

اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای

علیرضا فرارویی^۱ حمید رضا راجع^۲ و پیمان مشرف^۳

چکیده

طی این طرح در سیستم آبیاری قطره ای از سخت افزار و نرم افزار کمک گرفته می شود و با استفاده از معادله تبخیر تعرق پنمن مانیتث و با استفاده از داده های هواشناسی روزانه، مقدار تبخیر تعرق و آب مورد نیاز گیاه توسط برنامه کامپیوتری حساب می شود. همچنین، دور و ساعت آبیاری و پارامترهای مدیریتی با استفاده از معادلات فیزیکی خاک محاسبه می گردد و برنامه در موقعی که باید آبیاری صورت بگیرد، فرمان لازمه را صادر می کند تا آبیاری شروع شود و در ساعت مناسب محاسبه شده، دستور قطع آبیاری را می دهد. دستورات از نرم افزار کامپیوتر دریافت گردیده و به سخت افزار سیستم (شیرهای کنترل برقی) ارسال می گردد و بنابراین ضمن بالا رفتن مدیریت پروژه، میزان و ساعت آبیاری بطور دقیق محاسبه و بدون ثانیه ای تأخیر انجام می گردد. مزیت 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 در یک مزرعه بزرگ می شود) و افزایش هزینه به علت کاربرد این وسایل، از متغیرهای هواشناسی استفاده گردید. همچنین، در این تحقیق میزان صرفه 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 می دهد که در سالهای اخیر روش های متعددی در زمینه آبیاری کشاورزی ابداع شده است. یکی از این روش های که به سرعت در کشورهای مختلف رو به گسترش است، روش

^۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

^۲ - کارشناس آبیاری و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

^۳ - کارشناس آبیاری و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

آبیاری قطره‌ای^۴ 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^۵ 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^۶ 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 مانیتث و با استفاده از داده‌های 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 روش‌های 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 می‌شود) 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 می‌گردد 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 می‌باشد. بر این اساس حذف پارامترهای خطا ساز (مانند تانسیموتر) و هزینه بر (که در شرایط ایران به سختی قابل اجرا است) از اهداف اصلی می‌باشد.

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 تصمیم‌گیری 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 آن‌ها 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 - استان فارس
۲	مساحت زمین	۱۰
۳	نوع سیستم آبیاری	قطره‌ای
۴	نوع کشت	مرکبات
۵	فواصل کاشت	۷ * ۷
۶	منبع آب	چاه
۷	میزان حقبه	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

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

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 ۳۵۴/۳۲۶ ساعت آبیاری داشتیم که این مقدار ۳۶/۵ ساعت بیشتر از مقدار ساعت تعیین شده توسط سیستم اتوماسیون می‌باشد. این تعداد ساعت تقریباً معادل است با ۱۳۱۴ مترمکعب تلفات آب است. به طور تقریب اگر این عدد را در ۶/۵ ضرب کنیم، می‌توان مقدار تلفات را در یک سال زراعی بدست آورد که برابر است با ۸۵۴۱ 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 تغییرات 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 می‌گردد 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، مدل‌های 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 افزار کامپیوتر دریافت کرده و بنابراین ضمن بالا رفتن مدیریت پروژه، میزان ساعات آبیاری دقیق و بدون ثانیه‌ای تأخیر انجام می‌گردد.

در انجام این تحقیق سعی می‌شود 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 می‌شود (در قسمت قبل توضیح داده شد که دقیق نیست)، کشاورز لزوماً این طراحی را رعایت نمی‌کند (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 مانیتث 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 مانیتث بدست آورد. معادله استفاده به صورت زیر است:

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

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 اندازه گیری 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 واقعی 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 آبتویبی 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 متغیر 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:

$$D = \frac{d * ETC_{max}}{(fc - pwp) * MAD} \quad (2)$$

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.

$$\text{If } (fc * D) - (\Sigma Etc + cte) \leq (MAD * fc * D) \rightarrow \text{Turn on} \quad (3)$$

که در آن:

cte : عددی است کارشناسانه

fc : حد ظرفیت زراعی

MAD : ضریب تخلیه مجاز

D : عمق ریشه بر حسب میلیمتر

۲- مقدار خالص آبیاری

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

$$I_n = (\Theta_2 - \Theta_1) * D \quad (۴)$$

$$I_n \rightarrow (\text{mm})$$

$$\Theta_1 = f_c$$

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 آبتوی

$$LR = \frac{EC_i}{2EC_{e100\%}} (E_{tc} - P_{ef}) \quad (۵)$$

$$LR \rightarrow (\text{mm})$$

که در آن:

EC_i : هدایت الکتریکی آب بر حسب میلی موس بر سانتیمتر

$EC_{e100\%}$: هدایت الکتریکی اشباع خاک که کاهش محصول ۱۰۰٪ را باعث می شود.

۴ - 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 می باشد.

$$Eu = (1 - 1.27 C_v / \sqrt{e}) q_n / q_a \quad (۶)$$

که در آن:

C_v : ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان (توسط کارخانه سازنده ارائه می شود)

e : تعداد قطره‌چکان‌های تخصیص یافته به یک درخت

q_{min} : حداقل دبی قطره‌چکان

q_{ave} : متوسط دبی قطره‌چکان

$$I_g = \frac{I_n - P_{ef}}{Eu} \quad (۷)$$

$$I_g \rightarrow (\text{mm})$$

حال با معلوم بودن مقدار ناخالص آبیاری و معلوم بودن تعداد و دبی قطره‌چکان‌ها و همچنین مساحت مربوط به هر درخت، می توان 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 می باشد؟ 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:

$$P_w = \frac{S_e * e * S_w}{S_p * S_r} \quad (8)$$

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 P_w به صورت داده اولیه در اختیار برنامه قرار داده می‌شود. با توجه به تعداد قطره‌چکان‌هایی که به برنامه داده شده است، سیستم به محاسبه P_w می‌پردازد. اگر عدد بدست آمده برای P_w با عددی که به عنوان داده اولیه برای P_w در نظر گرفته شده یکسان باشد، برنامه به ادامه کار خود پرداخته در غیر این صورت وارد یک لوپ شده و تعداد قطره‌چکان‌های صحیح را محاسبه کرده و در معادلات بعدی از آن استفاده می‌کند.

۵ - زمان آبیاری

$$T = \frac{I_g * (S_p * S_r * P_s)}{e * q_a} \quad (9)$$

T → (hr)

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

۶ - 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، $E_T = E_u$ بوده و لذا برای تعیین مقدار و زمان آبیاری به داده‌های اولیه زیر احتیاج است:

fc: ظرفیت زراعی

Pwp: حد پژمردگی

MAD: ضریب تخلیه مجاز

d: دور مطلوب آبیاری

Eci: هدایت الکتریکی آب بر حسب میلی‌موس بر سانتیمتر

Ece: هدایت الکتریکی اشباع خاک بر حسب میلی‌موس 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 داده‌های 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) و ۲- برآورد هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای (در قسمت شیر فلکه‌ها و مدیریت سیستم) می‌شود.

هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول

هزینه‌های اولیه

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

هزینه شیر فلکه‌ها: 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 شیفیت (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 شیفیت از ابتدای زمین به سمت شیر فلکه‌های شیفیت 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:

$$\text{مقدار تلفات} = \frac{\text{تعداد شیر فلکه‌های باز} \times (\text{زمان بازکردن یا بستن شیر فلکه}) * \text{تعداد شیر فلکه باز شیفیت قبل} * \text{دبی پمپ}}{\text{تعداد شیر فلکه‌های باز}}$$

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 شیفیت را نشان می‌دهد.

با توجه به ساعت آبیاری در یک سال زراعی، در طول یک سال زراعی ۲۵۳ روز آبیاری داریم، یعنی ۲۵۳ تعویض شیفیت و تلفاتی برابر با ۶۶۵۰ لیتر برای هر تعویض شیفیت. بنابراین در طول یک سال زراعی ۱۶۵۷/۱۵ مترمکعب تلفات آب نسبت به حالت بهینه را شاهد هستیم. با توجه به منطقه (چهرم)، برای هر هکتار باغ مرکبات در یک سال زراعی به ۹۴۲۰ مترمکعب آب احتیاج است و با در نظر داشتن راندمان سیستم و نیاز آبتوی این عدد به مقدار ۱۲۷۹۲/۶ مترمکعب افزایش می‌یابد.

پس با توجه به مقدار تلفات آب در یک سال (تلفات مربوط به تعویض شیفیت و اضافه آبیاری)، می‌توانستیم مساحتی بالغ بر ۷۹۷۲ مترمربع، برابر با ۱۶۳ اصله درخت (با فواصل کاشت ۷*۷) را کشت کنیم و با در نظر گرفتن عملکرد متوسط ۴۰۰ کیلوگرم در هر سال برای هر درخت و قیمت فروش هر کیلوگرم ۵۰۰۰ ریال، این مقدار تلفات آب معادل ۳۲۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال در سال درآمد برای کشاورز می‌باشد. پس هزینه تلفات آب برابر است با ۳۲۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال.

هزینه کارکرد پمپ

با توجه به تلفات آب هزینه کارکرد پمپ برابر ۵۶۸۰۴۲ ریال است.

بدین ترتیب کل هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول برابر ۳۴۲/۸۱۳/۰۴۲ ریال است.

جدول ۳: مقدار تلفات آب در تعویض یک شیفت

ردیف	شماره	زمان رسیدن	زمان باز کردن	تعداد شیر فلکه	تعداد شیر فلکه‌هایی که	مقدار تلفات
	شیر فلکه	به شیر فلکه (s)	یا بستن شیر فلکه (s)	باز مربوط به شیفت قبل	تلفات آب از آن‌ها صورت می‌گیرد	Lit
۱	6	275	10 O	5	5	2850
۲	7	50	10 O	5	6	500
۳	8	50	10 O	5	7	428.571
۴	9	50	10 O	5	8	375
۵	10	50	10 O	5	9	333.333
۶	5	250	10 C	5	10	1300
۷	4	50	10 C	4	9	266.667
۸	3	50	10 C	3	8	225
۹	2	50	10 C	2	7	171.428
۱۰	1	50	10 C	1	6	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 ۲۱/۷۵۴/۲۲۱ ریال برآورد می‌گردد.

آنالیز اقتصادی

همان گونه که برآورد گردید، هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای به روش معمول معادل ۳۴۲/۸۱۳/۰۴۲ ریال و هزینه اتوماسیون سیستم آبیاری قطره‌ای برابر ۲۱/۷۵۴/۲۲۱ ریال می‌گردد. 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:

$$۳۴۲/۸۱۳/۰۴۲ - ۲۱/۷۵۴/۲۲۱ = ۳۲۱/۰۵۸/۸۲۱ \text{ ریال}$$

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

$$F = P (1 + i)^n \quad (10)$$

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 ۸۱۵/۶۸۰/۰۵۱ 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 می‌تواند 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.
- ۴ - 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.
- ۶ - بی‌نا. 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.