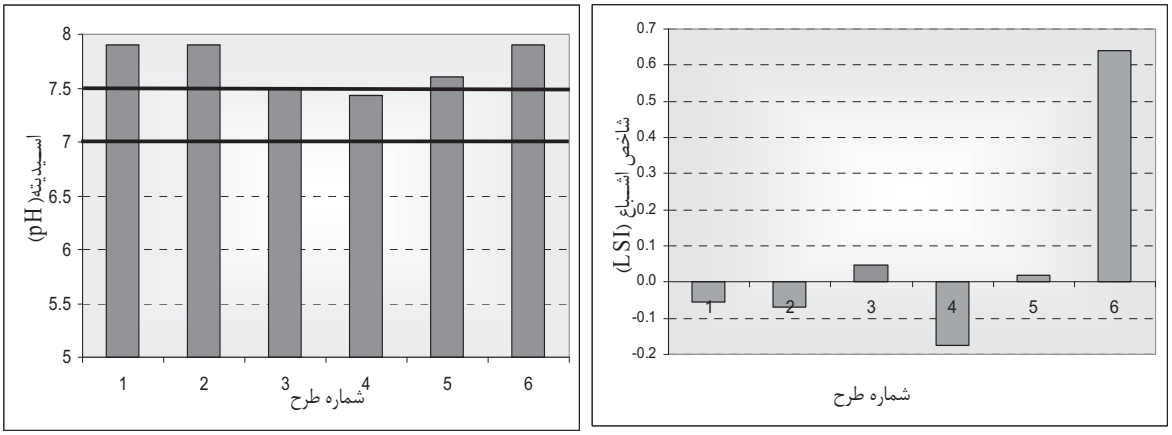
جدول ۲: *نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در طرحهای انتخابی*

شماره طرح	EC (dS/m)	PH	TDS (mg/lit)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	LSI	Ksp	امکانات رسوب	
								کربنات کلسیم	سولفات کلسیم
۱	۲/٤٥	۸/۲	۱٥۷۰	۰/۱۱	–	۱/۱	۱٤/۲	+	+
۲	۳/٥	۸/۰	۲۲٤۰	۰/۰۸	–	۰/٥	۱٥/٦	+	+
۳	۱/۳٤	۸/٦	۸٦۰	۰/۰۸	–	۱/٦	٤۳/۲	+	+
٤	۰/۷۷	۷/۷	٤۹۰	۰/۰۳	–	۰/٤	٦/۲	+	+
٥	۳/۳۲	۷/٥	۲۱۳۰	۰/۱٤	۰/۰۱	۰/۷	٦٥/۹	+	+
٦	۰/۷۸	۷/۷	٥۰۰	۰/۱۱	–	۰/۷	۱۲/۲	+	+
۷	۱/۷۸	۷/۳	۱۱٤۰	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/٦	۳٤/٦	+	+
۸	۱/۰۳	۷/٥	٦٦۰	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۷	۱۸/۹	+	+
۹	۰/٦۹	۷/٥	٤٤۰	۰/۰٥	۰/۰۱	۰/٤	۹/۹	+	+
۱۰	۱/۷۰	۷/٦	۱۰۹۰	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۷	۳۲/٤	+	+

نتایج ارائه شده در جدول (۳) و شکل (۲) حاکی از آن است که خطر گرفتگی خروجیها نسبت به عامل pH در بیشتر طرحها زیاد ارزیابی شده است. خطر گرفتگی نسبت به عامل TDS نیز عمدتا متوسط تا زیاد ارزیابی شده و خطر گرفتگی نسبت به مقدار آهن و کم تا متوسط می‌باشد. با توجه به نقش pH در کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها آسان ترین راه مبارزه با تشکیل رسوب، اسید شویی و کاهش pH است. تزریق اسید در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به دقت و مدیریت خاصی نیاز دارد که معمولاً از عهده کشاورزان ما بر نمی‌آید. لذا اتوماسیون سیستم‌های کنترل مداوم و وجود یک سیستم تزریق اتوماتیک می‌تواند در کنترل گرفتگی قطره چکانها نقش قابل توجهی داشته باشد. در این سیستم‌های اتوماتیک با اندازه گیری مداوم pH و میزان دبی آب آبیاری و با عنایت به درجه خلوص اسید مورد استفاده می‌توان بدون هیچ نگرانی میزان دبی اسید تزریقی را محاسبه و اعمال نمود. این سیستم تزریق می تواند به صورت پیوسته و یا در دوره های زمانی خاص بطور اتوماتیک انجام گردد.

جدول ۳: *طبقه‌بندی خطر گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و آبهای با کیفیت مختلف*

خطر انسداد بر مبنای غلظت			
شامل	غلظت		
	کم	متوسط	زیاد
فیزیکی			
مواد جامد معلق	<۵۰	۵۰ تا ۱۰۰	>۱۰۰
شیمیایی			
pH	<۷	۷ تا ۸	>۸
نمک های محلول	<۵۰۰	۵۰۰ تا ۲۰۰۰	>۲۰۰۰
منگنز	<۰/۱	۱ تا ۱/۵	>۱/۵
آهن	<۰/۱	۱ تا ۱/۵	>۱/۵
سولفید هیدروژن	<۰/۵	۰/۵ تا ۲	>۲
سختی کل	<۱۵۰	۱۵۰ تا ۳۰۰	>۳۰۰
بیولوژیک			
باکتری (جمعیت)	<۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰	>۵۰۰۰۰



شکل ۲: *اسیدیته آب آبیاری و شاخص اشباع لانژیلر برای کیفیت آب در تعدادی از سیستم های مورد مطالعه*

شاخص اشباع لانژیلر

نمایهٔ اشباع لانژیلر[۲] (LSI) بیان کننده میزان تمایل آب به رسوب کربنات کلسیم بوده و تابعی از غلظت کل یونها (TDS)، غلظت یونهای کلسیم (Ca) و بی کربنات (HCo_3)، درجه حرارت آب آبیاری و اسیدیته (pH) آب آبیاری است. تخمین و برآورد میزان رسوب گذاری برای منابع آبی مختلف را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$LSI = pH_m - pH_C$$

که در آن pH_m اسیدیته واقعی آب آبیاری و pH_C اسیدیته تئوری آب آبیاری است. مقادیر عددی مثبت برای LSI بیانگر آن است که پتانسیل رسوب کربنات کلسیم در آب آبیاری وجود دارد. همچنین اگر LSI منفی باشد، احتمال رسوب گذاری نیست. عملاً اگر شاخص از ۰/۵ کمتر باشد، احتمال ته نشین شدن کربنات کلسیم و گرفتگی اندک است. از روابط به دست آمده در تعیین شاخص LSI، می توان کنترل pH مورد نیاز (مقدار اسید) برای جلوگیری از گرفتگی را به دست آورد. مقدار عددی این نمایه برای سیستم های مورد ارزیابی، محاسبه و در جدول (۲) و شکل (۱) نشان داده شده است. در pH های پایین آب (حالت خنثی و اسیدی) امکان رسوب کربنات کلسیم وجود ندارد. بنابراین برای جلوگیری از گرفتگی قطره چکانها در اثر کربنات کلسیم می توان با تزریق اسیدهای مختلفی از قبیل اسید سولفوریک، هیدروکلریک، نیتریک و فسفریک به سیستم آبیاری، اسیدیته، pH آب آبیاری را پایین آورد و روند رسوب گذاری کربنات کلسیم را کاهش داد. بدیهی است که تزریق اسید در سیستم‌های آبیاری به دقت بالا نیاز دارد و خودکارسازی این بخش می‌تواند نقش موثری در کاهش گرفتگی، توسعه و بهبود سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ایفا نماید.

مدیریت آبیاری

یکی از مهمترین مسایل در بالا بردن عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای اعمال مدیریت مناسب در سیستم است، که در طرح‌های اجرا شده در کشور زیاد مورد توجه قرار نمی‌گیرد. مدیریت در آبیاری قطره‌ای شامل کنترل فشار سیستم، اعمال برنامه صحیح آبیاری، بازدید مرتب از شبکه توزیع آب در مزرعه، بازدید از قطره‌چکانها در سطح مزرعه برای پیش‌بینی‌های لازم پیش از وقوع گرفتگی در قطره‌چکانها، اعمال مدیریت صحیح استفاده از کود و ... می‌باشد که بهره‌برداران ما چندان با آن آشنا نیستند. نتایج ارزیابی وضعیت مدیریت آبیاری طرح‌های مورد نظر در جدول (٤) نشان داده شده است. با توجه به جدول مشاهده میگردد که در اکثر مزارع مدیریت ضعیف بوده و این مدیریت ضعیف باعث گردیده تا کیفیت آب ورودی به سیستم پایین و خطر انسداد قطره چکانها در تمام سیستم‌ها وجود داشته باشد. بطوریکه در زمان ارزیابی طرحهای مزبور درصد قابل توجهی از قطره‌چکانها در سطح مزرعه مسدود بودند. همچنین با توجه به جدول مشخص میگردد که پایین بودن فشار کاری سیستم در اکثر مزارع شاخص بوده است، این نقص مدیریتی مسایل مختلفی از جمله افزایش سرعت انسداد قطره‌چکانها و پایین آمدن یکنواختی ریزش در سطح مزرعه را به همراه خواهد داشت. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای در شرایط آب و خاک شور همیشه

2- Langelier Saturation Index

بعنوان محدودیت این سیستم‌ها مطرح بوده است، در صورتیکه با توجه به شرایط آب و خاک و تنوع بسیار بالایی که در انواع این سیستم‌ها وجود دارد، بشرط اعمال مدیریت مناسب می‌توان این سیستم‌ها را برای شرایط مزبور بکار برد. لذا خودکارسازی سیستم های آبیاری قطره‌ای می‌تواند نقش موثری در کاهش مشکلات مدیریتی فوق الذکر داشته باشد. به عنوان مثال کنترل و تنظیم فشار به سادگی با استفاده از سنسورهای مربوطه قابل اندازه‌گیری است که

جدول ٤: *بررسی مدیریت سیستم در طرح‌های آبیاری قطره‌ای منطقه رفسنجان و جهرم*

شماره طرح	خطر انسداد		وجود ذرات فیزیکی در سیستم	شدت گرفتگی قطره چکانها در زمان بازدید	فشار متوسط قطعه آبیاری (atm)	مدیریت استفاده از سیستم		
	شیمیایی	کود				مناسب	متوسط	نامناسب
۱	**	-	*	**	۰/۳		*	
۲	*	-	*	**	۰/٤٥		*	
۳	***	-	*	*	۰/۹٦	*		
٤	***	-	*	**	۰/۹		*	
٥	*	*	*	**	۱/٥٥		*	
٦	**	*	*	***	۰/٥۲	*		
۷	*	*	*	*	۰/٤۸	*		
۸	*	*	*	**	۰/۷٤	*		
۹	*	*	*	***	۰/٥۳	*		
۱۰	*	*	*	**	۰/۷۰		*	
۱۱	*	*	*	**	۰/۹٤	*		
۱۲	**	*	*	**	۰/٥۲	*		

با توجه به وجود تکنولوژی‌های نوین می‌توان با تنظیم تعداد دور پمپ یا تنظیم تعداد واحدهای در حال آبیاری فشار سیستم را ثابت نگه داشت. حتی با استفاده از سیستم اتوماسیون می‌توان به مشکلات شبکه توزیع آب در نقاط مختلف مزرعه دست یافت.

منابع

۱. دهقانی سانیج،ح و م. اکبری. ۱۳۸۵. بررسی نقش مدیریت آبیاری بر عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای. مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری (چشم انداز و توسعه).

۲. رئیسی،ف.، م. یارسی نژاد و م، مشعل. ۱۳۸۵. ارزیابی میدانی گرفتگی شیمیایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در مناطق مختلف ایران. مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری (چشم انداز و توسعه).

۳. زارعی،ق.، م. نخجوانی مقدم و الف، ذوالفقاران. ۱۳۸۵. بررسی علل گرفتگی قطره‌چکانها در شرایط اقلیمی ایران. مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری (چشم انداز و توسعه).

۴. مؤیدی نیا. ۱۳۷۷. تاثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره چکانها در آبیاری قطره ای. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. مصطفی‌زاده، ب.، م. عطائی و س. اسلامیان. ۱۳۷۷. ارزیابی طرحهای آبیاری قطره‌ای اجرا شده در منطقه اصفهان و بررسی امکان اصلاح آنها. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۶. میرلطیفی، م. ۱۳۷۷. بررسی علل گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و ارتباط آن با کیفیت آب در مناطق رفسنجان و جهرم. گزارش پژوهشی شماره ۱۰۳ مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

7. Nakayama F. S. and D. A. Bucks, 1991. Water quality in drip/trickle irrigation. A review, Irrigation Science, 12(4): 187-192.

8. Bucks D. A. and et al., 1979. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. Agricultural Water Management, 2: 149-162.

9. Gilbert R. G. and H. W. Ford, 1986. Trickle Irrigation: Emitter clogging in trickle irrigation for crop production. Design, Operation and Management, Amsterdam: Elsevier, 1986.

10. Ravina I. And et al., 1992. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. Irrigation Science, 13(3): 129-139.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای

علیرضا فراورویی[۱] حمید رضا راجع[۲] وپیمان مشرف[۳]

چکیده

طی این طرح در سیستم آبیـاری قطره ای از سخت افـزار و نرم افـزار کمک گرفتـــه مـی شـود و بـا اسـتفاده از معادله تبخیر تعرق پنمن مانتیث و با استفاده از داده های هواشنـاسی روزانـه، مقدار تبخیر تعـرق و آب مـورد نیـاز گیاه توسط برنـامه کـامپیوتری حسـاب می شود. همچنین، دور و ساعت آبیـاری و پارامترهای مدیریتی با اسـتفاده از معادلات فیزیکی خاک محاسبه می گردد و برنامه در موقعی کـه بـاید آبیـاری صـورت بگیـرد، فرمـــان لازمـه را صـادر می کنـد تـا آبیـاری شروع شود و در سـاعت منـاسب محـاسبه شـده، دسـتور قطـع آبیـــاری را مـی دهـد. دستورات از نرم افزار کامپیوتر دریافت گردیده و به سخت افزار سیستم (شیرهای کنترل برقی) ارسال مـی گـردد و بنابراین ضمن بالا رفتن مدیریت پروژه، میزان و ساعت آبیاری بطور دقیق محاسبه و بدون ثانیه ای تأخیر انجام مـی گردد. مزیت این تحقیق نسبت به روش های قبلی که در خارج از کشور انجـام شده این است که به جـای اسـتفاده از سنسورها (که خود بـاعث ایجاد خطا به علت متغیر بودن بـافت خـاک در یک مزرعه بزرگ می شود) و افزایش هزینه به علت کاربرد این وسایل، از متغیر هـای هواشناسی استفاده گردید. همچنین، در این تحقیـق میـزان صـرفه جویی در مصرف انرژی، پرسنل، آب و افزایش محصول برآورد گردیده است.

کلمات کلیدی: اتوماسیون، آبیاری قطره ای، سنسور و تبخیر و تعرق

مقدمه

نگاهی به تاریخ آب و آبیاری در جهان نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر روش‌هـای متعـددی در زمینـه آبیـاری کشاورزی ابدا شده است. یکی از این روش‌های که به سرعت در کشورهای مختلف رو بـه گـسترش اسـت، روش

---

[۲]- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت و عضو کیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
[۳]- کارشناس آبیاری و عضو کیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
[۳]- کارشناس آبیاری و عضو کیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

آبیاری قطره‌ای[4] است. آبیاری قطره‌ای به کلیه روش‌هایی گفته می‌شود که در آنها آب به مقدار کم و حدود ۱ تا ۱۰ لیتر در ساعت به آرامی در نزدیک گیاه ریخته می‌شود. به همین دلیل این روش‌ها را آبیاری با حجم کم[5] نیز نامیده‌اند. در آبیاری قطره‌ای آب در یک سیستم لوله‌ای در مزرعه توزیع می‌شود و دستگاه یا وسیله مکانیکی که آب از آن به خارج گسیل شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، خروجی یا قطره‌چکان[6] نام دارد.

برای این که بتوان از یک سیستم آبیاری با حداکثر راندمان استفاده کرد، باید دو فاکتور مهم را در نظر گرفت. طراحی صحیح و اصولی و مدیریت قوی و کارآمد. یک سیستم آبیاری با یک طراحی خوب اما بدون مدیریت صحیح دارای راندمان مناسبی نخواهد بود و نتیجه مطلوب را در بر نخواهد داشت. سیستم یا روش آبیاری قطره‌ای، روشی است با قابلیت کنترل و مدیریت بالا به نحوی که از بسیاری جهات می‌توان بر نحوه و چگونگی عمل آبیاری سیستم کنترل داشت. مانند نحوه تعیین قطره‌چکان‌ها، شیفت بندی، کنترل از طریق شیر فلکه‌ها و ... . بنابراین با اعمال یک سیستم مدیریتی قوی می‌توان تلفات آب در نفوذ عمقی را نزدیک به صفر رسانید و تأثیر آن را در صرفه‌جویی آب و افزایش راندمان شاهد بود. طی این طرح در سیستم آبیاری قطره‌ای از سخت افزار و نرم افزار کمک گرفته می‌شود و با استفاده از معادله تبخیر تعرق پنمن مانتیث و با استفاده از داده های هواشناسی روزانه مقدار تبخیر تعرق و آب مورد نیاز گیاه توسط برنامه کامپیوتری محاسبه شده، همچنین دور و ساعت آبیاری نیز با توجه به موارد بالا به صورت روزانه حساب می‌شود. یکی از مزیت‌های این تحقیق نسبت به روش های قبلی که در خارج از کشور انجام شده، این است که به جای استفاده از سنسورها (که خود باعث ایجاد خطا به علت متغیر بودن بافت خاک، ریشه، شیب زمین و ... در یک مزرعه بزرگ می شود) و افزایش هزینه به علت کاربرد این وسایل، از متغیرهای هواشناسی استفاده گردیده است. این کار باعث بالا رفتن دقت محاسبه و کاهش هزینه گردیده و در نهایت آب مورد نیاز گیاه و میزان تبخیر تعرق با دقت بالا محاسبه می گردد و راندمان کلی آبیاری بسیار بیشتر از شیوه‌های معمول خواهد بود.

هدف از اجرای این طرح، پایین آوردن میزان تلفات آب مصرفی در بین زمان قطع و وصل جریان و همچنین کاهش هزینه‌های کارگری و بالا بردن دقت استفاده از سیستم و مدیریت بوسیله اتوماسیون با کمترین هزینه می باشد. بر این اساس حذف پارامترهای خطا ساز (مانند تانسیومتر) و هزینه بر (که در شرایط ایران به سختی قابل اجرا است) از اهداف اصلی می باشد.

روش تحقیق

در انجام یک طرح باید به یک نکته اصلی توجه کرد و آن بازده اقتصادی طرح می‌باشد. برای اینکه بتوان در مورد انجام یک طرح و یا رد آن تصمیم گرفت باید هزینه‌های مربوط به آن و سوددهی طرح محاسبه شود. این کار باید برای طول مدت عمر اقتصادی طرح صورت گیرد. چنانچه نسبت سود به هزینه بیشتر از یک باشد، انجام طرح قابل قبول است و در غیر این صورت طرح دارای بازده اقتصادی نمی‌باشد. برای بررسی طرح سیستم اتوماسیون

4: Trickle
5 : Low Volume irrigation
6 : Emitter - Dripper

آبیاری قطره‌ای و تصمیم گیری در مورد پیشنهاد یا رد آن، این سیستم با یک سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول مورد مقایسه قرار گرفته است. در این مقایسه اقتصادی، اختلاف هزینه‌های هر سیستم و همچنین سود آن ها محاسبه شده که توضیحات کامل هر کدام در بخش مربوطه ذکر شده است.

طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول

: برای بررسی و مقایسه هر چه بهتر، قطعه زمینی با مشخصات جدول زیر به جهت طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول انتخاب شده است.

مشخصات طرح

جدول ۱: *مشخصات طرح سیستم آبیاری قطره‌ای*

ردیف	مشخصات	توضیحات
۱	محل اجرای طرح	منطقه جهرم ـ استان فارس
۲	مساحت زمین	۱۰
۳	نوع سیستم آبیاری	قطره‌ای
٤	نوع کشت	مرکبات
٥	فواصل کاشت	۷ * ۷
٦	منبع آب	چاه
۷	میزان حقابه	۱۰

طراحی

با توجه به طراحی‌های انجام شده و مطابق استانداردها و معیارها، نتایج طراحی به صورت ارایه شد:

دور طراحی: ۱ روز

تعداد شیفت: دو شیفت

تعداد شیر فلکه در هر شیفت: ۵ عدد

دبی هر شیر فلکه: ۲ لیتر بر ثانیه

تعداد قطره چکان: ۹ عدد برای هر درخت

نیاز و ساعت آبیاری: طبق جدول ارائه شده

فشار کارکرد قطره چکان: 10 m

دبی قطره چکان: 4 Lit/s

شایان ذکر است که زمین طبق نقشه دارای شیب % 1.5 در عرض می‌باشد که در برآورد فشار لازم ابتدای پمپ لحاظ شده است. برنامه آبیاری (مقدار و ساعت آبیاری) در ماه خرداد برای باغ مرکبات در هر روز برای هر شیفت در منطقه جهرم به صورت جدول ذیل است.

جدول ۲: *برنامه آبیاری طرح در ماه خرداد*

ماه	دهه	نیاز خالص آبیاری در هر روز (mm)	نیاز ناخالص آبیاری در هر روز (mm)	ساعت آبیاری در هر روز (hr:min)
خرداد	اول	2.865	3.434	4:30
	دوم	4.025	4.825	6:15
	سوم	4.1	4.915	6:20

در حالت دوم، با استفاده از داده‌های جوی و پس از اجرای برنامه، قسمتی از نتایج برنامه به عنوان مثال مطرح می شود:

N.S = 1
SEtc = 13.192631529
SPef = 0
In = 12.438461538
Ig = 13.655089002
Rt = 16.727484027
Ret = 91.090300005
N.D = 1
ModeN.D = 16.727484027
Counter = 0
Outage = 18
==========

N.S = 2
SEtc = 17.377669744
SPef = 0
In = 12.438461538
Ig = 13.655089002
Rt = 16.727484027
Ret = 91.090300005
N.D = 1
ModeN.D = 16.727484027
Counter = 0
Outage = 18
==========

N.S = 1
SEtc = 12.612091324
SPef = 0
In = 12.438461538
Ig = 13.655089002
Rt = 16.727484027
Ret = 91.090300005
N.D = 1
ModeN.D = 16.727484027
Counter = 0
Outage = 18
==========

N.S = 2
SEtc = 16.159779794

SPef = 0
In = 12.438461538
Ig = 13.655089002
Rt = 16.727484027
Ret = 91.090300005
N.D = 1
ModeN.D = 16.727484027
Counter = 0
Outage = 18

با توجه به نتایج بدست آمده، برای مثال از برنامه مشاهده می‌کنیم که در طول ماه خرداد در کل برای دو شیفت ۱۹ بار آبیاری صورت گرفته و در هر نوبت آبیاری ساعت آبیاری برابر است با ۱۶/۷۲۷ ساعت. یعنی در طول یک ماه ۳۱۷/۸۱۳ ساعت آبیاری داشته ایم. اما در طراحی به روش معمول در طول ماه خرداد برای دو شیفت در کل ۳۵٤/۳۲٦ ساعت آبیاری داشتیم که این مقدار ۳٦/۵ ساعت بیشتر از مقدار ساعت تعیین شده توسط سیستم اتوماسیون می‌باشد. این تعداد ساعت تقریباً معادل است با ۱۳۱٤ مترمکعب تلفات آب است. به طور تقریب اگر این عدد را در ٦/۵ ضرب کنیم، می توان مقدار تلفات را در یک سال زراعی بدست آورد که برابر است با ۸۵٤۱ متر مکعب. این مقدار تلفات به خاطر دقیق نبودن میزان و ساعت آبیاری و همچنین نحوه تعیین زمان مناسب برای آبیاری می‌باشد. اما همانطور که در بخش‌های بعد خواهیم دید، تلفات آب دیگری را نیز در سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول شاهد هستیم که مربوط به تعویض شیفت می‌باشد. توضیحات بیشتر در این خصوص بخش مربوطه ذکر شده است.

تئوری طرح

با توجه به اینکه در زمان آبیاری در یک پروژه پارامترهای هواشناسی کاملاً متغیر است، همچنین تغیرات دیگری مانند تغییرات بافت خاک و یا درجه حرارت در نقاط مختلف مزرعه (که باعث عدم مناسب بودن طرح‌های اتوماسیون برای کلیه محصولات زراعی گردیده است) وجود دارد، در این طرح پیش بینی می گردد که در هر روز خاص در منطقه مورد نظر وضعیت به چه منوال تغییر می‌کند و این تغییرات بوسیله نرم افزار و مدل‌های ریاضی بررسی و در هر روز به صورت اتوماتیک دستور انجام آبیاری یا قطع جریان داده می‌شود. پس از جمع آوری اطلاعات، مدل های مورد نیاز برای انجام محاسبات را لیست کرده و سپس با نوشتن برنامه نرم افزاری محاسبات از طریق رایانه انجام شد. دستگاه در هنگامی که باید آبیاری صورت گیرد، فرمان لازمه را صادر می‌کند تا آبیاری شروع شود و در ساعت مناسب و حساب شده، دستور قطع آبیاری را می‌دهد. نکته قوت در این طرح استفاده از شیرهای برقی است که دستورات را از سخت افزارکامپیوتر دریافت کرده و بنابراین ضمن بالا رفتن مدیریت پروژه، میزان ساعات آبیاری دقیق و بدون ثانیه‌ای تأخیر انجام می‌گردد.

در انجام این تحقیق سعی می شود که برآورد دقیق از میزان هزینه در واحد هکتار مربوط به اتوماسیون انجام گیرد تا طرح از نظر اقتصادی نیز بررسی گردد و در نهایت بتوان نسبت به پیشنهاد یا رد آن تصمیم گرفت. از عوامل دیگر که محدود کننده هستند، شرایط مدیریتی است. وقتی دور و ساعت آبیاری توسط طراح مشخص می شود (در قسمت قبل توضیح داده شد که دقیق نیست)، کشاورز لزوماً این طراحی را رعایت نمی کند (تجربه محقق در زمینه

اجرا نشان داده که اصلاً رعایت نمی شود) و با توجه به سلیقه خود زمین یا باغ را آبیاری می کند. حال ممکن است در یک روز هوا ابری باشد یا دما تغییر کند یا باد کمتر یا بیشتر بوزد و عوامل دیگر که تمامی این ها در میزان تبخیر تعرق گیاه تأثیر گذار می باشند. بنابراین اگر این اختیار توسط برنامه طوری تنظیم گردد که در هر روز این داده های هواشناسی به سیستم داده شود، محاسبات به صورت دقیق و روزانه صورت می گیرد و آب در موقعی که واقعاً مورد احتیاج گیاه می باشد، در دسترس آن قرار می گیرد. بسیار واضح است که اگر در این راه تنشی به گیاه از نظر رطوبتی وارد گردد، بسیار زمان کوتاهی خواهد بود که می توان آن را در مقوله کم آبیاری نیز مطرح کرد.

با توجه به مطالب ذکر شده فوق در می یابیم که راندمان تا حد قابل ملاحظه ای افزایش می یابد که بدست آوردن آن یکی از اهداف این طرح می باشد.

نحوه انجام محاسبات

همانطور که گفته شد، در این طرح برای محاسبه میزان تبخیر تعرق از معادله پنمن مانتیث استفاده شده که برای حل این معادله ابتدا بایستی پارامترهای هواشناسی معادله مشخص شود و سپس با بدست آمدن جواب هر یک از این پارامترها بتوان در نهایت مقدار تبخیر تعرق را از معادله پنمن مانتیث بدست آورد. معادله استفاده به صورت زیر است:

$$ETc = \frac{0.408\,\Delta\,(Rn - G) + \gamma\,[\,890 / (T + 273)\,]\,U_{2m}\,(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_{2m})} * Kc \qquad (۱)$$

که در آن:

ETc: تبخیر و تعرق گیاهی (mm/day)

Kc: ضریب گیاهی

T : متوسط دمای روزانه بر حسب درجه سانتیگراد

Tmax: حداکثر دمای روزانه بر حسب درجه سانتیگراد

Tmin: حداقل دمای روزانه بر حسب درجه سانتیگراد

Td: دمای نقطه شبنم بر حسب درجه سانتیگراد

Z: ارتفاع محل از سطح دریا بر حسب متر

Uz: سرعت وزش باد در ارتفاع z ، بر حسب متر بر ثانیه

z: ارتفاعی که سرعت باد در آن اندازه‌گیری شده است بر حسب متر

M: شماره ماه میلادی

D: شماره روز از ماه میلادی

φ: عرض جغرافیایی محل بر حسب رادیان

n: تعداد ساعات واقی آفتابی

محاسبه مقدار و زمان آبیاری

در محاسبه مقدار و زمان آبیاری باید به چند نکته توجه کرد. ابتدا بایستی معین گردد که گیاه چه موقع احتیاج به آبیاری دارد. دیگر اینکه مواردی همچون مقدار بارندگی مؤثر و نیاز آبشویی باید در نظر گرفته شود. با توجه به این توضیحات برای بدست آوردن مقدار و زمان آبیاری باید هر کدام از معادلات آینده نیز حل شود تا در نهایت با مقایسه میزان تبخیر تعرق تجمعی، زمان دقیق قطع یا وصل بدست آید.

۱ - دستور وصل برق و شروع آبیاری

بر اساس تحقیقات و تجربه کارشناسان و محققین روشن شده است که هر درختی نسبت به دور آبیاری مشخصی بهترین بازده را دارا است. مثلاً برای مرکبات دور آبیاری دو روز (یک روز در میان) برای گردو هر شش روز یکبار و برای سپیدار هر روز پیشنهاد می‌شود. بنابراین در برنامه نیز باید این فاکتور متغییر به عنوان داده اولیه در نظر گرفته شود و دور آبیاری به صورتی باشد که درخت دارای بیشترین بازده باشد. حال چگونه می‌توان این فاکتور را در برنامه جای داد. برای اینکار ابتدا دو داده به صورت داده اولیه گرفته می‌شود. یکی دور مطلوب آبیاری و دیگری تبخیر تعرق ماکزیمم درخت برای منطقه مورد نظر. سپس با استفاده از رابطه زیر داریم:

$$D = \frac{d * ETc_{max}}{(fc - pwp) * MAD} \qquad (۲)$$

که در آن d دور مطلوب آبیاری است. با استفاده از رابطه بالا d بدست می‌آید. این مقدار معادل است با عمقی از خاک که باید در هنگام آبیاری رطوبتش به حد fc برسد و با دور D روز دوباره احتیاج به آبیاری پیدا کند. این عمق بر حسب میلیمتر است. حال مشخص شد که با دور d روز چه عمقی از خاک را باید به حد رطوبت fc رساند. مطلوب ما از لحاظ رطوبت، رطوبت در حد fc به عمق D می‌باشد. اما چه مقدار می‌توان اجازه داد تا شروع نوبت بعد آبیاری از این حد رطوبت کاسته شود بدون اینکه به گیاه نیز تنش وارد شود، یا به عبارت دیگر چه موقع زمان مناسب برای شروع آبیاری است؟ پاسخ این سؤال در ضریبی به نام ضریب تخلیه مجاز است.

$$If : (fc * D) - (\Sigma Etc + cte) \leq (MAD * fc * D) \rightarrow \text{Turn on} \qquad (۳)$$

که در آن:

cte: عددی است کارشناسانه

fc: حد ظرفیت زراعی

MAD: ضریب تخلیه مجاز

D: عمق ریشه بر حسب میلیمتر

۲- مقدارخالص آبیاری

برای بدست آوردن مقدار خالص آبیاری از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$In = (\Theta_2 - \Theta_1) * D \qquad (٤)$$

$In \rightarrow (mm)$
$\Theta_1 = fc$

لازم به ذکر است D در فرمول بالا عمق ریشه نمی باشد بلکه عمق محاسبه شده از دور انتخابی و ماکزیمم تبخیر تعرق پیش بینی شده است.

۳ - نیاز آبشویی

$$LR = \frac{ECi}{2ECe_{100\%}}(Etc - P_{ef}) \qquad (٥)$$

$LR \rightarrow (mm)$

که در آن:

ECi: هدایت الکتریکی آب بر حسب میلی موس بر سانتیمتر

$ECe_{100\%}$: هدایت الکتریکی اشباع خاک که کاهش محصول ۱۰۰٪ را باعث می شود.

٤ - مقدار ناخالص آبیاری

برای محاسبه مقدار ناخالص آبیاری باید مقدار خالص بر ضریب یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها (راندمان توزیع) تقسیم شود. قابل ذکر است که راندمان کاربرد در این طرح ۱۰۰ ٪ فرض شده است زیرا سعی شده است که هیچگونه نفوذ عمقی صورت نگیرد و کل آب داده شده در دسترس ریشه درخت می‌باشد.

$$Eu = (1 - 1.27\, Cv / \sqrt{e})\, q_n / q_a \qquad (٦)$$

که در آن:

Cv: ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان (توسط کارخانه سازنده ارایه می‌شود)

e: تعداد قطره‌چکان‌های تخصیص یافته به یک درخت

q_{min}: حداقل دبی قطره‌چکان

q_{ave}: متوسط دبی قطره‌چکان

$$Ig = \frac{In}{Eu} \qquad (٧)$$

$Ig \longrightarrow (mm)$

حال با معلوم بودن مقدار ناخالص آبیاری و معلوم بودن تعداد و دبی قطره‌چکان‌ها و همچنین مساحت مربوط به هر درخت، می‌توان ساعت آبیاری را محاسبه نمود. مسئله مهمی که در اینجا قابل ذکر می باشد، این است که آیا طراحی سیستم درست انجام شده و تعداد قطره‌چکان ها صحیح می‌باشد؟ این امر نیز در این برنامه کنترل می گردد.

برای این منظور به صورت زیر با استفاده از رابطه مربوط به درصد سطح خیس شده تعداد قطره‌چکان‌ها را چک می‌کنیم:

$$Pw = \frac{Se * e * Sw}{Sp * Sr} \qquad (۸)$$

که در آن:

Se: فاصله قطره‌چکان‌ها از روی لوله فرعی بر حسب متر

E: تعداد قطره‌چکان‌های یک درخت

Sw: عرض نوار خیش شده بر حسب متر

Sp: فاصله درختان روی ردیف کاشت بر حسب متر

Sr: فاصله ردیف کاشت بر حسب متر

با توجه به سن گیاه عددی به عنوان Pw به صورت داده اولیه در اختیار برنامه قرار داده می شود. با توجه به تعداد قطره چکان هایی که به برنامه داده شده است، سیستم به محاسبه Pw می پردازد. اگر عدد بدست آمده برای Pw با عددی که به عنوان داده اولیه برای Pw در نظر گرفته شده یکسان باشد، برنامه به ادامه کار خود پرداخته در غیر این صورت وارد یک لوپ شده و تعداد قطره چکان های صحیح را محاسبه کرده و در معادلات بعدی از آن استفاده می کند.

۵ – زمان آبیاری

$$T = \frac{Ig * (Sp * Sr * Ps)}{e * q_a} \qquad (۹)$$

$$T \longrightarrow (hr)$$

که در آن q_a دبی متوسط قطره‌چکان بر حسب لیتر بر ساعت است.

٦ – راندمان آبیاری

در این طرح راندمان آبیاری برابر است با راندمان یکنواختی پخش یا همان راندمان توزیع. زیرا راندمان کاربرد ۱۰۰ ٪ فرض شده است و عملاً تنها عامل مؤثر در کاهش راندمان، یکنواختی پخش است. بنابراین، $E_T = Eu$ بوده و لذا برای تعیین مقدار و زمان آبیاری به دادهای اولیه زیر احتیاج است:

fc: ظرفیت زراعی

Pwp: حد پژمردگی

MAD: ضریب تخلیه مجاز

d: دور مطلوب آبیاری

Eci: هدایت الکتریکی آب بر حسب میلی موس بر سانتیمتر

Ece: هدایت الکتریکی اشباع خاک بر حسب میلی موس بر سانتیمتر

Etc_{max}: تبخیر تعرق حداکثر گیاه

Sp: فاصله درخت روی نوار بر حسب متر

Sr: فاصله ردیف کاشت بر حسب متر

Sw: عرض نوار خیس شده بر حسب متر

Ps: درصد سایه انداز

Se: فاصله قطره‌چکان‌ها از یکدیگر بر حسب متر

q_a: دبی متوسط قطره‌چکان بر حسب لیتر بر ساعت

q_n: دبی حداقل قطره‌چکان بر حسب لیتر بر ساعت

V: ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها

Pt: مقدار بارندگی روزانه بر حسب میلیمتر

Outage: حداکثر تعداد ساعات کار سیستم در طول روز

Pw: درصد سطح خیس شده

نحوه عملکرد برنامه

نحوه عملکرد برنامه به این صورت است که یک سری داده از جمله داده‌های مربوط به آب و خاک، داده‌های جغرافیایی محل، داده‌های مربوط به گیاه و دادهای مربوط به قطره‌چکان‌ها به صورت داده اولیه به برنامه داده شده و سپس داده‌های هواشناسی به صورت روزانه در اختیار برنامه قرار می‌گیرد. برنامه پس از آنالیز داده‌ها و از طریق روابطی که قبلاً ذکر شد، زمان شروع آبیاری، مقدار و ساعت آن را مشخص می‌کند و دستور به شروع آبیاری می‌دهد. این برنامه قابلیت مدیریت همزمان چند شیفت یا قسمت را داشته و بر اساس اولویت نیاز آبی دستور به شروع آبیاری می‌دهد.

برآورد هزینه

با توجه به اینکه کلیه قسمت‌های یک سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول و اتوماتیک مشترک بوده و تنها تفاوت در شیرهای کنترل و مدیریت سیستم می‌باشد، لذا تنها این تفاوت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. برآورد هزینه شامل دو قسمت: ۱- برآورد هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول (در قسمت شیر فلکه‌ها و مدیریت سیستم) و۲- بر آورد هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای (در قسمت شیر فلکه‌ها و مدیریت سیستم) می‌شود.

هزینه سیستم آبیاری قطره ای به روش معمول

هزینه‌های اولیه

با توجه به قیمت روز اقلام مختلف مورد نیاز در سیستم اتوماسیون و عادی (به طور اخص شیر فلکه ها و سیم های برق) برآورد هزینه به شرح زیر انجام گردید:

هزینه شیر فلکه ها: ۱/۰۶۵/۰۰۰ ریال

هزینه‌های جاری (هزینه کارگری) : ۱۵/۱۸۰/۰۰۰ ریال

هزینه تلفات آب

برای محاسبه هزینه تلفات آب و اضافه کارکرد پمپ و استهلاک آن، ابتدا باید معین کرد که در یک تعویض شیفت (باز و بسته کردن شیر فلکه‌ها توسط کارگر) مقدار تلفات آب چه میزان می‌باشد. برای این منظور به سرعت حرکت کارگر احتیاج است. سرعت حرکت کارگر در بهترین شرایط پس از اندازه‌گیری یک متر بر ثانیه در زمین با شیب ۱/۵ ٪ بدست آمده است. با توجه به سرعت حرکت کارگر می‌توان مقدار تلفات آب را بدست آورد. زمان باز کردن یا بستن هر شیر فلکه ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شده است و حرکت کارگر در زمان تعویض شیفت از ابتدای زمین به سمت شیر فلکه‌های شیفت دوم می‌باشد. برای محاسبه تلفات با توجه به نقشه ای که داریم و با استفاده از رابطه‌ی زیر، می‌توان مقدار تلفات آب را در مقاطع مختلف زمانی مربوط به باز کردن یا بستن هر شیر فلکه بدست آورد:

(زمان رسیدن به شیر فلکه + زمان بازکردن یا بستن شیر فلکه)* تعداد شیر فلکه باز شیفت قبل * دبی پمپ
---------- = مقدار تلفات
تعداد شیر فلکه‌های باز

که در آن: مقدار تلفات بر حسب لیتر، زمان بر حسب ثانیه و دبی پمپ بر حسب لیتر بر ثانیه است. جدول (۳) مقدار تلفات آب در تعویض یک شیفت را نشان می دهد.

با توجه به ساعت آبیاری در یک سال زراعی، در طول یک سال زراعی ۲۵۳ روز آبیاری داریم، یعنی ۲۵۳ تعویض شیفت و تلفاتی برابر با ٦٦۵۰ لیتر برای هر تعویض شیفت. بنابراین در طول یک سال زراعی ۱٦۵۷/۱۵ مترمکعب تلفات آب نسبت به حالت بهینه را شاهد هستیم. با توجه به منطقه (جهرم)، برای هر هکتار باغ مرکبات در یک سال زراعی به ۹٤۲۰ مترمکعب آب احتیاج است و با در نظر داشتن راندمان سیستم و نیاز آبشویی این عدد به مقدار ۱۲۷۹۲/٦ مترمکعب افزایش می‌یابد.

پس با توجه به مقدار تلفات آب در یک سال (تلفات مربوط به تعویض شیفت و اضافه آبیاری)، می‌توانستیم مساحتی بالغ بر ۷۹۷۲ مترمربع، برابر با ۱٦۳ اصله درخت (با فواصل کاشت ۷*۷) را کشت کنیم و با در نظر گرفتن عملکرد متوسط ٤۰۰ کیلوگرم در هر سال برای هر درخت و قیمت فروش هر کیلوگرم ۵۰۰۰ ریال، این مقدار تلفات آب معادل ۳۲٦/۰۰۰/۰۰۰ ریال در سال درآمد برای کشاورز می‌باشد. پس هزینه تلفات آب برابر است با ۳۲٦/۰۰۰/۰۰۰ ریال.

هزینه کارکرد پمپ

با توجه به تلفات آب هزینه کارکرد پمپ برابر ۵٦۸۰٤۲ ریال است.

بدین ترتیب کل هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول برابر ۳٤۲/۸۱۳/۰٤۲ ریال است.

جدول ۳: *مقدار تلفات آب در تعویض یک شیفت*

ردیف	شماره شیر فلکه	زمان رسیدن به شیر فلکه (s)	زمان باز کردن یا بستن شیر فلکه (s)	تعداد شیر فلکه باز مربوط به شیفت قبل	تعداد شیر فلکه باز	شماره شیر فلکه‌هایی که تلفات آب از آن‌ها صورت می‌گیرد	مقدار تلفات Lit
۱	6	275	10 O	5	5	1,2,3,4,5	2850
۲	7	50	10 O	5	6	1,2,3,4,5	500
۳	8	50	10 O	5	7	1,2,3,4,5	428.571
٤	9	50	10 O	5	8	1,2,3,4,5	375
٥	10	50	10 O	5	9	1,2,3,4,5	333.333
٦	5	250	10 C	5	10	1,2,3,4,5	1300
۷	4	50	10 C	4	9	1,2,3,4,	266.667
۸	3	50	10 C	3	8	1,2,3	225
۹	2	50	10 C	2	7	1,2	171.428
۱۰	1	50	10 C	1	6	1	100
۱۱	مقدار کل تلفات آب در تعویض یک شیفت					6550 lit	

O: شیر در حال باز شدن و C: شیر در حال بسته شدن

هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای

هزینه اتوماسیون شامل موارد هزینه سیستم رایانه، سوئیچ و سخت افزار مربوط، هزینه کابل، هزینه شیر فلکه برقی ، هزینه نصب و هزینه کارکرد پمپ می‌باشد.

هزینه‌های اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای با توجه به قیمت روز معادل ۲۱/۷٥٤/۲۲۱ ریال برآورد می گردد.

آنالیز اقتصادی

همان گونه که برآورد گردید، هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول معادل ۳٤۲/۸۱۳/۰٤۲ ریال و هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای برابر ۲۱/۷٥٤/۲۲۱ ریال می گردد. از مقایسه این دو مقدار هزینه به این نتیجه می‌رسیم که اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای در همان سال اول دارای توجیه اقتصادی بوده و می‌توان انجام آن را مورد قبول قرار داد. مقدار سود این سیستم در سال اول برابر است با تفاوت هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول با هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای، که برابر است با مقدار زیر:

۳٤۲/۸۱۳/۰٤۲ − ۲۱/۷٥٤/۲۲۱ = ۳۲۱/۰٥۸/۸۲۱ ریال

مقدار سود را می‌توان از رابطه‌ی زیر برای پنج سال محاسبه کرد:

$$F = P\,(1+i)^n \qquad (۱۰)$$

که در آن:

F: سود در سال n

P: مقدار سود (اضاف درآمد) در سال جاری

i: نرخ بهره

n: شماره سال

بنابراین سود در پایان سال پنجم برابر با ۸۱۵/٦۸۰/۰۵۱ ریال است.

بحث و نتیجه‌گیری

توجه به این نکته ضروری است که در کشور ما تقریباً هیچ آبیاری به صورت علمی صورت نمی‌گیرد و نیاز آبی گیاه به طور دقیق محاسبه نمی‌شود. در نتیجه کل سیستم یا کمتر از حد نیاز آب مصرف می‌کند که در این صورت گیاه دچار صدمه می‌شود و یا بیشتر از حد نیاز آب مصرف کرده و باعث هرز آب می‌شود اما در سیستم اتوماسیون آبیاری قطره‌ای نیاز آبی گیاه روزانه و بطور دقیق و علمی محاسبه شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در این سیستم میزان تبخیر تعرق روزانه بر اساس پارامترهای هواشناسی (دما، میزان تابش خالص خورشیدی، سرعت وزش باد، رطوبت هوا، ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی و ...) به طور دقیق محاسبه می‌شود و از این نظر تنها مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار آن قرار گرفته و به مصرف گیاه می‌رسد. به طور مثال در یک روز ابری میزان تبخیر تعرق کمتر از مقدار تبخیر تعرق در یک روز آفتابی است و بنابراین گیاه به آب کمتری احتیاج دارد که در سیستم اتوماسیون این موضوع لحاظ شده و در نظر گرفته می‌شود. اما در سیستم‌های معمول تفاوتی در مقدار و میزان آب آبیاری دیده نمی‌شود. در کل می‌توان این موضوع را بدین صورت مطرح کرد که اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای باعث افزایش راندمان آبیاری سیستم شده و به نوبه خود باعث صرفه جویی در مصرف آب و متعاقب آن می‌توان با آب صرفه‌جویی شده سطح زیر کشت را افزایش داد که باعث سوددهی بیشتر سیستم می‌شود. از نقطه نظر دیگر حتی اگر افزایش سطح زیر کشت را نداشته باشیم، برداشت کمتر آب از سفره‌های آب زیرزمینی را شاهد هستیم که ماحصل آن توسعه پایدار کشاورزی در منطقه می‌باشد.

منابع

۱ - علیزاده. امین. ۱۳۸۳. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- علیزاده. امین. ۱۳۸۰. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۳ - علیزاده. امین. ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

٤ - شکوهی. علیرضا. ۱۳۸۲. اصول، روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری. مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.

۵ - محسنی. نوید. ۱۳۸۳. فرمول‌های مهندسی آب. سازمان علمی دانشجویی مهندسی آب کشور.

٦ - بی ناه. طرح‌های طراحی شده توسط شرکت پیراسته شیراز. مدیریت آب و خاک استان فارس.

7 - Evett, S.R. T.A. Howell, A.D. Schneider, D.F. Wanjura and D.R. Upchurch. 2001 Water Use Efficiency Regulated by Drip Irrigation Control. Proceedings of the International Irrigation Show. Oct.31 to Nov.7, San Antonio, TX. The irrigation Association, Falls Church, VA . Pp.49-56.

8 - Evett, S.R., and J.L. Steiner. 1995. Precision of Neutron Scattering and Capacitance Type Moisture Gages Based on Field Calibration. Soil SCi. Soc. Amer. J. 59:961-968.

9 - Evett, S.R., T.A. Howell, A.D. Schneider, D. Upchurch and D.F. Wanjura. 1996. Canopy Temperature Based Automatic Irrigation Control. Pp . 270-213 In C.R. Camp, E.J. Sadler and R.E. Yoder (eds). Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling . Npv. 3-6, ,san Antonio, Texax ,U.S.A . 1166 pp.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

خودکار سازی و سهولت در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری تحت فشار

محمد جعفر ربیعی‌زاده[1]

چکیده

با توجه به محدود بودن منابع آب و رشد روز افزون جمعیت، جهت تامین منابع غذایی باید کارآیی مصرف آب در بخش کشاورزی را افزایش داد. سیستم های آبیاری تحت فشار بدلیل راندمان بالای آبیاری یکی از موثرترین روشهای افزایش کارآیی مصرف آب می باشند. نوع طرح و کشاورز دو عامل مهم در بهره برداری از پروژه های آبیاری تحت فشار می باشند. طراح با در نظر گرفتن بهره برداری راحت‌تر و کشاورز با بهره برداری طبق دستور طراح، می توانند در بهره برداری صحیح نقش داشته باشند. بهره برداری نادرست باعث کاهش راندمان آبیاری و حتی در برخی موارد، سبب از بین رفتن سیستم می گردد. به همین منظور می توان از خودکارسازی جهت بهره-برداری بهینه در پروژه های آبیاری تحت فشار استفاده نمود. خودکار سازی را می توان در سه بخش: خودکارسازی جهت برآورد نیاز آبی گیاه و تعیین زمان آبیاری، خودکارسازی در خطوط لوله شبکه جهت کنترل جریان آب و خودکارسازی در ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون دسته‌بندی نمود. در پروژه های آبیاری تحت فشار خودکارشده عملیات بهره‌برداری توسط اطلاعات و برنامه های داده شده به دستگاه کنترل مرکزی انجام می‌گردد و لذا کشاورز باید با دستگاه های اپراتوری آشنا و آنها را کنترل نماید و در نگهداری دقت کافی را داشته باشد. در این مقاله سعی شده با شرح بهره برداری سیستم های آبیاری تحت فشار و مشکلات ایجاد شده در اثر بهره برداری نامناسب و شرح مختصری از خودکارسازی، تاثیر خودکار سازی در بهره برداری پروژه های آبیاری تحت فشار تشریح گردد.

کلمات کلیدی: خودکار سازی، بهره برداری و آبیاری تحت فشار

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، محدود بودن منابع آب و مصرف بالای آب در بخش کشاورزی باید از قطره قطره آب به نحو مطلوب استفاده نمود. آبیاری تحت فشار یکی از روشهای کاهش هدر رفت آب می باشد که می-

[1]- کارشناس شرکت مهندسین مشاور ساز آب شرق

توان با مدیریت مناسب کارآیی مصرف آب را (مقدار محصول تولید شده به ازای واحد آب مصرفی) افزایش داد. مدیریت بهره برداری از اصول مهم سیستم های آبیاری تحت فشار می باشد. طراحی و اجرا با بهره برداری درست به نتیجه رسیده و طرح موفق می شود. هنوز بسیاری از کشاورزان در خصوص بهره برداری سیستمهای تحت فشار اطلاعات کافی نداشته و بدون دستور بهره برداری طراح، اقدام به بهره برداری می نمایند. معمولا در بهره برداری طرح ها کارهای دستی برای بهره برداران رضایت بخش و لذت بخش می باشد ولیکن پس از مدتی که کار بصورت تکراری و محیط یکنواخت و دائمی شد، این لذت بخشی به پایان می رسد. خودکار سازی سیستم های آبیاری تحت فشار همراه با مدیریت مناسب سبب سهولت در بهره برداری شده و راندمان آبیاری را افزایش می دهد. Boman و همکاران ر وش خودکار سازی مرکبات را در فلوریدا شرح داده اند [۳]. Shock و همکاران با طرح خودکارسازی آبیاری قطره ای بر روی محصول پیاز در چهار سطح آبیاری با رطوبت خاک در مکش های ۱۰- و ۲۰- و۳۰- و ٤۰- کیلو پاسکال که فرمان آبیاری توسط سنسورهای رطوبتی داخل خاک صادر می شد، اختلاف معنی داری در تولید محصول مشاهده نکردند [٤]. Taley و همکاران با طرح خودکار سازی آبیاری قطره ای بر روی محصول پنبه توانستند ٦۰ درصد مصرف آب را کاهش دهند [٥].

مواد و روش‌ها

در جدول زیر بطور مختصر انواع صدور فرمان جهت بهره برداری در سیستمهای تحت فشار آمده است. در سیستمهای اتوماتیک باز و بسته شدن شیر بطور خودکار انجام شده و می توان بطور دقیق عمق آبیاری را تغییر داد. سیستم های خودکار به دو صورت باز و بسته تعریف می شوند. در سیستم های خودکار باز بهره بردار تصمیم می گیرد

جدول ۱ : *انواع صدور فرمان جهت بهره برداری در سیستمهای تحت فشار*

روش بکار افتادن	شروع دوره آبیاری	معیار بسته شدن شیر	نحوه باز شدن شیر بعدی	ترتیب بکار افتادن شیر	تغییر عمق آب آبیاری
شیر آب دستی	باز شدن با دست	زمان	باز شدن با دست	بدون محدودیت	بر اساس تغییرات فشار یا زمان
شیر آب حجمی	باز شدن با دست	حجم آب	باز شدن با دست	بدون محدودیت	تنظیم شیر با دست
اتوماتیک کامل با زمان یا حجم	اتوماتیک طراحی شده از قبل	زمان یا حجم	خطوط کنترل الکتریکی یا هیدرولیکی	بدون محدودیت	تنظیم بر اساس زمان یا حجم
اتوماتیک کامل با رطوبت خاک	اتوماتیک بر اساس رطوبت خاک	مقدار رطوبت خاک	مستقل از شیرهای دیگر	بترتیبی که خاک خشک می شود	تنظیم وسائل حساس به رطوبت خاک

چه مقدار و چه زمانی آبیاری را انجام بدهد و این برنامه را به کنترلر داده و آبیاری طبق برنامه از قبل تعریف شده بوسیله بهره بردار انجام می شود. تغییرات شرایط محیطی بر روی این سیستم تاثیر ندارد. در سیستم های خودکار بسته، تصمیم آبیاری بر اساس اطلاعات سنسورها صورت می گیرد. در این سیستم نیاز به پارامترهای محیطی (باد، نور، دما،رطوبت خاک و ...) و پارامترهای سیستم آبیاری (فشار، جریان و ...)می باشد.

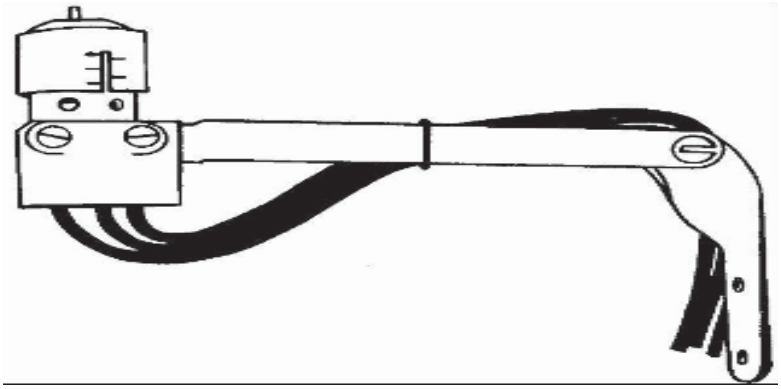
سیستم های خودکار شامل پنج قسمت: ۱- جعبه کنترل مرکزی (Central control box)، ۲- پردازشگرها (Processor or analyzer)، ۳- سنسورها (Sensor)، ٤- پرابها (Probe) و ٥- کامپیوتر کمکی (Backup) می باشند. جعبه کنترل مرکزی قلب سیستم است که اطلاعات نرم افزاری داده شده از قبل را با توجه به خواسته های سخت افزار که از سوی پردازشگر و سنسور ارسال می شود، بررسی و فرمان صادر می نماید. کنترلرها به دو دسته الکترونیکی و الکترومکانیکی تقسیم می شوند. در کنترلرهای الکترومکانیکی از یک ساعت الکترونیکی و کلید های مکانیکی برای فعال کردن ایستگاه ها استفاده می شود. این کنترلرها به نوسانات برق و امواج حساس نمی باشند و اگر برق قطع شود، برنامه آبیاری از بین نرفته و در مدت قطعی برق، برنامه به تاخیر می افتد. کنترلرهای الکترونیکی با تکیه بر مدارهای الکترونیکی، توابع کنترل، حافظه و ساعت (تایمر) را پشتیبانی می کنند. این کنترلرها بسیار حساس به نوسانات برق و امواج می باشند و به همین دلیل نیاز به اقدامات حفاظتی دارند. در شکل ۱ نمونه ای از کنترلر الکترومکانیکی و در شکل ۲ نیز نمونه ای از کنترلر الکترونیکی نشان داده شده است. پردازشگر اطلاعات سنسور را بررسی و پردازش کرده و به کامپیوتر مرکزی ارسال می دارد. سنسورها نیز اطلاعات مربوطه در نوع خودشان را به پردازشگر ارسال می کنند. انتقال اطلاعات بین تمامی بخشها توسط پرابها کنترل می شود

شکل ۱: *کنترلر الکترومکانیکی*

شکل ۲: *کنترلر الکترونیکی*

که به دو شکل کابلی و بی سیمی می باشند. از سیستم کمکی جهت استفاده در مواقع معیوب شدن سیستم اصلی و ثبت اطلاعات مورد نیاز می توان استفاده نمود. تابلوهای کنترل بر اساس قابلیتهای مختلف دارای انواع مختلف می باشند که این قابلیتها عبارتند از: تعداد ایستگاه های آبیاری کنترل کننده، تعداد برنامه قابل دریافت، زمان آبیاری، تعداد استارت در روز، مدت زمان نگه داشتن برنامه آبیاری، قابلیت کارآیی دستی، سیستم پیش بینی بارندگی،

قابلیت استفاده از سنسورهای متفاوت، کود دهی و کلر زنی و اسید شویی، کنترل ضربه قوچ، فاصله زمانی بین ایستگاه ها و کم آبیاری. در شکل ۳ نمونه ای از سیستم قطع و وصل مربوط به بارندگی و در شکل ٤ نیز نمونه ای از یک تابلو کنترل با اجزاء مختلف نشان داده شده است.



شکل۳: *سیستم قطع و وصل مربوط به بارندگی که به هنگام بارندگی برنامه آبیاری قطع می شود.*

خودکار سازی را می توان در سه بخش انجام داد. ۱- بخش برآورد نیاز آبی، ۲- بخش خطوط لوله شبکه (شیرآلات) و ۳- – بخش ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون. خودکار سازی در تمام بخشها بیشترین هزینه و راحت ترین بهره برداری را خواهد داشت. در بخش برآورد نیاز آبی می توان از سه قسمت خاک، گیاه و تبخیر و تعرق استفاده نمود که عبارتند از سنسورهای تخمین رطوبت خاک که می توانند زمان شروع یا خاتمه زمان آبیاری را اعلام کنند، سنسورهای تخمین تنش آبی گیاه که می توانند از روی نمایه های گیاهی زمان شروع یا خاتمه آبیاری را اعلام کنند و دستگاه های محاسبه تبخیر و تعرق که با استفاده از داده های اقلیمی در قالب فرمولهای تعیین نیاز آبی میتوانند مدت آبیاری را تعیین نمایند. در بخش شبکه، از شیرآلات برقی استفاده می شود که طبق برنامه زمانی یا حجم آب یا براساس دستور سنسورهای مربوطه، باز و بسته شده و عملیات آبیاری را انجام می دهند.

شکل ٤: *تابلو کنترل به همراه اجزای آن*

۱- واحد ارتباطات داخل سایت، ذخیره اطلاعات، مرکز اصلی کنترل

۲- کنترلرها ی پمپ و شیر

۳- ارتباط تلفن

٤- پردازشگر

۵- نمایشگر جریان آب

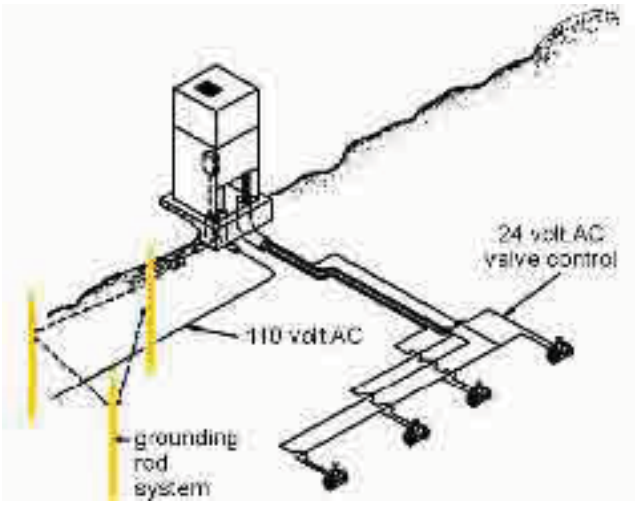
٦- نمایشگرفشار و سطح آب مخزن

۷- راهنمای اتصالات

۸- واحد تنظیم برق و حفاظت امواج

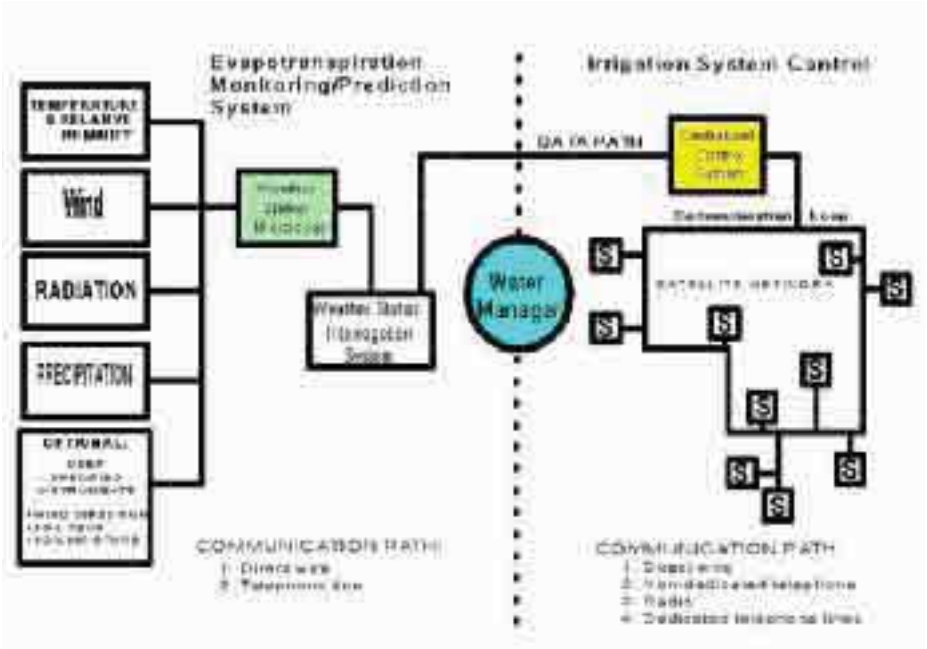
در بخش ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون از خودکار سازی می تواند جهت شستشوی فیلترها، تزریق کـود و اسـید و زمان روشن و خاموش شدن پمپ استفاده کرد. نمونه ای از این سه بخش در شکل های ۵ تا ۷ ارائـه شـده انـد. در شکل ۸ دیاگرامی از سیستم کنترل مرکزی با ورودی داده های هواشناسی جهت کنترل آبیاری نشان داده شده است.

شکل ۵: *سنسور رطوبتی که بوسیله تانسیومتر نیاز آبی تعیین و آبیاری کنترل می‌شود.*



شکل ٦: *نحوه سیم کشی شیرآلات برقی و تابلو کنترل*

شکل۷: واحد کنترل خودکار شستشوی فیلترها بر اساس اختلاف فشار بین جریان ورودی و خروجی فیلتر

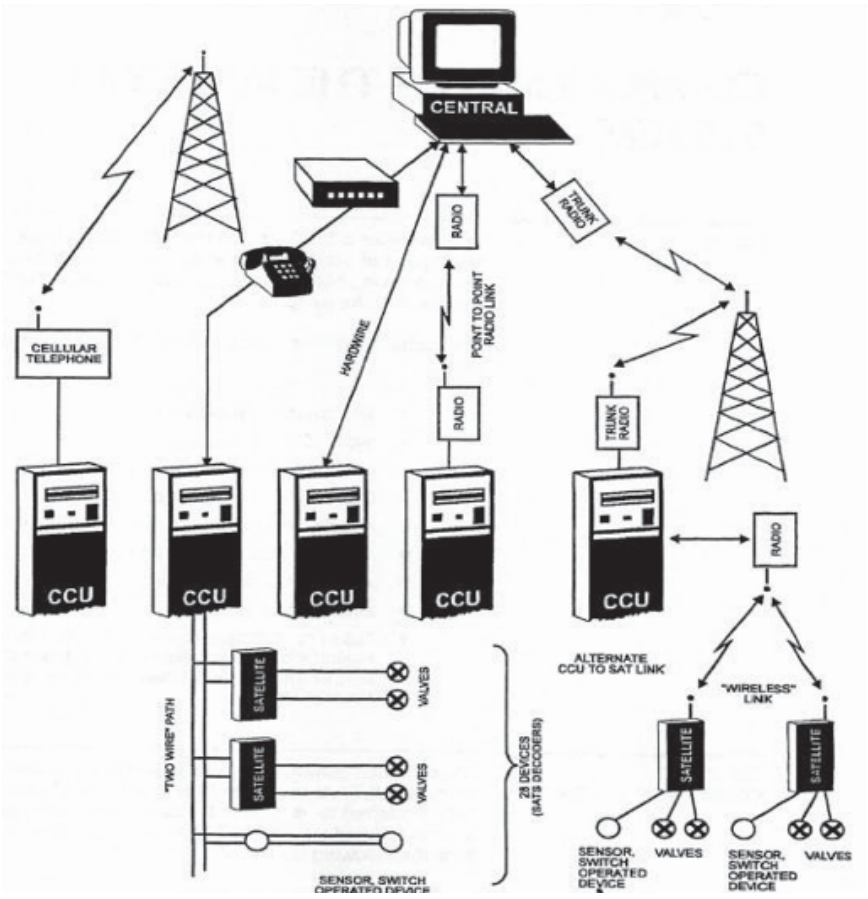


شکل ۸ : *دیاگرامی از یک سیستم کنترل مرکزی با ورودی داده های هواشناسی جهت کنترل آبیاری*

بحث و نتیجه‌گیری

قطعه بندی و برنامه آبیاری باید طوری طراحی گردد که کشاورز بتواند به راحتی بهره برداری نماید. بهره برداری بدون برنامه: ۱ – سبب اختلال در فشار شبکه و متعاقبا اختلاف در دبی های خروجی و کاهش یکنواختی و راندمان آبیاری شده و در مواقعی نیز سبب از بین رفتن تجهیزات آبیاری (گسیلنده ها و...) می شود. ۲– سبب اختلال در فشار و دبی پمپ شده بدین صورت که پمپ در فشار و دبی طراحی کار نکرده و راندمان پمپ کاهش می یابد و در مواردی نیز بدلیل عدم رعایت دبی حداقل و حداکثر پمپ به مشکل بر می خورد. کم گرفتن ساعات آبیاری سبب کاهش قطعات و افزایش ظرفیت سیستم می گردد. همچنین، افزایش ساعات آبیاری سبب افزایش قطعات و کاهش ظرفیت سیستم می گردد. در حالت اول بلحاظ تعداد کمتر قطعات، بهره برداری راحت تر ولیکن هزینه

سیستم بیشتر می باشد. در مواردی کشاورز در مواجه با برنامه آبیاری پیچیده طراح، اقدام به بهره برداری طبق برنامه خود می کند لذا طراح باید برنامه آبیاری مناسبی با بهره برداری ساده ارائه دهد. فواصل زیاد و پراکندگی قطعاتی که همزمان آبیاری می شوند، از عوامل مهم در بهره برداری می باشد و سبب می شود اکثر کشاورزان بـه روش راحـت خود اقدام به بهره برداری نمایند. عدم بهره برداری طبق برنامه نیز سبب کـاهش رانـدمان آبیـاری و معیـوب شـدن سیستم می شود. بطور مثال زمان آبیاری پیش بینی شده ۲۱ ساعت در شبانه روز بوده که کشاورزمی خواهد در ۱۲ ساعت آبیاری را انجام دهد. همچنین، دور آبیاری مطلوب را نیز رعایت نکرده که سبب ایجاد تنش آبی در گیاه مـی شود و لذا باید پراکندگی و فواصل زیاد را اصلاح و از حداقل شیر الات در طـرح اسـتفاده کـرد. در صـورت بهـره برداری طبق برنامه، تکراری بودن و محیط یکنواخت دائمی نیز در عـدم دقـت بهـره بـرداری تـاثیر مـی گـذارد. در سیستم های خودکار بدلیل بهره برداری خودکار در موارد زمان آبیاری، قطعه بندی، برنامه آبیاری، پراکندگی قطعات و آبیاری شبانه انعطاف پذیری افزایش یافته و کشاورز فقط با بازدیدهای دوره ای و کنترل تجهیزات شامل شیرهای برقی، سنسورهای مربوطه، تابلو کنترل مرکزی، محل اتصال سیم ها و مـدیریت مناسـب، میتوانـد بـه بهتـرین بهـره برداری دست یابد. با توجه به امکان کنترل بهره برداری از راه دور در سیستم های خودکار می توان بـدون حـضور در مزرعه مونیتورینگی از نحوه بهره برداری سیستم داشت. بدیهی است که این امر توسط ارتباطـات مـاهواره ای و تلفنی امکان پذیر می باشد. در شکل ۹ ترکیبی از نحوه ارتباطات از راه دور نشان داده شده است.



شکل ۹: *امکان کنترل بهره برداری از راه دور در سیستم های خودکار توسط ارتباطات ماهواره ای و تلفنی*

منابع

۱- بیَ نام. ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار. دفتر مطالعات البرز شرکت خـدمات مهندسـی آب و خاک کشور.

۲- کنترلر هوشمند آبیاری. ۱۳۸۲. گروه صنعتی افرا.

3- Boman, B., S. Smith and B. Tullos. 2002. Control and automation in citrus micro irrigation system. Florida cooperative extension service.

4- Shock, C.C., B.G. Feibert and L.D. Saunders. 1996. Automation of subsurface drip irrigation for onion production. Malheur experiment station.

5- Taley, S.M., R.S. Patode and A.N. Mankar. 1998. Automation in drip irrigation system for cotton growing on large scale, a case study.

6- Zimmerman irrigation inc, irrigation controller and electric valves

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

مدیریت آب در سیستم‌های آبیاری تحت فشار با کنترل مرکزی

غلامرضا بستانیان[۱]، مجید بهزاد[۲] و عدنان صادقی لاری[۳]

چکیده

سیستم های کنترل مرکزی به منظور تنظیم برنامه آبیاری و عکس العمل در مورد تغییر شرایط جوی توسط شرکت های مختلف تولید و به بازار عرضه شده است. حسگرهایی که در این سیستم ها به کار گرفته شده، باعث شده‌اند که سیستم در مقابل تغییرات عوامل مختلف گیاهی، خاک و شرایط اقلیمی مانند سرعت باد، میزان بارندگی، تغییرات درجه حرارت و ... حساس بوده و در برابر این عوامل عکس العمل نشان دهد. با استفاده از این سیستم‌ها می توان ضمن صرفه‌جویی در نیروی انسانی نسبت به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش راندمان‌های آبیاری اقدام نمود. در این مقاله مبانی سیستم‌های کنترل مرکزی و تعدادی از شرکت‌های تولیدکننده سیستم‌های آبیاری تحت فشار موجود در بازار معرفی شده است.

کلمات کلیدی: کنترل مرکزی، حسگر، مدیریت آبیاری، بهینه سازی, آبیاری تحت فشار

مقدمه

یکی از معضلات عمده‌ای که امروزه در بخش کشاورزی با آن مواجه هستیم، مشکل کم‌آبی و از طرفی پایین بودن راندمان سیستم‌های آبیاری می‌باشد. بی‌شک یکی از دلایل این مسئله عدم مدیریت صحیح و نبود نیروی کاری ماهر جهت بهره‌برداری از سیستم‌ها می‌باشد. با افزایش راندمان عملکرد نه تنها در استفاده از آب صرفه‌جویی خواهد شد، بلکه رسیدن به هدف نهایی که حداکثر تولید محصول می‌باشد، ساده‌تر خواهد گردید. معمولاً یک سیستم آبیاری تحت فشار از پنج جزء اصلی شامل پمپ، لوله اصلی، لوله نیمه اصلی، لوله فرعی و خروجی (آبپاش و یا قطره چکان)، تشکیل شده است. اما کارکردن با این اجزاء در کنار لوازم جانبی

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
[۲]- دانشیار آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران
[۳]- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندس علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

دیگری مانند شیرهای برقی جهت قطع و وصل خودکار سیستم، دستگاه‌های کلرزنی، وسایل اندازه گیری آب، فشار سنج ها، دستگاه‌های خودکار تزریق کود و حسگرهای هوشمند تنظیم‌کننده دما، فشار، رطوبت و دیگر عواملی که در ارتباط با بالا رفتن راندمان سیستم تاثیرگذار است، ممکن خواهد شد. تنها در این صورت است که می‌توان یک سیستم را به صورت مرکزی کنترل نمود و راندمان سیستم و در نهایت تولید محصول را به حداکثر رساند. استفاده از حسگرها نه تنها هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را کاهش داده اند بلکه نیاز به نیروی کاری و متخصص جهت کار با سیستم به حداقل ممکن خواهد رسید. شاید استفاده از این حسگرها در بسیاری از مناطق کشورمان جایگاهی نداشته باشد و کشاورزان آشنایی چندانی با این تجهیزات نداشته باشند، اما با ارائه تجربیات کشورهای مختلف در استفاده از این ابزار و همچنین ارائه موفقیت‌هایی که در بالا بردن راندمان تولید بدست آمده، می‌توان نقش مؤثر خودکارسازی و کنترل مرکزی را آشکار ساخت.

بنابراین مدیریت آب در سیستم‌های آبیاری تحت فشار با کنترل مرکزی به این صورت است که تمامی تجهیزات نامبرده در مکانی قبل از لوله اصلی متمرکز شده و تمامی برنامه‌ریزی‌های آبیاری در آنجا صورت خواهد گرفت. در این مقاله چگونگی خودکارسازی سیستم‌ها، نحوه کاربرد تجهیزات هوشمند، مدیریت و برنامه‌ریزی کامپیوتری آبیاری مورد بررسی قرار خواهدگرفت و در نهایت تعدادی از کارخانجات تولیدی تجهیزات و لوازم خودکارسازی که دارای استانداردهای بین‌المللی می‌باشند، معرفی خواهند شد.

مواد و روش‌ها

همانطور که ذکر گردید، برنامه‌ریزی سیستم‌های آبیاری تحت فشار به صورت کنترل مرکزی نه تنها بهره‌برداری از این سیستم‌ها را آسان‌تر کرده، بلکه سبب بالا رفتن راندمان سیستم و در نهایت افزایش محصول تولیدی شده-است. به همین دلیل کنترل مرکزی امروزه با استقبال بی‌نظیر کشاورزان و کارکنان آبیاری رو به رشد است. کنترل و برنامه‌ریزی سیستم‌های آبیاری به صورت مرکزی بیشتر توسط تجهیزات جانبی و نرم‌افزارهای کامپیوتری قابل نصب بر روی آنها امکان‌پذیر است. بنابراین در این بخش از مقاله به بررسی و معرفی تجهیزات جانبی، برنامه‌های کامپیوتری و در نهایت روش خودکارسازی سیستم‌ها پرداخته خواهد شد.

سیستم سنترپیوت (آبیاری عقربه ای)

یکی از سیستم‌های آبیاری تحت فشار که قابل برنامه‌ریزی و کنترل به صورت مرکزی می‌باشد، سیستم آبیاری سنترپیوت است. سیستم‌های سنترپیوت از اولین سیستم‌هایی است که از یک تکنولوژی کنترل کامپیوتری برنامه-ریزی شده (PLC) و دو تابلوی کنترل خودکار می‌باشد. سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت اولین سیستمی در جهان است که از یک کنترل کننده کامپیوتری برنامه‌ریزی‌شده برای کنترل عملیات راه اندازی و متوقف کردن، قطع کن فشار پایین، حرکت روبه جلو و یا عقب، قطع و وصل آب، برگشت و یا توقف اتوماتیک و تنظیم سرعت حرکت (تنظیم زمان گردش دستگاه) می‌باشد. تابلو الکتریکی این سیستم ها توسط شرکت های پیشرو در ساخت و طراحی سیستم‌های کنترل الکتریکی ساخته می شوند. در این تابلوها از یک تکنولوژی ماهرانه استفاده شده که عملکرد

صفحه کنترل اصلی سیستم آبیاری سنترپیوت را بالا می برد. این تابلوها عملکرد دستگاه را در طول کار ثبت کرده و به جهت سهولت کاربرد، همواره رضایت مشتری را جلب می نماید. از دیگر ویژگی‌های کنترل مرکزی این است که می توان سیستم را در مزرعه مجدداً برنامه‌ریزی کرد تا شرایط کار تغییر کند. تابلوهای کنترل مرکزی انعطاف‌پذیر بوده و می‌توان آنها را بر روی هر سیستم آبیاری سنترپیوت نصب کرد. بنابراین، در سیستم‌های سنترپیوت با نصب یک تابلو کنترل به ظاهر ساده اما با تکنولوژی پیشرفته و قابلیت‌های بسیار زیاد، می‌توان ضمن تسهیل کار اپراتور از پیچیدگی کار با دستگاه کاهش داد. از جمله شرکت های سازنده این سیستم ها می توان به *شرکت صنایع الخریف* با نام تجاری *وسترن* در ریاض کشور عربستان سعودی که نمایندگی آن در شرکت کمباین‌سازی ایران می‌باشد، اشاره نمود [۲].

اما خودکارسازی و کنترل مرکزی تنها مختص سیستم‌های سنترپیوت نمی‌باشد، بلکه دیگر سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و متحرک و همچنین سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را می‌توان به صورت مرکزی کنترل و برنامه‌ریزی نمود. مهمترین تجهیزاتی که در خودکار کردن این سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، می توان به سنسورهای هوشمند و حساس به عواملی نظیر باد، دما، رطوبت و فشار نام برد.

کنترل مرکزی

- *شیرهای برقی*: این شیرها را می توان به صورت خودکار طوری برنامه ریزی نمود که زمان قطع و وصل سیستم را با یک برنامه زمانی از پیش تعیین شده، کنترل نماید و اگر قرار بر آبیاری به صورت نوبتی برای هر یک از قطعات زمین های زراعی باشد، نیاز به اپراتور و نیروی انسانی را به حداقل خواهد رساند.
- *سنسور باد*: این حسگرها اغلب در سیستم‌های آبیاری بارانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمل این حسگرها بدین صورت است که طبق برنامه‌ریزی انجام شده توسط کارشناس مربوطه در رابطه با کنترل مرکزی، سرعت‌های باد را برای حسگر تعریف نموده و حسگر توسط گیرنده‌های خود در سرعت‌های باد که از حد مشخصی بالاتر رفته فرمان قطع سیستم را به پمپ ها صادر نموده و عمل آبیاری به خاطر جلوگیری از تلفات تبخیر و باد و افزایش راندمان کاربرد آب متوقف می‌گردد.
- *سنسور رطوبت*: از ساده‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت در مزرعه می‌توان به تانسیومتر اشاره نمود. در حال حاظر نسل جدیدی از تانسیومترها به بازار آمده که حسگرهایی بر روی آنها نصب شده و زمانی که فشار ماتریک آب در خاک به حد مشخصی رسید (قبل از رسیدن گیاه به نقطه پژمردگی و ایجاد تنش در گیاه)، با حرکت عقربه تانسیومتر و قرارگیری عقربه بر روی عدد مربوطه، سنسور فرمان راه‌اندازی مجدد سیستم را به پمپ‌ها صادر نموده و آبیاری آغاز خواهدشد.
- *سنسور دما*: این حسگرها به منظورهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی اینکه قطع دستگاه در دماهای بالا و به منظور جلوگیری از تلف شدن آب در اثر تبخیر زیاد و یا راه اندازی دستگاه به منظور مبارزه با گرما و یا مبارزه با سرما، دیگری اینکه در مجتمع های گلخانه‌ای جهت کاهش دما و افزایش رطوبت در محیط به منظور تعدیل درجه حرارت و یا مبارزه با سرما، فرمان راه‌اندازی سیستم طبق برنامه‌ریزی صورت گرفته انجام خواهد شد.

شرکت Rain Bird امروزه در طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی قابل برنامه‌ریزی و کنترل به صورت مرکزی نظر کارشناسان این صنعت را به خود جلب نموده‌است. شاید یکی از دلایل توسعه سریع محصولات این کاخانه در دیگر کشورها رعایت استانداردها و بالا بودن راندمان محصولات تولیدی باشد. در حال حاظر تعداد قابل ملاحظه ای از کشورهای جهان از محصولات تولیدی این کارخانه استفاده می‌نمایند. بدیهی است که با تحقیق و بررسی می توان سیستم های کنترل مرکزی را در داخل کشور با استانداردهای جهانی تولید و مورد استفاده قرار داد.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق تحقیقات به عمل آمده در رابطه با کاربرد سیستم‌های کنترل مرکزی و قابل برنامه‌ریزی و همچنین مقایسه عمکرد محصول، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، هزینه اپراتور و کارگر ماهر، بهینه‌سازی منابع آب و سادگی کار با سیستم‌های هوشمند در شرایط یکسان با سیستم‌های تحت‌فشار معمولی (غیرقابل برنامه‌ریزی) در ایران و سایر کشورهای استفاده کننده از این سیستم‌ها نشان از افزایش تولید محصول به میزان ۳۰ تا ۳۵ درصد می‌باشد [۱].

شاید تنها عیب سیستم‌های کنترل مرکزی از دیدگاه کشاورزان و حتی کارشناسان آبیاری، بالا بودن سرمایه-گذاری اولیه آن باشد. اما با کمی تأمل در هزینه‌های سالیانه و همچنین افزایش محصول تولیدی می‌توان به اهمیت و نقش این سیستم‌ها و همچنین سودآوری آنها پی برد.

منابع

۱- امین. علیزاده. ۱۳۸۱. اصول طراحی آبیاری قطره ای. دانشگاه امام رضا.

۲- بی نام. بروشورهای فنی شرکت صنایع الخریف. ریاض. عربستان صعودی.

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

سیستمی ساده برای خودکارسازی سیستم‌های آبیاری تحت فشار

امیر اسلامی[۱] و شهرام قائم‌مقامیان[۲]

چکیده

علی رغم گسترش روز افزون سیستم‌های تحت فشار در سطح کشور، تاکنون ۵ درصد اراضی تحت پوشش این سیستم‌ها قرار گرفته و ۹۵ درصد اراضی هنوز بصورت سطحی آبیاری می‌گردند، بنابراین می‌بایست به‌دنبال راهکارهایی بود که کشاورزان بیش از گذشته از اجرای این سیستم‌ها استقبال نمایند. مسئله عمده در جاگزینی این سیستم‌ها با روش های سنتی، اجرای صحیح و سپس اعمال مدیریت بهره برداری درست از این سیستم‌ها است که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، در کاهش هزینه‌های بهره بردار نیز موثر بوده و این امر از طریق افزایش کارآیی مصرف آب امکان پذیر می باشد. هدف از ارائه این مقاله آشنایی محققین، کارشناسان و متخصصین آب با نحوه ساخت سیستمی ساده برای خودکارسازی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار و کاربرد آن در سطح مزارع و گلخانه ها می باشد. برای انجام تحقیق، ابتدا مزرعه مورد نظر انتخاب و پس از اجرای سیستم آبیاری تحت فشار (در صورت نبودن سیستم) که می تواند هم بارانی و هم قطره ای باشد، بسته به یکنواختی بافت خاک و سطح مزرعه مورد نظر یک یا چند سنسور در خاک کارگذاری می شود و توسط کابل های دو رشته ای به مدار مرکزی متصل می گردند. با توجه به تنظیمات مدار مرکزی دستور قطع یا وصل از طریق این مدار به پمپ داده می شود. همچنین، پس از کارگذاری سنسورها در مزرعه و راه اندازی سیستم می بایست در طول دو دور آبیاری کالیبراسیون صورت گیرد. با توجه به بافت خاک، نوع گیاه، عمق ریشه، کیفیت آب و تخلیه مجاز رطوبتی خاک، حد بالای رطوبت و حد پایین آن تعیین می گردد که بر این اساس آب مورد نیاز گیاه تامین می شود. با گذاشتن یک کنتور حجمی میزان آب آبیاری داده شده در طول فصل رشد بدست می آید که در نهایت با مقادیر ذکر شده در منابع از جمله سند ملی آب مقایسه و با توجه به حجم آب آبیاری و مقدار محصول تولید شده، کارآیی مصرف آب نیز محاسبه می گردد.

کلمات کلیدی: خودکارسازی، آبیاری تحت فشار، کارآیی مصرف آب و سنسور

---

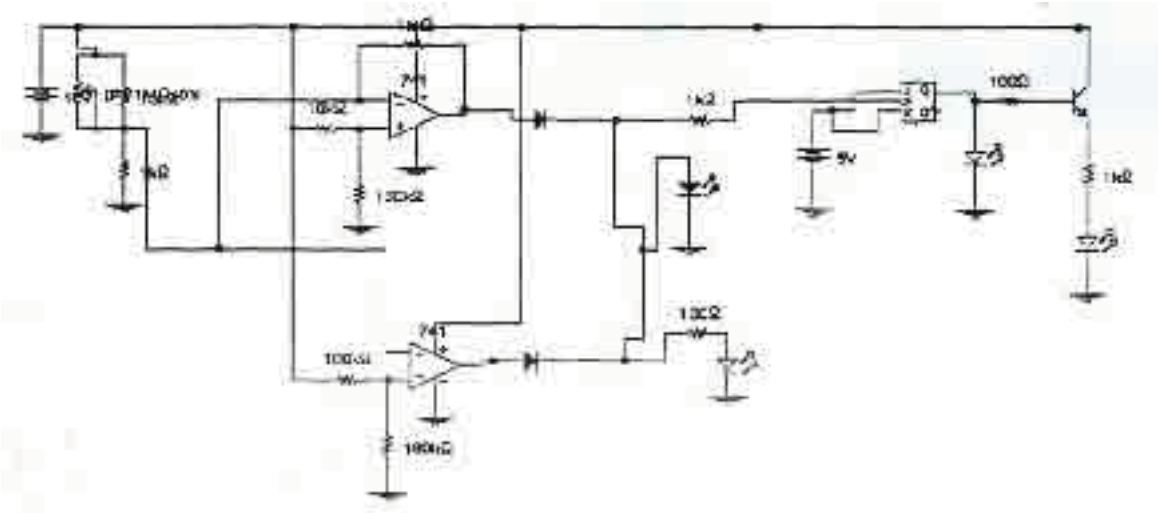
[۱]- عضو هئیت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کرمان

[۲]- کارشناس مدیریت آبخیزداری

مقدمه

علی رغم گسترش روز افزون سیستمهای تحت فشار در سطح کشور تاکنون ۵ درصد از اراضی تحت پوشش این سیستم ها قرار گرفته و ۹۵ درصد اراضی هنوز بصورت سطحی آبیاری می گردند، بنابراین می بایست به دنبال راه کارهایی بود که کشاورزان بیش از گذشته از اجرای این سیستم ها استقبال نمایند. شاید تشویق و ترغیب کشاورزان به تغییر سیستم آبیاری در استانهایی که با کمبود آب مواجه نیستند هنوز جایز نباشد ولی در مناطق کویری مانند کرمان که از نظر کیفی و کمی آب دچار بحران شدید شده اند، نه تنها لازم و ضروری بوده بلکه با راه کارهایی مناسب، این جایگزینی را می بایست ترویج نمود. انجام حمایت های دولت از قبیل تسهیلات با بهره کم راه کاری مناسب می باشد اما کافی به نظر نمی آید. مسئله عمده در جاگزینی این سیستم ها با روش های سنتی اجرای صحیح و سپس اعمال مدیریت بهره برداری درست از این سیستم ها است که علاوه بر صرفه جویی در مصرف آب، در کاهش هزینه های بهره بردار و افزایش تولید نیز موثر می باشد. با توجه به اطلاعات موجود و انجام طرح هایی در زمینه تعیین کارآیی مصرف آب در سیستم های تحت فشار مشخص شده است که مقادیر کارآیی برای محصولات مختلف تفاوت چندانی با روش های سنتی برای همان محصولات ندارد. از جمله علل اساسی در پایین بودن این کارآیی می توان به عدم مدیریت صحیح بهره برداری از این سیستم ها و استفاده بیش از حد از آب مصرفی اشاره نمود که در این راستا نیاز به انجام طرح هایی است که در سطح مزرعه و با مدیریت صحیح بتوان مصرف آب را کنترل نمود. جهت نیل به اهداف فوق از سیستم های اتوماسیون استفاده می شود که در این راستا کارهایی به شرح زیر انجام شده است

قائم مقامیان در سال ۱۳۷۸ پروژه لیسانس خود را تحت عنوان سیستم خودکار آبیاری با توجه به تعدادی گلدان و سیستم قطره ای در آزمایشگاه انجام داده است. اساس کار این سیستم تغییر مقاومت بوده است. بدین ترتیب که با کاهش رطوبت خاک، مقاومت بین دو قطعه زیاد شده و به همان مقداری که پتانسیومتر مدار تنظیم شده بلافاصله پس از رسیدن مقاومت به آن مقدار خروجی مدار، پمپ آب را روشن می نماید و با افزایش مقاومت به همان مقدار که پتانسیومتر دوم تنظیم شده است، خروجی مدار پمپ آب را خاموش می نماید.



شکل ۱: *نقشه مدار آزمایشی سیستم*

مدار الکترونیکی این سیستم مطابق شکل ۱ از چند قطعه Ic، دیود، پتانسیومتر، مقاومت، ترانزیستور، رله، کنتاکتور و ترانس برق ۱۵ ولت DC تشکیل شده است. در این سیستم خودکار از بلوک گچی به عنوان سنسور در خاک استفاده شده‌است. همچنین، عمل کالیبراسیون برای بلوک گچی و مدار سیستم انجام گرفت. نتایج حاصله از آزمایش نشان داد که قطع و وصل پمپ در حد شرایط رطوبتی Fc و Pwp انجام می‌گرفت و حتی اگر مقدار کمی رطوبت به عنوان بارندگی به خاک گلدانها اضافه می‌گردید، دور آبیاری از حالت معمول بیشتر می‌شد. همچنین، مشخص‌شد که استفاده از بلوک گچی به‌عنوان سنسور با توجه به تغییرات مقاومت آن با گذشت زمان توصیه نمی‌گردد.

حیدری و همکاران در سال ۱۳۸٤ تحقیقی بر روی کارآیی مصرف آب محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کشور (کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان) انجام دادند. بر اساس نتایج حاصله از آن متوسط مقدار شاخص کارآیی مصرف آب محصولات زراعی گندم، چغندرقند (شکر تولیدی)، سیب زمینی، ذرت علوفه ای، پنبه، یونجه (وزن خشک)، جو و نیشکر (شکر تولیدی) به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/٦٤، ۲/۰٦، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/٤٦، ۰/۵٦ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب اندازه گیری شده است.

هینمن و همکاران در سال ۲۰۰۰ تحقیقی بر روی باغات سیب به مساحت ۰/٤ هکتار با استفاده از سیستم اتوماتیک آبیاری بارانی جهت جلوگیری از سرمازدگی شکوفه های سیب انجام دادند. سیستم طوری برنامه ریزی شده بود که با توجه به اندازه گیری پارامترهای محیطی (دمای هوا، سرعت باد و رطوبت نسبی) و مقایسهٔ آنها با شرایط مناسب برای شکوفه های سیب و همچنین نیاز آبی آن عمل قطع و وصل پمپ انجام می گرفت. آزمایش در سه دوره سرما در بهار انجام شد. در طی دو دوره از سه دورهٔ سرما سیستم به طور کامل دمای شکوفه ها را بالای سطح بحرانی حفظ کرد و در یک دوره دمای باغ برای مدت کوتاهی به زیر دمای بحرانی رسید که با این حال دمای محیط آزمایش گرمتر از باغاتی بود که آبیاری بارانی نمی شدند. نتایج نشان داد که مصرف آب در طی سه دورهٔ سرما با سیستم اتوماتیک نسبت به آبیاری بارانی در شرایط معمول ۷۲٪ کاهش یافت.

محققان پروژهٔ MSEA در طی چندین سال دو روش آبیاری موجی و بارانی کنترل شده را برای بهبود مدیریت نیتروژن در مساحت ۲۷۳۰۰۰ ایکر از مزارع ذرت مورد آزمایش قرار دادند. منظور از بهبود مدیریت نیتروژن در این تحقیق کاهش کود بکار رفته و کود آبیاری بوده است. در این تحقیق مشخص شد که علاوه بر مدیریت آب در طول فصل رشد، مقدار نیتروژن به کار رفته نیز مهم می باشد. در روش آبیاری بارانی با توجه به کاهش مصرف نیتروژن افزایش راندمان مصرف نیتروژن را در پی داشته است که پس از گذشت چند سال باعث شد آب در کف منطقهٔ ریشه گیاه کیفیت مناسبی پیدا کند. با توجه به هزینهٔ زیاد آبیاری بارانی در مقایسه با آبیاری موجی در صورت استفاده از سیستم اتوماتیک در این روش می توان به نتایج مشابه ای دست یافت. در این آزمایش با توجه به استفاده از سنسورها، شرایط خاک تحت کنترل قرار داشت و بنابراین راندمان آبیاری نیز افزایش یافت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کل آب بکار رفته در مزارع ذرت تا ۱۰٪ کاهش یافت و همچنین در طول ۱۰ سال به کاهش متوسط نیتروژن به کار رفته تا ۲۰٪ کمک کرد. همچنین، در روش کنترل شدهٔ آبیاری موجی یکنواختی در طول شیارها افزایش یافت و نیز مقدار آب داده شده کمتر از نصف آب معمول بود در حالیکه عملکرد ذرت کاهش پیدا نکرد.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

با توجه به اینکه برای انجام این تحقیق نیاز به عملیات آزمایشگاهی می باشد، تهیه لوازمی از قبیل سنسور، Ic، مقاومت، دیود، کابل، پمپ و در صورت نیاز به اجرای سیستم آبیاری تحت فشار، لوله و اتصالات مربوطه الزامی می باشد.

روش انجام کار

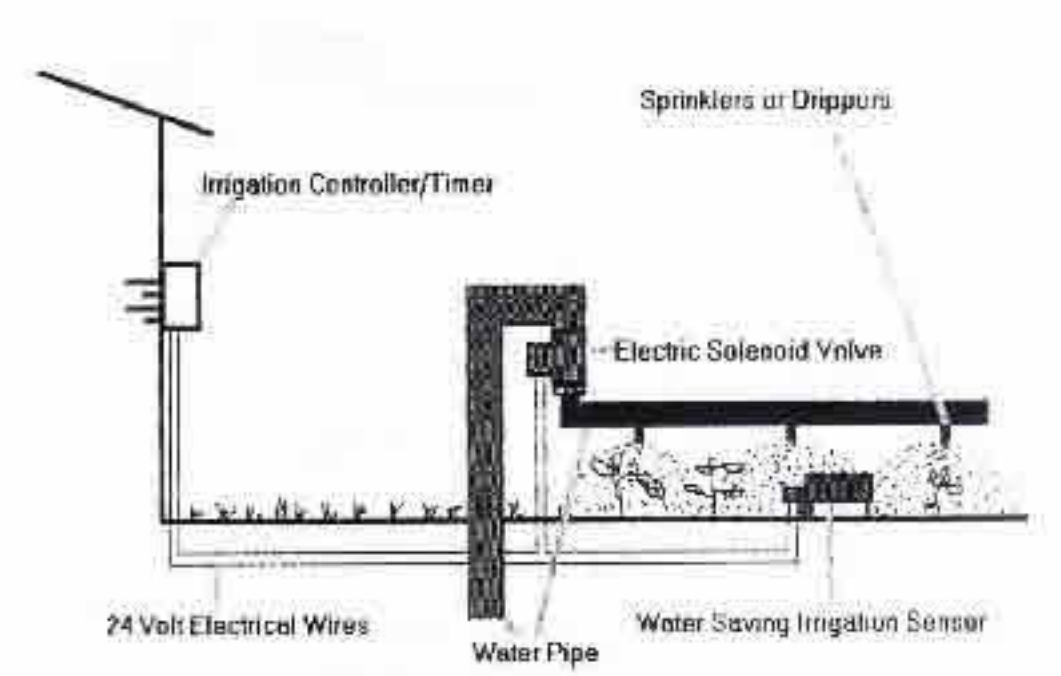
پس از تهیه لوازم مورد نیاز و ساخت مدار مرکزی، مزرعه مورد آزمایش انتخاب و در صورتی که سیستم آبیاری موجود نباشد، می بایست سیستم را اجرا نموده و سپس بسته به یکنواختی بافت خاک و سطح مزرعه مورد نظر یک یا چند سنسور را مطابق شکل (۲) در خاک در عمقی که بیشترین حجم ریشه وجود دارد، کارگذاری شده و توسط کابل های دو رشته ای به مدار مرکزی به عنوان هماهنگ کننده متصل می گردد. با توجه به تنظیمات مدار مرکزی دستور قطع یا وصل از طریق این مدار به پمپ داده می شود.

اساس کار این سیستم بر مبنای تغییر ولتاژ می باشد که در اثر مقاومت سنسور درون خاک صورت می گیرد. در آبیاری بارانی بهترین محل کارگذاری سنسور بین دو پایه ثابت نازل فواره بوده و عمق آن برای گیاهان یک ساله ۳۰ تا ۳۵ سانتیمتری می باشد. پس از کارگذاری سنسورها در مزرعه و راه اندازی سیستم می بایست در طول دو دور آبیاری، کالیبراسیون صورت گیرد و بر اساس آن پتانسیومترهای مدار تنظیم شوند. همچنین، جهت پایین آمدن خطای آزمایش در شروع فصل کشت، مدار و سنسورها دوبارهٔ کالیبره می گردند. جهت نصب و راه اندازی سیستم، ابتدا مدار آن درون یک محفظه شیشه ای کاملاً عایق قرار داده شده و بر روی یک پایه به ارتفاع حداقل یک متر و در محلی مناسب قرار می گیرد. نکته قابل توجه این است که با توجه به کیفیت آب آبیاری، شرایط منطقه و ... اگر نیاز باشد که آبیاری در شب صورت پذیرد، با اضافه نمودن یک فتوسل به مدار و تنظیمات مربوطه این عمل قابل انجام است.

با توجه به بافت خاک، نوع گیاه، عمق ریشه، کیفیت آب و تخلیه مجاز رطوبتی خاک، حد بالای رطوبت و حد پایین آن تعیین شده که بر این اساس آب مورد نیاز گیاه تامین می شود. با گذاشتن یک کنتور حجمی میزان آب آبیاری داده شده در طول فصل رشد بدست آمده که در نهایت با مقادیر ذکر شده در منابع از جمله سند ملی آب مقایسه می گردد. با توجه به حجم آب آبیاری و مقدار محصول تولید شده کارآیی مصرف آب نیز محاسبه و آنالیز اقتصادی صورت می پذیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که ذکر گردید، با تعیین حدود بالا و پایین رطوبت و تعریف آن برای مدار، دستور قطع و وصل به پمپ داده می شود که در این قسمت سنسورها نقش اساسی را ایفا می کنند. بنابراین انتخاب نوع سنسور از اهمیت خاصی برخوردار است. معمولی ترین سنسوری که میتوان به کار برد، بلوک گچی است که با توجه به خصوصیات



شکل ۲: *نحوه قرار گرفتن سنسور و اتصال آن به مدار مرکزی*

آن دقت بالایی ندارد. اخیرا سنسورهای جدیدی به نام HygroFlex Probes وارد بازار شده است که نمونه هـایی از آن در شکل (۳) ارائه شده است. در این سنسورها دما و رطوبت محیط خاک از طریق آن به Transmitter انتقال

شکل ۳: *مدلهای مختلف سنسور* HygroFlex

می یابد و سپس توسط این قسمت به سیگنال استاندارد ۱۰-۰ ولت تبدیل شده و به کارت Data Acquisition انتقال می یابد. این سیگنال در کارت مورد نظر پردازش می گردد و بر اساس نرم افزار تهیه شده بر روی رایانه اطلاعات Log برداری می شود و فرامین لازم از طریق کارت صادر می گردد. همچنین، امکان کاربری و تنظیم برنامه از طریق اینترنت یا تلفن همراه نیز امکان پذیر است.

در شرایط معمول، آبیاری اراضی کشاورزی اکثرا بر اساس دور ثابت برای محصولات مختلف انجام می گیرد در صورتیکه واقعیت چنین نیست و شرایط زمین، گیاه و اقلیم تعیین کننده نیاز آبی گیاه و در نهایت دور آبیاری می باشند. لذا این سیستم به گونه ای خود را با خاک و گیاه وفق می دهد که در حقیقت نیاز آبی گیاه و دور آبیاری را خود گیاه مشخص می کند. همچنین، از مزایای مهم این سیستم ساده برای خودکار کردن آبیاری میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- صرفه جویی در مصرف آب

۲- کاهش هرز آب

۳- آبیاری بر طبق نیاز گیاه

٤- عدم نیاز به نیروی انسانی جهت آبیاری

۵- پایین بودن هزینه ساخت

٦- تعیین دور آبیاری براساس نیاز گیاه و شرایط اقلیمی محیط

۷- افزایش کارآیی مصرف آب

۸- امکان خودکار کردن کلیه سیستمهای آبیاری تحت فشار

۹- امکان کارگزاری سیستم در مزارع، باغات، گلخانه ها و فضاهای سبز

منابع

۱- قائم مقامیان، ش. ۱۳۷۸. سیستم خودکار آبیاری. پروژهٔ دورهٔ لیسانس، دانشگاه آزاد اسلامی کرمان، دانشکدهٔ فنی و کشاورزی، بخش آبیاری. ٦۲ ص.

۲- حیدری، ن. ۱۳۸٤. تعیین کارآیی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ۸٤/۹۸۸. ۱۱۳ ص.

3- Koc, A. B., P. H. Heineman, R. M. Crassweller, and C. T. Morrow. 2000. Automated cycled sprinkler irrigation system for frost protection of apple buds. ASAE vol.16 (39): 231-240.

4- Untitled. Improve cropping systems to protect groundwater quality. http://and.unl.edu/rn/0498/page12.htm

اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری تحت فشار
۳ خردادماه ۱۳۸٦

یکنواختی توزیع نیترات در آبیاری عقربه‌ای تحت مدیریت کودآبیاری گندم و مقایسه با آبیاری جویچه_ای در منطقه باجگاه شیراز[1]

یاسر چغا و علی‌اصغر قائمی[2]

چکیده

از پنج دهه گذشته که مصرف کودهای شیمیایی و سموم بطور گسترده‌ای وارد فعالیت‌های کشاورزی گردیده است، افزایش غلظت املاح زیان‌آور از جمله نیترات‌ها در آبهای زیر زمینی و سطحی در نقاط مختلف رو به تزاید گذاشته و مصرف آنها را دچار مخاطره ساخته است. مدیریت آب و کود نیتروژنی برای افزایش عملکرد و کاهش آلودگی منابع آب، ضروری است. اعمال چنین مدیریتی مستلزم شناخت عوامل موثر بر چرخه نیتروژن خاک می باشد. از جمله عوامل موثر بر این چرخه، اثر یکنواختی توزیع نیتروژن در پروفیل خاک می باشد. هدف از این تحقیق بررسی یکنواختی توزیع نیترات در سیستم آبیاری عقربه ای (Center pivot) تحت مدیریت کود آبیاری گندم می باشد. به همین منظور تحقیقی در مزرعه ای به مساحت ۳۲/۱ هکتار در شمال غرب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه تحت سیستم آبیاری بارانی عقربه ای (کم فشار) و در قطعه ای همجوار با آبیاری بارانی به مساحت ۱۲ هکتار تحت آبیاری جوی و پشته ای انجام شد. به منظور بررسی توزیع یکنواختی کود در سطح مزرعه در چهار ردیف شعاعی با زاویه ۳ درجه (دو دردیف بر روی شیب حداکثر و دو ردیف بر روی شیب حداقل) و به فواصل ٦ متر میخکوبی صورت گرفت. در کنار هر یک از میخها یک عدد قوطی نمونه برداری آب قرار دادیم. غلظت نیتروژن نیتراتی در ردیفهای شعاعی مبنای سنجش و ارزیابی قرار گرفت. برای مشخص نمودن نیتروژن نیتراتی خاک، ٢٤ ساعت پس از آبیاری از هر شعاع ٦ عدد نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتی متر گرفته شد. از مقایسه غلظت نیتروژن نیتراتی در نیمرخ خاک و در داخل قوطی های نمونه برداری، می توان به همخوانی میزان کودی که در داخل قوطی های نمونه برداری قرار دارد با کودی که در نیمرخ خاک ذخیره گردیده است، پی برد. نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کودی اوره (46% N) تامین گردید. این مقدار در سیستم عقربه ای تحت مدیریت کود آبیاری برابر ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار در طول دوره رشد و به ترتیب با مقادیر $N_{7.8}$، $N_{9.4}$، N_{11}، $N_{12.5}$،

۱- برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد

[3]- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

$N_{12.5}$، $N_{15.6}$، $N_{15.6}$، $N_{15.6}$ و $N_{15.6}$ کیلوگرم در هکتار و برای سیستم آبیاری جوی و پشته ای برابر ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بود، که طی دو مرحله با مقادیر N_{200} و N_{150} کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد. میزان عملکرد محصول در سیستم آبیاری عقربه ای و جوی و پشته ای به ترتیب ٤٨٠٠ و ٥٨٠٠ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. نتایج نشان داد توزیع یکنواختی کود در سطوح کودی $N_{7.8}$ و $N_{15.6}$ در امتداد هر شعاع در پروفیل خاک و در داخل قوطی های نمونه برداری به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار بوده است.

کلمات کلیدی: آبیاری عقربه ای ، نیترات، کود آبیاری، گندم و آبیاری جویچه_ای

مقدمه

تقریبا ٦٠ درصد جمعیت کشورهای در حال توسعه از راه کشاورزی امرار معاش می کنند. بهره برداری فشرده، از منابع آب و خاک و افزایش روزافزون مصرف کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی، این دو منبع حیاتی را تهدید می کند. از پنج دهه گذشته که مصرف کودهای شیمیایی و سموم بطور گسترده‌ای وارد فعالیت‌های کشاورزی گردیده است، افزایش غلظت املاح زیان‌آور از جمله نیترات در آبهای زیر زمینی و سطحی در نقاط مختلف رو به افزایش گذاشته و مصرف آنها را دچار مخاطره ساخته است. غلظت نیترات بیش از ده میلی‌گرم بر لیتر در آب شرب موجب بروز امراض از جمله Methemologbinemia،Blue-baby Byndrome و نیز مظنون به بروز عوامل بیماری زایی مثل Nitrosamides و Carcinogenic Nitrosamines می باشد. وجود نیترات در آب زیر زمینی علاوه بر اینکه از طریق آبشویی (Leaching) نیتروژن از منطقه ریشه صورت می گیرد، می تواند ناشی از شکسته شدن ملکول های طبیعی نیتروژن موجود در محیط خاک و کودهای حیوانی نیز باشد. روش کود دهی، نقشی اساسی در کارآیی مصرف کود و عملکرد گیاه دارد. کارآیی مصرف آب نیز تحت تأثیر عملکرد و مقدار آب مصرفی است. با مصرف بهینه کود، می‌توان همراه با افزایش کارآیی مصرف کود، عملکرد و کارآیی مصرف آب را نیز بالا برد. کودهای شیمیایی در کشور عمدتاً به روش پخش سطحی مصرف می‌گردد. به این دلیل کارآیی مصرف کود پایین است.

در کشاورزی افزودن کود به خاک را میتوان به روش‌های مختلف انجام داد که عبارتند از: پخش کود در تمام سطح زمین، نواری و خطی، کپه‌ای، چال کود، محلول‌پاشی، تزریق محلول کودی به داخل تنه، تزریق کود به داخل خاک و کود آبیاری. کودآبیاری عبارتست از مصرف کودهای شیمیایی همراه با آب آبیاری. در این روش محلول کودی (کود محلول)، همراه با آب آبیاری در سیستم آبیاری تزریق و در سطح مزرعه پخش می‌شود. کودآبیاری ممکن است در سیستمهای مختلف آبیاری مثل آبیاری سطحی و یا آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار گیرد. معمولاً سیستم‌های آبیاری تحت فشار که تأسیسات مجهزتری نسبت به آبیاری سطحی دارند، برای کودآبیاری مناسب‌تر هستند. توزیع کود و یا هر مواد شیمیایی دیگر در سطح مزرعه از موارد مهمی است که بر عملکرد محصول تاثیر مستقیم می گذارد و لذا بررسی یکنواختی توزیع آب و کود را در سطح مزرعه بعنوان یک اصل مهم بطور مستمر بایستی مورد ارزیابی قرار داد. روش آبیاری بارانی عقربه ای با آبفشان دوار یکی از انواع آبیاری بارانی است که علاوه بر آبیاری میتواند برای کود آبیاری و یا سم آبیاری محصولات مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار

گیرد. از آنجایی که با استفاده از سیستمهای تزریق کود مثل پمپ تزریق، ونتوری و یا تانک کود میتوان در سیستم آبیاری بارانی اقدام به کود آبیاری نمود، بررسی یکنواختی توزیع کود در سطح خاک و عمق ریشه و در سطح مزرعه از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق به بررسی یکنواختی توزیع نیترات در سیستم آبیاری عقربه ای تحت مدیریت کود آبیاری گندم می پردازیم.

کودهای نیتروژنی، بخاطر آبشویی سریع یون نیترات (NO_3^-) در خاک و همچنین استفاده بیش از حد نیاز آنها، به عنوان یکی از عوامل اصلی آلوده کننده منابع آب شناخته شده اند. به دلیل حلالیت و قابلیت انتقال بالای یون نیترات، آبهای زیرزمینی که تنها منبع آب آشامیدنی بسیاری از مردم کشورهای در حال توسعه است، دایم در معرض تهدید آلودگی به یون نیترات می باشند. از این رو غلظت یون نیترات در آب و حد مجاز آن مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققان در بسیاری از نقاط جهان قرار گرفته است. اگر غلظت نیتروژن نیتراتی در آب آشامیدنی بیشتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر باشد، مصرف آن برای حیوانات کوچک و نوزادان خطرناک می باشد (ماتئوز و همکاران[3]، ۱۹۹۷ و تایسون و همکاران[4]، ۱۹۹۲). همچنین، آبهای زیرزمینی بدون توجه به شرایط اقلیمی در معرض تهدید آلودگی یون نیترات می باشند. در مناطق خشک و نیمه خشک عمق آبیاری به خاطر آبشویی املاح و جلوگیری از تجمع آنها در نیمرخ خاک همواره مقدار بیشتری از تبخیر- تعرق گیاه در نظر گرفته میشود که این پدیده می تواند سبب آبشویی نیترات شود (جلالی و راول[5]، ۲۰۰۳). از سیستم های آبیاری بارانی برای کاربرد کود نیتروژن تحت عنوان کود- آبیاری استفاده میشود. کود- آبیاری سبب یکنواختی پخش کود و افزایش راندمان مصرف آن میگردد (اسدی، ۲۰۰٤ و پاتل[6] و راجپوت[7]، ۲۰۰۰). در سالهای اخیر استفاده از کود- آبیاری در سیستم آبیاری بارانی متداول گردیده و مطالعات زیادی پیرامون آن انجام شده است. لی و همکاران[8]، ۲۰۰۵ تاثیر یکنواختی کود- آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی بر نفوذ عمقی، توزیع نیتروژن در خاک، جذب نیتروژن توسط گیاه و عملکرد محصول را بررسی نمودند و اظهار داشتند که استفاده از سیستم آبیاری بارانی برای پخش کود موجب افزایش یکنواختی پخش کود می شود.

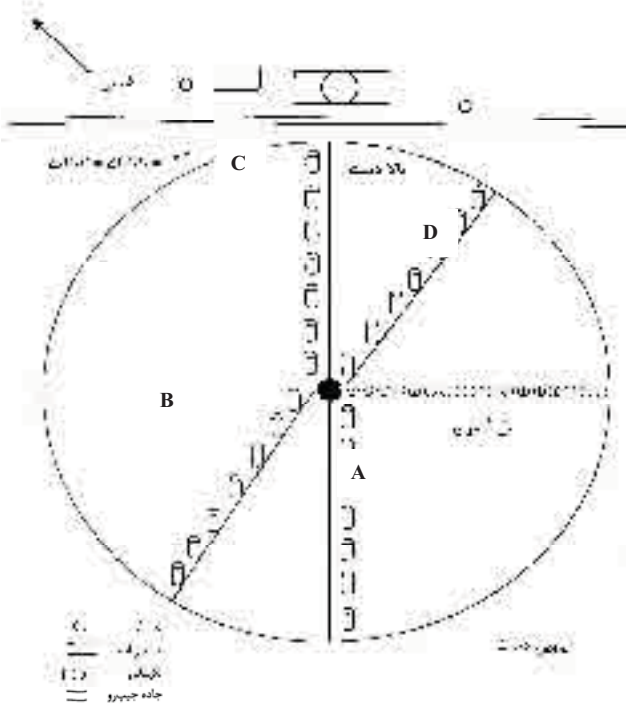
مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه ای به مساحت ۳۲/۱ هکتار در شمال غرب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه (عرض جغرافیایی ′۳٦ °۲٦ و طول جغرافیایی ′۳۲ °۵۲) و ارتفاع از سطح دریا (۱۸۱۰ متر) تحت سیستم آبیاری بارانی عقربه ای (کم فشار) و در قطعه ای همجوار با آبیاری بارانی به مساحت ۱۲ هکتار تحت آبیاری جویچه ای انجام شد. در این مزرعه گندم پاییزه (رقم ۳۰۷۳۲۰) کشت می شد. به منظور بررسی توزیع یکنواختی کود در سطح مزرعه مطابق شکل ۱ در چهار ردیف شعاعی با زاویه ۳ درجه (دو ردیف بر روی شیب حداکثر و دو ردیف بر روی شیب حداقل) و به فواصل ٦ متر میخکوبی صورت گرفت. در کنار هر یک از میخها

[3]- Mateos et. al
[4]- Tyson et. al
[5]- Rowell
[6]- Patel
[7]- Rajput
[8]- Li et. al

یک عدد قوطی نمونه برداری آب قرار گرفت. اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای ردیف های شعاعی با ترازیابی تعیین شد و غلظت نیتروژن نیتراتی در ردیفهای شعاعی مبنای سنجش و ارزیابی قرار گرفت. نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کودی اوره (46% N) تامین می گردد. به منظور کود- آبیاری، اوره به همراه آب با مقادیر مختلف اوره در یک تانک کوچک که در محل استخر تامین آب دستگاه قرار داشت، مخلوط شد و در طی دوره رشد از طریق دستگاه ونچوری به دستگاه عقربه ای تزریق گردید. دستگاه ونچوری قبل از تزریق کود کالیبره گشت تا دبی تزریق کود محلول در آب همواره ثابت باشد. مقدار کود در سیستم عقربه ای تحت مدیریت کود آبیاری برابر ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار، که در طول دوره رشد به ترتیب با مقادیر $N_{7.8}$، $N_{9.4}$، N_{11}، $N_{12.5}$، $N_{12.5}$، $N_{15.6}$، $N_{15.6}$، $N_{15.6}$ و $N_{15.6}$ کیلوگرم در هکتار و برای سیستم آبیاری جوی و پشته ای برابر ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بود، که طی دو مرحله با مقادیر N_{200} و N_{150} کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد.

در این تحقیق نیتروژن خاک به صورت نیتروژن نیتراتی (NO3-N) گزارش می شود. برای مشخص نمودن نیتروژن نیتراتی خاک ٢٤ ساعت پس از آبیاری از هر شعاع ٦ عدد نمونه ازعمق ۰-۳۰ سانتی متر گرفته شد و به روش اسید فنل دی سولفونیک (چپمن[9]، ١٩٦١) نیتروژن نیتراتی خاک مشخص شد. در طول انجام عمل کود- آبیاری از تانک کود، استخر آب، لوله اصلی دستگاه عقربه ای و قوطی های نمونه برداری نمونه آب گرفته شد و غلظت نیتروژن نیتراتی در آزمایشگاه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مشخص گردید.



شکل ۱: *نحوه آرایش قوطی های جمع آوری آب در شبکه اندازه گیری*

[9]- Champman

از مقایسه مقدار نیتروژن نیتراتی در نیمرخ خاک و در داخل قوطی های نمونه برداری، می توان به همخوانی میزان کودی که در داخل قوطی های نمونه برداری قرار داشت با کودی که در نیمرخ خاک ذخیره می گردید، پی برد و با استفاده از معادلات موجود به مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در داخل قوطی های نمونه برداری و نیمرخ خاک در هر شعاع پرداخت. برای نمونه، مطابق با اطلاعات مندرج در جدول شماره ۱ در یکی از مراحل آزمایش $N_{15.6}$ ضریب یکنواختی نیتروژن نیتراتی در آزمایش مورخ ۸۵/۲/۱۹ در داخل قوطی های نمونه برداری ردیف A برابر با ۸۳/۱ درصد و در نیمرخ خاک در عمق ۳۰-۰ برابر با ۸۰/۹ درصد بود.

جدول ۱: *مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری و سطح خاک در مورخ ۸۵/۲/۱۹*

ردیف	شماره محل	نمونه آب (cc)	نیترات آب (mg)	نیترات خاک (kg/ha)	ضریب یکنواختی آب (٪)	ضریب یکنواختی خاک (٪)
A	3	144	1.519	35.9	83.1	80.9
	13	100	1.148	26.0		
	23	164	1.686	41.9		
	33	102	1.165	31.9		
	43	59	0.993	24.0		
	50	100	1.162	24.6		
B	3	151	1.444	29.3	92.1	88.1
	13	138	1.433	24.0		
	23	122	1.587	29.9		
	33	92	1.325	24.6		
	43	63	1.233	20.6		
	50	92	1.256	28.6		
C	3	133	1.203	26.0	86.1	83.3
	13	156	1.175	26.0		
	23	122	1.376	31.3		
	33	66	1.136	24.6		
	43	54	0.789	15.3		
	50	72	0.965	20.6		
D	3	151	1.286	26.0	86.1	84.4
	13	93	1.275	21.3		
	23	123	1.355	32.6		
	33	87	1.193	22.6		
	43	61	0.865	19.3		
	50	103	0.966	20.6		

دستگاه آبیاری بارانی که از قبل در مزرعه نصب شده است دارای شش قطعه (Span) و پنج برج بود. طول کل لوله آبیاری ۳۲۱ متر، شعاع آبیاری ۳۲۳/۵ متر، فشار ورودی ۲٤۰ کیلو پاسکال، دبی ورودی دستگاه ۵۲/۸ لیتر در ثانیه و سطح آبیاری شده ۳۲/۸ هکتار بود. نقشه توپوگرافی زمین از قبل مشخص شده بود لذا شیب زمین در جهات مختلف مشخص گردید. متوسط شیب برای ظرفهای ردیف A و B که روی کمترین شیب و در جنوب غرب مزرعه قرار داشتند برابر ۰/۱٦ – درصد (که از مرکز مزرعه به سمت بیرون مقدار شیب افزایش می یافت) و برای ظرفها

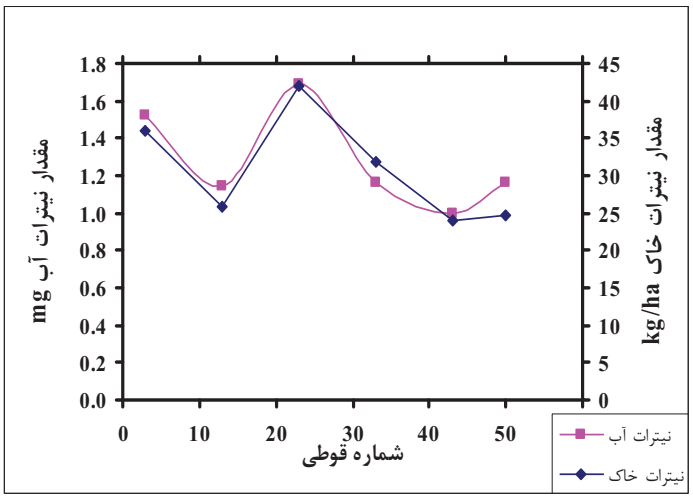
ردیف C و D که روی بیشترین شیب قرار داشتند برابر ۱/۳ – درصد (که از مرکز مزرعه به سمت بیرون مقدار شیب افزایش می یافت) بود. برای تعیین بافت خاک از عمق ۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی متری نمونه برداری صورت گرفت و بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد که در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: *مشخصات فیزیکی خاک مزرعه*

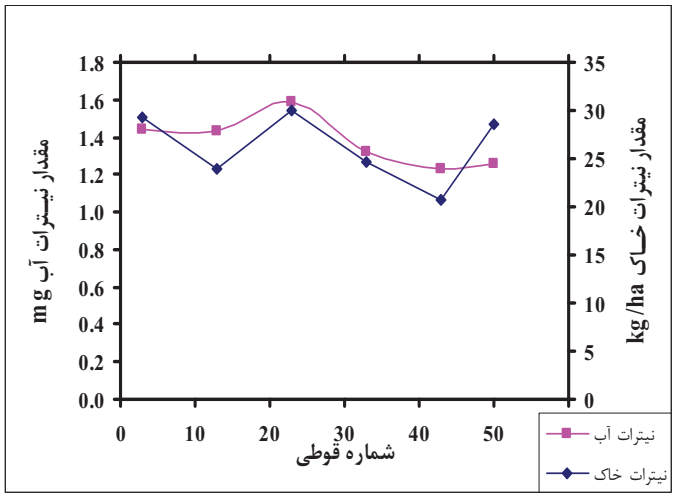
عمق خاک (سانتیمتر)	بافت خاک
۰-۳۰	رسی و شنی
۳۰-۶۰	رسی و شنی سیلت دار
۶۰-۹۰	رسی و شنی سیلت دار
۹۰-۱۲۰	رسی و شنی سیلت دار

بحث و نتیجه‌گیری

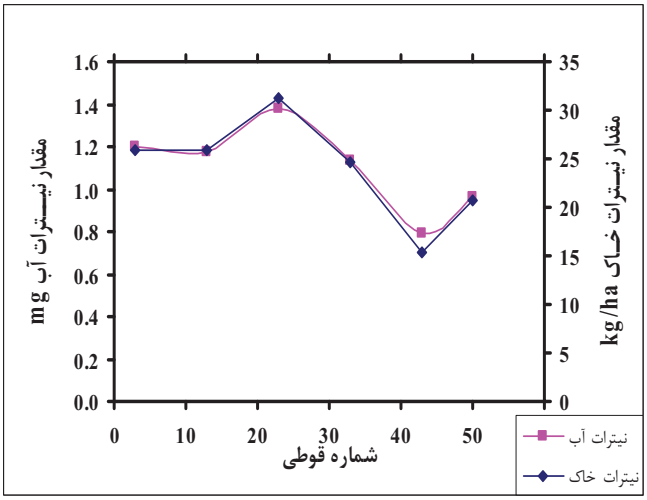
با توجه به اندازه گیریهای انجام شده در مزرعه، به عنوان نمونه منحنی توزیع یکنواختی پخش کود در داخل قوطی های نمونه برداری و نیمرخ خاک در چهار ردیف در اشکال ۲، ۳، ٤ و ٥ در یکی از مراحل آزمایش $N_{15.6}$ در مورخ ۸۵/۲/۱۹ نشان داده شده است. با توجه به نمودارهای رسم شده، میتوان به همخوانی یکنواختی پخش کود در داخل قوطی های نمونه برداری و سطح خاک پی برد. این نتیجه در سایر آزمایشات در طول دوره رشد نیز مشاهده گردید. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، ضریب یکنواختی پخش کود در ردیف هایی که در شیب کمتر قرار دارند(A, B) بزرگتر از ردیفهایی می باشند که در شیب بیشتر(C, D) قرار گرفته اند. میانگین ضریب یکنواختی پخش کود در آزمایشات مختلف در طی دوره رشد در داخل قوطی های نمونه برداری و نیمرخ خاک در عمق ۳۰-۰ در جدول شماره ۳ بیان گردیده است.



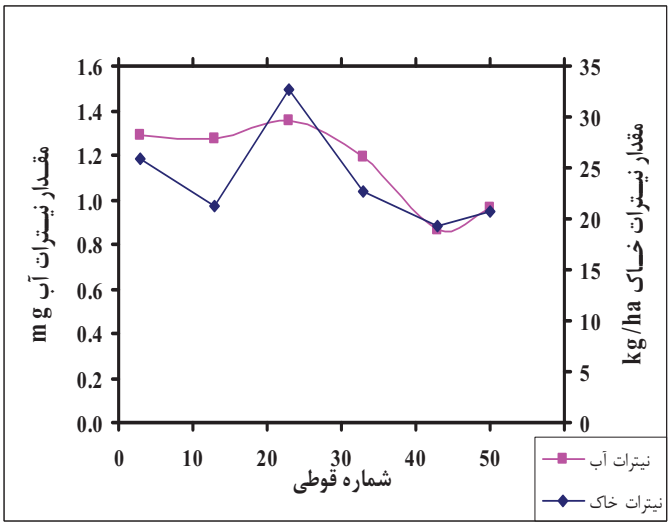
شکل ۲: *مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری و سطح خاک در مورخ ۸۵/۲/۱۹ ردیف A*



شکل ۳: *مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری و سطح خاک در مورخ ۸۵/۲/۱۹ ردیف B*



شکل ٤: *مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری و سطح خاک در مورخ ۸۵/۲/۱۹ ردیف C*



شکل ۵: *مقایسه توزیع یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری و سطح خاک در مورخ ۸۵/۲/۱۹ ردیف D*

جدول ۳. *مقایسه میانگین ضریب یکنواختی پخش کود در قوطی‌های نمونه برداری و نیمرخ خاک در عمق ۳۰-۰ در طی دوره رشد*

کود مصرفی (*kg/ha*)	میانگین ضریب یکنواختی پخش کود در قوطی نمونه برداری (٪)	میانگین ضریب یکنواختی پخش کود در نیمرخ خاک (٪)
7.8	73.6	71.2
9.4	75.4	73.9
11	80.3	77.4
12.5	83.5	80.7
15.6	86.9	84.2

نتایج جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، میانگین ضریب یکنواختی پخش کود در قوطی های نمونه برداری در طی دوره رشد از نیمرخ خاک بیشتر است. نتایج جدول شماره ۳ نشان داد توزیع یکنواختی کود در سطوح کودی $N_{7.8}$ و $N_{15.6}$ در امتداد هر شعاع در نیمرخ خاک و در داخل قوطی های نمونه برداری به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار بوده است. نتایج جدول شماره ٤ نشان می دهد میانگین تولید محصول در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای ٤/٨ تن در هکتار و در سیستم آبیاری جویچه ای ٥/٨ تن در هکتار بوده است.

جدول ٤: *مقادیر عملکرد در انتهای فصل رشد در چهار ردیف در سیستم آبیاری بارانی و مقایسه آن با سیستم آبیاری جویچه ای*

ردیف	شماره محل	تعداد دانه در سنبله	عملکرد کاه و دانه کیلوگرم در هکتار	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار	میانگین عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار
A	3	39	17200	7290	5390
	13	30	13350	4700	
	23	43	16300	6860	
	33	30	14000	5100	
	43	31	14800	5540	
	50	22	13000	2850	
B	3	35	17000	7490	5010
	13	26	14250	5600	
	23	42	13850	2660	
	33	24	15000	5620	
	43	26	12900	4320	
	50	33	15500	4400	
C	3	22	16100	5440	4320
	13	24	11000	3420	
	23	24	14400	5150	
	33	29	12400	4280	
	43	25	8600	2690	
	50	33	12400	4910	
D	3	27	16000	4480	4340
	13	24	13310	4850	
	23	26	13400	5260	
	33	25	11700	4100	
	43	15	12000	4010	
	50	25	10000	3360	
جویچه ای	1	25	17100	7190	5830
	2	35	17300	7390	
	3	23	16220	4640	
	4	25	16700	5880	
	5	21	13370	4040	

میانگین تولید محصول در واحد حجم آب مصرفی (کارآیی مصرف آب) در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای ۰/٦۷کیلوگرم بر متر مکعب و در سیستم آبیاری جویچه ای ۰/٤۸ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید. این مقادیر نشان میدهد در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای ۳۰٪ میانگین تولید محصول در واحد حجم آب مصرفی بیشتر از سیستم آبیاری جویچه ای می باشد. همچنین، میزان کود مصرفی در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای در طول فصل رشد ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار و در سیستم آبیاری جویچه ای ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. این مقادیر نشان می دهد در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای با انجام عمل کود آبیاری میتوان ۷۰٪ در مصرف کود صرفه جویی کرد.

توصیه و پیشنهاد

از آنجائیکه با انجام عمل کود آبیاری در هزینه و وقت میتوان صرفه جویی کرد، لذا آموزش مسائل فنی، مدیریتی، بهره برداری و برنامه ریزی کود آبیاری و دیگر موارد ضروری در ارتباط با سیستم آبیاری عقربه ای به زارعین از طریق کارخانه سازنده یا دفتر بهبود و توسعه روشهای آبیاری، الزامی می باشد.

منابع

۱. بی نام، کاتالوگ دستگاه آبیاری بارانی عقربه ای، شرکت کشت گستر تبریز.

۲. سپاسخواه، علیرضا. ۱۳۸۵. درسنامه طراحی سیستمهای آبیاری تکمیلی کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۲۱٤ صفحه.

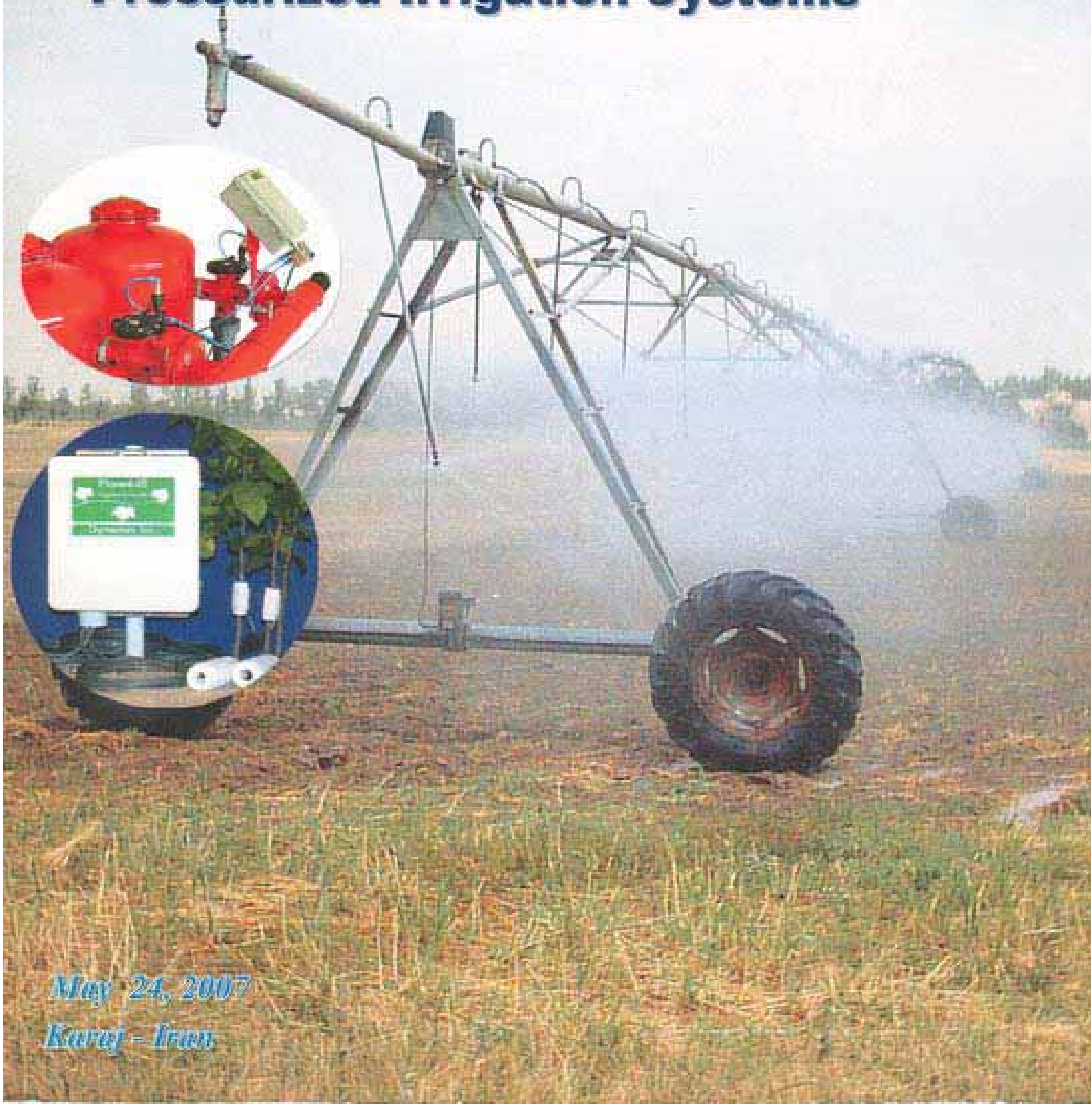
3. Asadi , M.E., Clement, R.S., Gupta, A.D., Loof, R. and Hansen, G.K., 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. Agricultural Water Management, 52: 197-213.
4. Asadi, M.E., 2004a. Effect of irrigation and tillage practices on nitrate leaching. Programme and Abstracts N2004. The third international nitrogen conference, Nanting, China, 12-16 October 2004, P 149.
5. Champman, H.D., P.F. Prati. 1961. Method of analysis for soil plant and water. pp: 105-153.
6. Jalali, M., Rowell, D.L., 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Expl. Agric., 39: 379-394.
7. Li, J., Li, B., Rao, M., 2005. Spatial and temporal distributions of nitrogen and crop yield as affected by no nonuniformity of sprinkler fertigation. Agricultural Water Management, 76: 160-180.
8. Mateos, L., Mantovani, E.C., Villalobos, F.J., 1997. Cotton response to non-uniformity of conventional sprinkler irrigation. Irrigation science, 17: 47-52.
9. Patel, N., Rajput, T.B.s., 2000. Effect of fertigation on growth and yield of onion. In: Micro irrigation, CBIP publication no. 282, pp. 451-454.
10. Tyson, A., Dixon, M.L., Segars, W., 1992. Your drinking Water: Nitrates Ext. Publ. 819-5/ Univ. of Georgia, Athens, GA, USA.

MOJA

AERI

IRNCID

Proceedings of the First Workshop on Automation of Pressurized Irrigation Systems



May 24, 2007

Karaj - Iran