

## طراحی و ارزیابی شیر کنترل اتوماتیک ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی به جویچه

بی‌تا مروج الاحکامی<sup>۱\*</sup>، بهروز مصطفی زاده فرد<sup>۱</sup>، منوچهر حیدرپور<sup>۱</sup>، سید سعید اسلایان<sup>۱</sup> و جابر روحی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۳)

### چکیده

بیشتر سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای به علت فرونشت عمقی در بالادست مزرعه و رواناب در پایین دست مزرعه عملکرد ضعیفی دارند. جهت رفع این مشکل نوآوری در زمینه بهبود بازده سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای بسیار مؤثر است. ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی با توجه به شرایط مزرعه شامل شیب، بافت خاک و طول جویچه تاثیر قابل توجهی بر صرفه‌جویی در مصرف آب دارد. به‌منظور ایجاد و کاربرد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی آب به جویچه، در این مطالعه یک شیر کنترل اتوماتیک که نیروی محرکه آن از طریق یک موتور تأمین می‌گردد طراحی شد که توانایی تغییر دبی جریان ورودی به جویچه نسبت به زمان را بر اساس هیدروگراف جریان ورودی مورد نظر دارا بود. مزرعه آزمایشی در دانشگاه صنعتی اصفهان قرار داشت. در این مزرعه، دستگاه انتقال آب به جویچه شامل شیر کنترل طراحی شده نصب گردید و آزمایش با هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی به جویچه‌ها انجام شد. مقایسه ارقام اندازه‌گیری شده دبی جریان ورودی آب به جویچه با نمودار حاصل از شیر کنترل اتوماتیک برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی نشان داد که شیر کنترل اتوماتیک با دقت نسبتاً خوبی قادر به ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، هیدروگراف جریان ورودی، شیر کنترل اتوماتیک

۱. گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه الکترونیک، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان

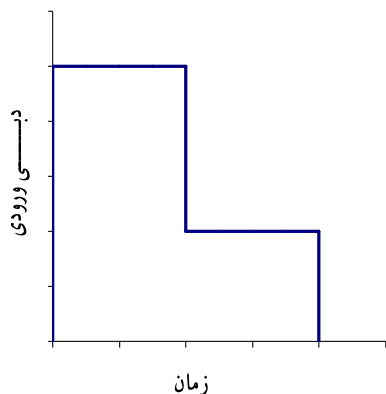
\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bita.moravej@gmail.com

## مقدمه

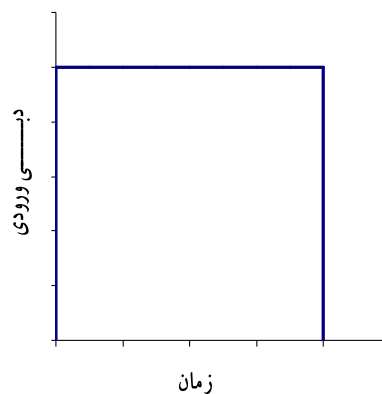
عملکرد آبیاری نواری نشان داد که به طور کلی الگوی دبی کاهش یابنده به علت فرونشست عمقی کمتر و راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد نسبت به سایر الگوها عملکرد نسبی بهتری را دارد (۳). بر اساس مطالعات انجام شده با اتوماسیون نمودن سیستم آبیاری سطحی می‌توان جریان ورودی و در نتیجه زمان قطع جریان ورودی را به منظور بهبود عملکرد آبیاری تنظیم کرد (۶، ۷، ۱۰ و ۱۲). یکنواختی توزیع آب در یک سیستم آبیاری اتوماتیک بر اساس تأمین کمبود رطوبت خاک در طول مزرعه است. در راستای اتوماتیک کردن سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای می‌توان به سیستم آبیاری جویچه‌ای کات بک و سرج اشاره کرد (۷). گوئل و همکاران (۶) طی آزمایش‌های مزرعه‌ای در آبیاری جویچه‌ای به روش کابلی نتیجه گرفتند که سیستم آبیاری کابلی در مقایسه با دیگر سیستم‌های آبیاری سطحی یکنواختی بیشتری را ایجاد می‌نماید. تروت و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که آبیاری نواری کابلی در مقایسه با سایر سیستم‌های اتوماتیک آبیاری نواری به هزینه کمتری نیاز دارد. دبی جریان ورودی تأثیر زیادی بر نفوذ در طول جویچه و در نتیجه راندمان کاربرد آب و یکنواختی توزیع آب دارد و از طرفی ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی با توجه به شرایط مزرعه شامل شیب، بافت خاک و طول جویچه تأثیر قابل توجهی بر صرفه‌جویی در مصرف آب دارد (۹).

مصطفی زاده و اسروش (۱۰) بر اساس تغییر دور موتور پمپ آب و در نتیجه تغییر جریان خروجی از پمپ، هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی را اعمال کردند. شیر کنترل‌های اتوماتیک موجود در آبیاری از جمله شیر کنترل سلونوید امکان تنظیم شیر کنترل در دو حالت باز و بسته را دارند. بنابراین ضروری است که یک شیر کنترل اتوماتیک برای ایجاد الگوهای متفاوت جریان ورودی طراحی و برنامه‌ریزی شود. شیر کنترل طراحی شده در این مطالعه مستقل از موتور پمپ آب عمل کرده و تنظیم و کنترل آن به سهولت امکان‌پذیر است. هدف از این مطالعه طراحی و ارزیابی شیر کنترل اتوماتیک تحت شرایط مزرعه‌ای برای

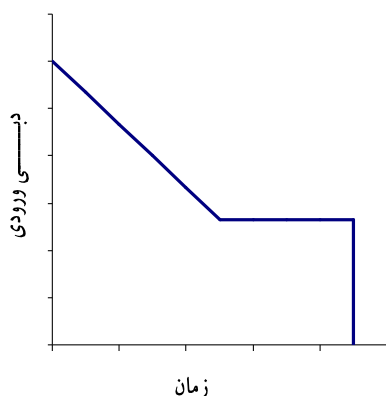
بیشتر سیستم‌های آبیاری سطحی به علت فرونشست عمقی در بالادست مزرعه و رواناب در پایین دست مزرعه عملکرد ضعیفی دارند. جهت رفع این مشکل نوآوری در زمینه بهبود بازده سیستم‌های آبیاری سطحی از جمله آبیاری جویچه‌ای بسیار مؤثر است (۱). آزمایش‌های انجام شده توسط زیرهان و همکاران (۱۳) نشان داد که تمام پارامترهای عملکرد آبیاری جویچه‌ای به شدت به دبی جریان ورودی حساس هستند. بنابراین برای طراحی، مدیریت و ارزیابی دقیق سیستم‌های آبیاری سطحی و هم‌چنین صرفه‌جویی در مصرف آب نیاز به تعیین دقیق دبی جریان ورودی است. یکی از اهداف کاربرد الگوهای متفاوت جریان ورودی در آبیاری سطحی توزیع یکنواخت‌تر رطوبت در طول مزرعه می‌باشد. پنج الگوی عمده هیدروگراف جریان ورودی در آبیاری سطحی عبارت‌اند از: الگوی ثابت (Constant inflow hydrograph)، الگوی کاهش دبی (Cut-back inflow hydrograph)، الگوی کاهش تدریجی دبی جریان (Cablegation inflow hydrograph)، الگوی اصلاحی کاهش دبی جریان (Modified cut-back inflow hydrograph) و الگوی کاهش تدریجی دبی جریان (Modified cablegation inflow hydrograph) که این هیدروگراف‌ها به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۵ نشان داده شده‌اند. مطالعات آلازبا (۴ و ۵) در مورد الگوی هیدروگراف جریان ورودی در آبیاری نواری و جویچه‌ای نشان داد که راندمان کاربرد آب به ترتیب در الگوی روش اصلاحی کاهش دبی جریان (شکل ۴)، روش اصلاحی کاهش تدریجی دبی جریان (شکل ۵) و الگوی کاهش دبی جریان (شکل ۲) بیشتر است. مطالعات مصطفی زاده و سلطانی (۲) با کاربرد پنج الگوی معمول هیدروگراف جریان ورودی آب به جویچه نشان داد که الگوی کاهش دبی در مقایسه با الگوی کاهش تدریجی جریان باعث توزیع یکنواخت‌تر رطوبت تحت الارضی در طول جویچه و ضریب یکنواختی بیشتری می‌شود. مطالعات انجام شده در رابطه با بررسی الگوهای متفاوت جریان ورودی بر



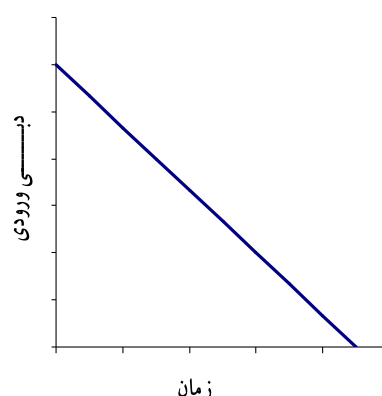
شکل ۲. الگوی کاهش دبی جریان ورودی به جویچه



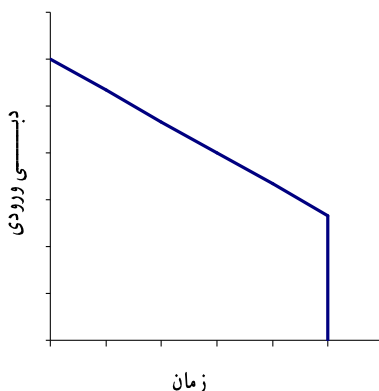
شکل ۱. الگوی ثابت جریان ورودی به جویچه



شکل ۴. الگوی اصلاحی کاهش دبی جریان ورودی به جویچه



شکل ۳. الگوی کاهش تدریجی دبی جریان ورودی به جویچه



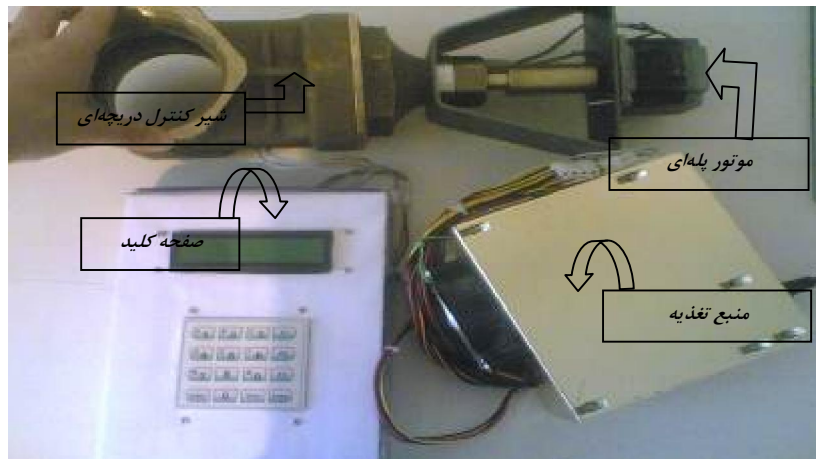
شکل ۵. الگوی اصلاحی کاهش تدریجی دبی جریان ورودی به جویچه

ورودی آب به جویچه، شیر کنترلی طراحی شد که توانایی تغییر دبی جریان ورودی به جویچه نسبت به زمان را دارد. برای این منظور یک عدد موتور پله‌ای بر روی شیر کنترل ۳ اینچ برنجی نصب گردید (شکل ۶). مزایای این نوع موتور اندازه کوچک،

ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی آب به جویچه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور ایجاد و کاربرد هیدروگراف‌های متفاوت جریان

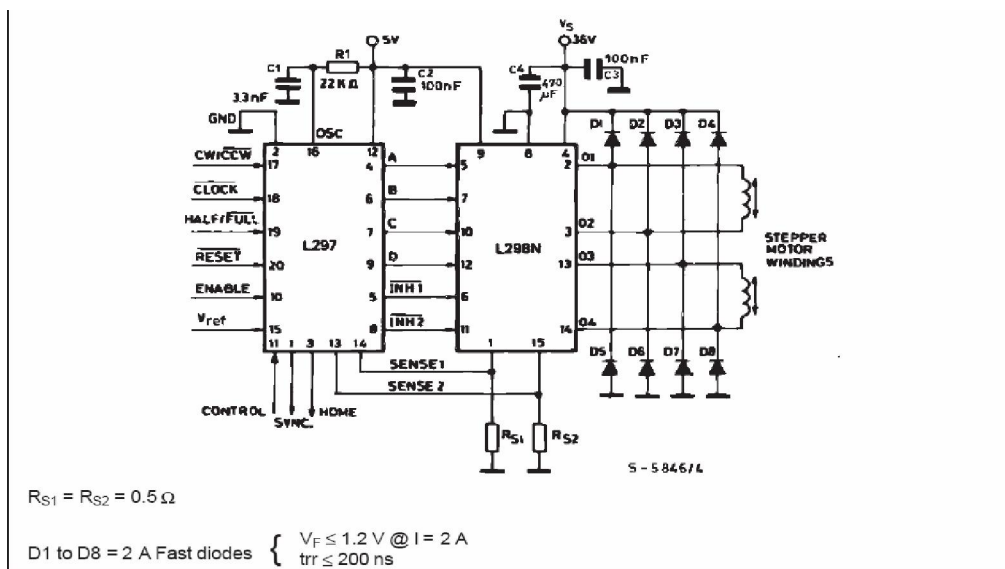


شکل ۶. نمایی از شیر کنترل اتوماتیک طراحی شده

کاربرد اصلی این موتورها در کنترل موقعیت است. این موتورها ساختار کنترلی ساده‌ای دارند. لذا در ساخت ربات کاربرد زیادی دارند. به طوری که به تعداد پالس‌هایی که به یکی از پایه‌های راه‌انداز آن ارسال می‌شود موتور به چپ یا راست می‌چرخد.

به منظور راه‌اندازی موتور پله‌ای مناسب‌ترین روش استفاده از تراشه L297 است. مدارهای راه‌انداز متنوعی برای استفاده از موتورهای پله‌ای وجود دارد. در این مطالعه از مدار مجتمع L297 و L298 برای راه‌اندازی موتور پله‌ای استفاده شد که طریقه بستن آن در شکل ۷ نشان داده شده است. جهت کنترل موتور به قابلیت‌هایی هم‌چون حرکت به عقب و جلو، کنترل سرعت، کنترل جریان و توقف آنی موتور نیاز است. این نیازها در درایور مورد نظر یعنی L298 برآحتی قابل تأمین است. L298 یک آیسی دوتایی H - پل (DUALH-Bridge) دارای ۱۵ پایه می‌باشد که قادر است وظایفی هم‌چون چرخش موتور به عقب و جلو، کنترل سرعت، کنترل جریان و توقف آنی موتور را انجام دهد. کنترل موتور به این ترتیب است که پس از محاسبه میزان چرخش موتور برای جابه‌جایی مورد نظر با استفاده از میکروکنترلر به تعداد مورد نظر پالس به پایه راه‌انداز ارسال می‌شود. یک پایه برای تعیین جهت چرخش (ساعتگرد و پاد ساعتگرد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. پایه Enable مدار راه‌انداز را فعال و غیر فعال می‌نماید.

دقت گردش بالا، گشتاور بزرگ و کارایی مناسب در محدوده وسیعی از سرعت‌های دور موتور است. موتور پله‌ای نوعی موتور DC است که حرکت دورانی تولید می‌کند با این تفاوت که موتورهای پله‌ای دارای حرکت دقیق و حساب شده‌تری هستند. این موتورها به صورت درجه‌ای دوران می‌کنند و با درجه‌های مختلف در بازار موجود هستند (۱۱). به طور کلی واژه پله به معنی چرخش به اندازه درجه تعریف شده موتور است. مثلاً موتور پله‌ای با درجه  $1/8$  باید  $200$  پله حرکت کند تا  $360$  درجه یا یک دور کامل بچرخد ( $360 = 1/8 \times 200$ ). موتور پله‌ای با درجه  $15$  فقط باید  $24$  پله برای یک دور کامل حرکت کند ( $360 = 15 \times 24$ ). به این ترتیب هرچه تعداد پله‌های یک موتور بیشتر باشد دقت چرخش آن افزایش می‌یابد. در حالت عادی میزان چرخش موتور به تعداد پالس‌های اعمالی و گام موتور بستگی دارد. هر پالس یک پله موتور را می‌چرخاند. با تحریک دو فاز مجاور در موتور می‌توان موتور را به اندازه نیم پله حرکت داد. به این ترتیب تعداد پله‌های موتور دو برابر می‌شود و در نتیجه دقت چرخش موتور هم دو برابر می‌گردد. مکانیسم کنترلی موتور پله‌ای به این ترتیب است که پالس‌های الکتریکی را به حرکات مکانیکی تبدیل می‌کند که این عمل کنترل سرعت را به سادگی میسر می‌کند. موتورهای پله‌ای موجود در بازار معمولاً در دو نوع ۵ یا ۶ سیم یافت می‌شوند. موتور دیسک سخت یک نمونه موتور پله‌ای است.



شکل ۷. مدار راه انداز موتور پله‌ای

### انتخاب شیر کنترل

۲۰ دور بر دقیقه، ۳ آمپر، ۲/۳ ولت، ۲ اهم، اندک‌تانس ۱/۴۵ میلی هانری و گشتاور ۱۲۴ نیوتن-متر. به‌منظور تأمین ولتاژ مورد نیاز موتور پله‌ای از منبع تغذیه استفاده شد. از صفحه کلید برای ورود داده‌های مورد نیاز شامل دبی در هر لحظه از زمان و شکل هیدروگراف جریان ورودی به جویچه و از صفحه نمایش به منظور نمایش خروجی‌ها (دبی جریان در هر زمان) استفاده شد (شکل ۶).

شیر کنترل‌ها ابزاری جهت قطع، وصل و یا تنظیم جریان آب هستند که در مسیر آن قرار داده می‌شوند. مناسب‌ترین نوع شیر کنترل برای این مطالعه شیر کنترل دریچه‌ای است. با توجه به دبی ورودی آب به جویچه که حداکثر ۲ تا ۳ لیتر بر ثانیه است شیر کنترل دریچه‌ای برنجی با اندازه ۳ اینچ انتخاب شد. شافت موتور پله‌ای به شافت شیر کنترل مورد نظر کوپل می‌شود. با حرکت چرخشی موتور پله‌ای شافت شیر کنترل چرخیده و دریچه شیر کنترل به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند. به این ترتیب به ازای هر پالس موتور پله‌ای، دریچه شیر کنترل در موقعیت مورد نظر قرار گرفته که هر موقعیت بیانگر دبی جریان ورودی مورد نظر است.

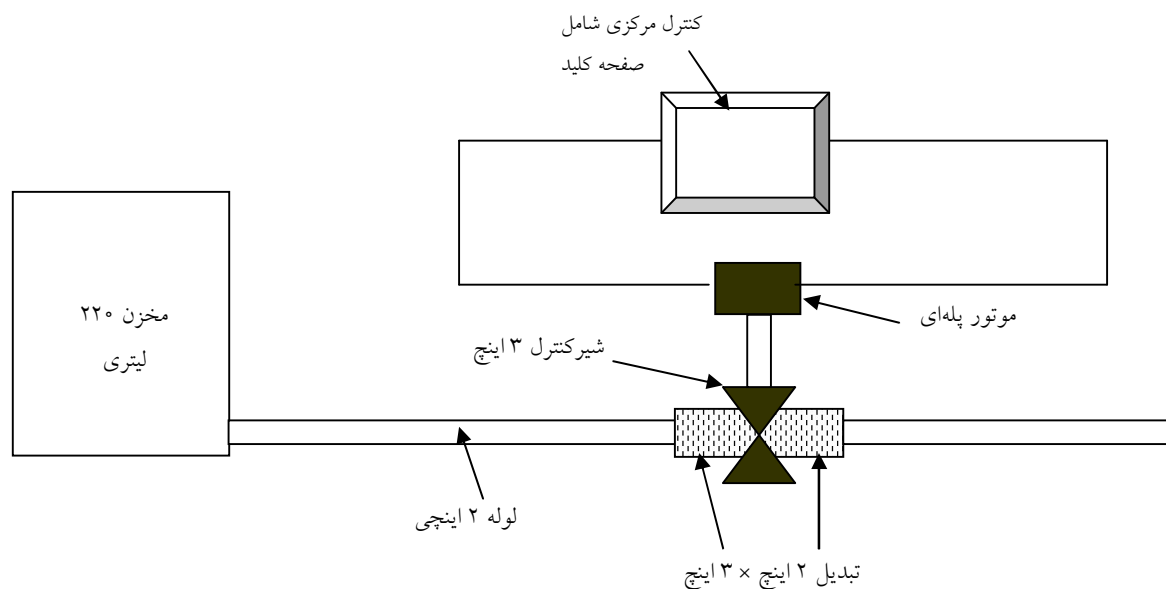
### انتخاب موتور پله‌ای

در شروع هر آبیاری موقعیت شیر کنترل در شرایط کاملاً باز یا کاملاً بسته قرار می‌گیرد که از کلید F1 برای باز کردن کامل و از کلید F3 برای بستن کامل شیر کنترل استفاده می‌شود. برنامه کامپیوتری برای ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی در محیط C نوشته شد. به طور کلی در این برنامه سه نوع هیدروگراف قابل اجراست که عبارت‌اند از: پله‌ای (Nod)، چندجمله‌ای (Polynomial) و نمایی (Exponential). ورودی‌های برنامه عبارت‌اند از: تعداد گره‌های مورد نظر، مدت زمان آبیاری، زمان و دبی مورد نظر در هر گره و ضرایب معادلات مربوطه.

در شرایط مزرعه به منظور ایجاد فشار ثابت آب از یک مخزن آب ۲۲۰ لیتری با ۱ متر فشار آب استفاده شد. موتور پله‌ای به گونه‌ای انتخاب شد که توانایی بالا بردن دریچه شیر کنترل در شرایط مورد نظر را داشته باشد. با توجه به دقت مورد نظر و با توجه به نوع شیر کنترل انتخاب شده موتور پله‌ای مورد نظر با آزمون و خطا به شرح زیر انتخاب شد: مدل PK266، ۴ سیم،

### ارزیابی شیر کنترل اتوماتیک

برای ارزیابی شیر کنترل اتوماتیک طراحی شده شیر کنترل مورد



شکل ۸. نمایی از سیستم انتقال آب و ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی به جویچه

شده بودند در ابتدای جویچه‌ها نصب شدند. برای نصب افقی این فلوم‌ها از تراز استفاده شد و برای جلوگیری از نشت آب از اطراف فلوم، خاک اطراف آن کاملاً فشرده شد. معادله واسنجی فلوم‌های مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Q = 0.00374 H^{2/64} \quad [1]$$

که در آن:

$Q$  = دبی، لیتر بر ثانیه

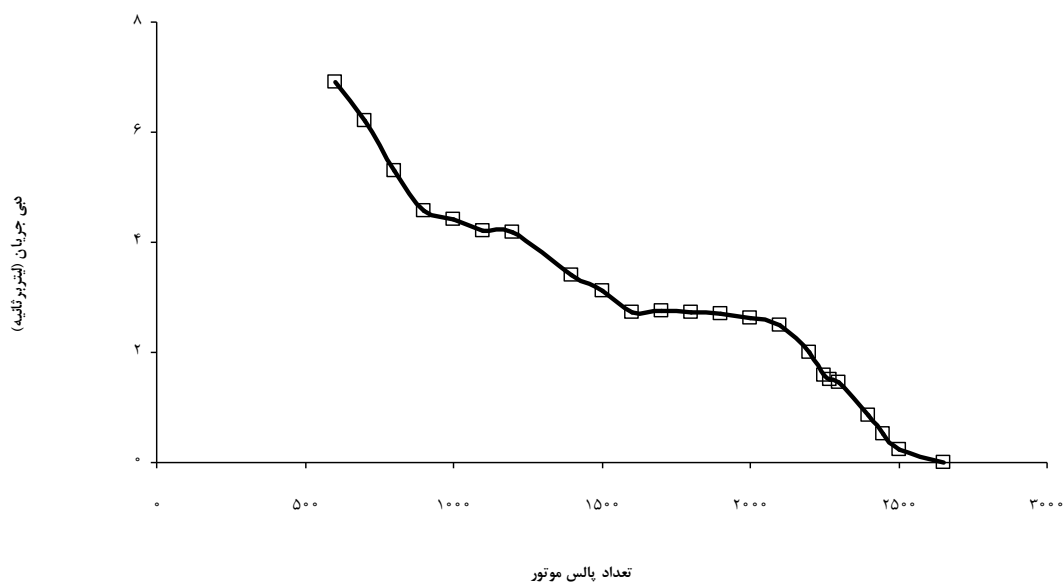
$H$  = ارتفاع آب در فلوم، سانتی‌متر

آزمایش با انتقال آب با دبی غیر فرسایشی برابر با ۲ لیتر بر ثانیه به جویچه‌ها آغاز شد و دبی جریان ورودی به هر جویچه در زمان‌های متفاوت یادداشت گردید. هم‌چنین دبی جریان خروجی از هر جویچه در زمان‌های متفاوت ثبت شد. حجم آب کاربردی برای الگوهای متفاوت جریان ورودی و الگوی ثابت یکسان و برابر با ۸/۴ مترمکعب بود.

### نتایج و بحث

بررسی عملکرد آبیاری جویچه‌ای تحت تأثیر هیدروگراف‌های جریان ورودی پلکانی و سیگمایی با سه تکرار برای هر الگو انجام شد. در هیدروگراف جریان ورودی پلکانی دبی جریان

نظر به همراه موتور پله‌ای بر روی لوله فلزی ۲ اینچ نصب شد. این لوله از یک طرف به مخزن ۲۲۰ لیتری متصل بود که فشار را در تمام مدت آزمایش ثابت نگه می‌داشت (شکل ۸). به منظور واسنجی شیر کنترل مورد نظر در مزرعه دانشگاه با دبی جریان ورودی ۷ لیتر بر ثانیه، دبی جریان خروجی از شیر کنترل در پالس‌های متفاوت موتور پله‌ای به کمک سطل مدرج و کرنومتر در سه تکرار اندازه‌گیری شد. منحنی واسنجی شیر کنترل در شکل ۹ نشان داده شده است. آزمایش‌های در مزرعه باغ اناری واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گردید. در این مزرعه، محل مناسب برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک توسط تراکتور و نهایتاً ایجاد جویچه‌ها به طول حداقل ۵۰ متر و حداکثر ۱۰۰ متر، با فواصل مشخص ۷۰ سانتی‌متر و شیب ۰/۵ درصد انجام گرفت. بافت خاک در مزرعه آزمایشی شن لومی رسی بود. در جدول ۱ مشخصات خاک و جویچه‌های آزمایشی ارائه شده است. بعد از آماده‌سازی مزرعه آزمایشی دستگاه انتقال آب به جویچه به‌منظور ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی آب به جویچه در مزرعه نصب گردید (شکل ۸). به منظور تعیین هیدروگراف جریان ورودی، فلوم‌های تیپ ۲ که قبلاً واسنجی



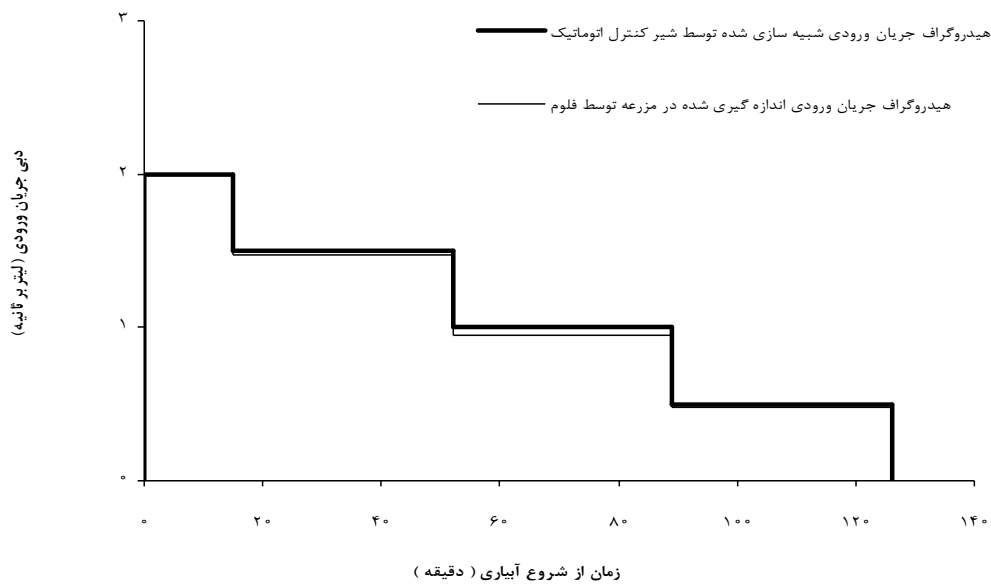
شکل ۹. منحنی واسنجی شیر کنترل اتوماتیک

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی خاک و جویچه‌های آزمایشی

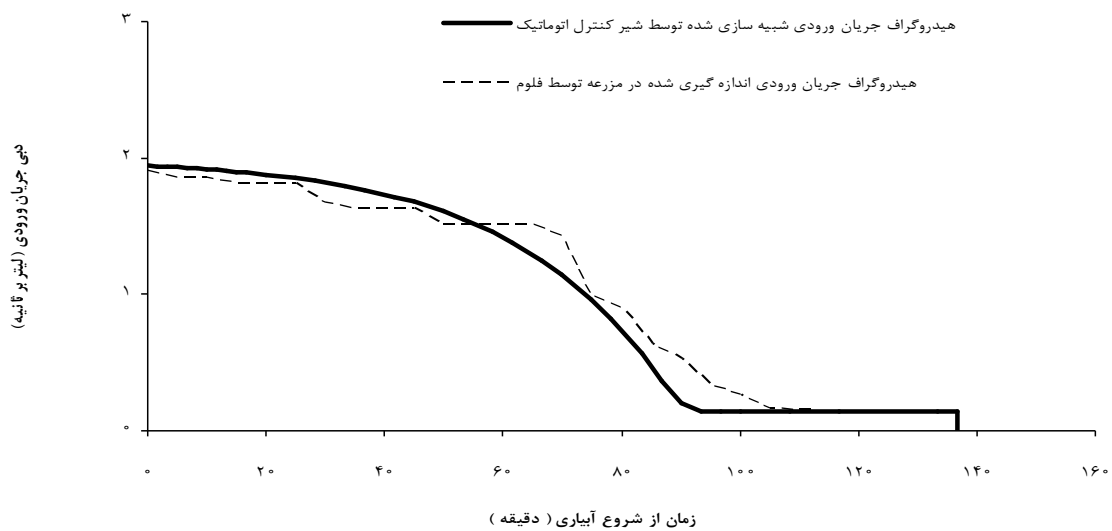
ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	شیب زمین (متر بر متر)	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)	طول جویچه (متر)	عرض جویچه (متر)	رطوبت اولیه خاک (درصد وزنی)
۴۰	۳۰/۵	۲۹/۵	لوم شنی رسی	۰/۰۰۵	۱/۲۴	۵۰	۰/۷	۷/۴۵

ورودی تا زمانی که آب به انتهای جویچه آزمایشی برسد ثابت است و بعد از اینکه آب به انتهای جویچه آزمایشی رسید دبی جریان ورودی به صورت پله‌ای کاهش می‌یابد (شکل ۱۰). کاهش دبی جریان ورودی در سه مرحله، در زمان‌های ثابت و در دبی‌های ۱/۵ لیتر بر ثانیه، ۱ لیتر بر ثانیه و ۰/۵ لیتر بر ثانیه انجام شد. در هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی دبی جریان ورودی از ابتدای آبیاری به صورت سیگمایی کاهش می‌یابد (شکل ۱۰). شیب نمودار هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی بر اساس معادله نفوذ آب به خاک و بر این اساس که آب ورودی به جویچه تقریباً متناسب با میزان آب نفوذ یافته به جویچه باشد تنظیم گردید. در شکل ۱۰ هیدروگراف جریان ورودی اندازه‌گیری شده با استفاده از ارقام فلوم تیپ ۲ و هیدروگراف جریان ورودی ثبت شده از طریق شیر کنترل اتوماتیک برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی نشان داده شده است. مقایسه دو هیدروگراف نشان داده شده در شکل فوق نشان می‌دهد که شیر کنترل اتوماتیک طراحی شده قادر است با دقت نسبتاً بالایی روند تغییرات دبی جریان ورودی نسبت به زمان را شبیه‌سازی و ایجاد کند. با توجه به نتایج فوق شیر کنترل اتوماتیک دقت بالایی در ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی آب به

ورودی تا زمانی که آب به انتهای جویچه آزمایشی برسد ثابت است و بعد از اینکه آب به انتهای جویچه آزمایشی رسید دبی جریان ورودی به صورت پله‌ای کاهش می‌یابد (شکل ۱۰). کاهش دبی جریان ورودی در سه مرحله، در زمان‌های ثابت و در دبی‌های ۱/۵ لیتر بر ثانیه، ۱ لیتر بر ثانیه و ۰/۵ لیتر بر ثانیه انجام شد. در هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی دبی جریان ورودی از ابتدای آبیاری به صورت سیگمایی کاهش می‌یابد (شکل ۱۰). شیب نمودار هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی بر اساس معادله نفوذ آب به خاک و بر این اساس که آب ورودی به جویچه تقریباً متناسب با میزان آب نفوذ یافته به جویچه باشد تنظیم گردید. در شکل ۱۰ هیدروگراف جریان ورودی اندازه‌گیری شده با استفاده از ارقام فلوم تیپ ۲ و هیدروگراف جریان ورودی ثبت شده از طریق شیر کنترل



شکل ۱۰. هیدروگراف جریان ورودی آب به جویچه حالت پلکانی



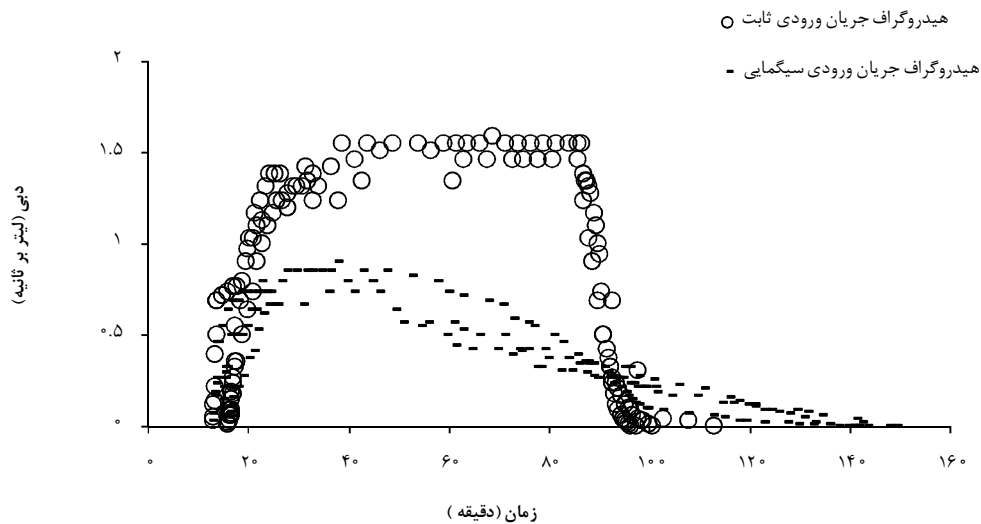
شکل ۱۱. هیدروگراف جریان ورودی آب به جویچه حالت سیگمایی

است. در صورت استفاده از شیر کنترل با اندازه بزرگتر و یا موتور پله‌ای دقیق‌تر می‌توان دقت شبیه‌سازی و ایجاد هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی را افزایش داد (۸).

با توجه به این‌که دبی جریان در طول فاز پیشروی ثابت است زمان پیشروی برای الگوهای ثابت، پلکانی و سیگمایی به ترتیب ۱۴/۷۷، ۱۴/۶۹ و ۱۳/۸۲ دقیقه بود. با اعمال حجم آب

جویچه از جمله هیدروگراف جریان ورودی پلکانی و سیگمایی دارد. علت تفاوت هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی شبیه‌سازی شده با شیر کنترل اتوماتیک و اندازه‌گیری شده توسط فلوم تیپ ۲ محدودیت در تعداد گام‌های باز و بسته شدن شیر کنترل است. با این وجود دقت شیر کنترل اتوماتیک در ایجاد هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی نسبتاً خوب





شکل ۱۲. مقایسه هیدروگراف جریان خروجی برای الگوی ثابت و سیگمایی

جدول ۲. خطای نسبی بین الگوی ثابت و الگوهای متفاوت جریان ورودی (درصد)

الگوی جریان ورودی	کاهش نسبی حجم رواناب	افزایش نسبی در حجم نفوذ
پلکانی	۳۷	۵۱/۲
سیگمایی	۵۰	۵۸/۵

که در عمق مورد نیاز آبیاری ۱۰ سانتی‌متر، افزایش راندمان کاربرد آب نسبت به الگوی ثابت در الگوی پلکانی، ۱۱/۸ درصد بیشتر از الگوهای کاهش دبی و کاهش دبی اصلاح شده است. توجه به این نکته ضروری است که الگوی پلکانی پیشنهاد شده در این مطالعه شکل اصلاح شده الگوهای کاهش دبی و کاهش دبی اصلاح شده است.

هم‌چنین الگوی سیگمایی پیشنهاد شده در این مطالعه شکل اصلاح شده الگوی کابلی اصلاح شده است. مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعه آلازبا (۵) نشان می‌دهد که در عمق مورد نیاز آبیاری ۱۰ سانتی‌متر، افزایش راندمان کاربرد آب نسبت به الگوی ثابت در الگوی سیگمایی، ۱۱/۷ درصد بیشتر از الگوی کابلی اصلاح شده است.

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که مکانیزه کردن آبیاری جویچه‌ای با استفاده از شیر کنترل اتوماتیک به منظور انتقال آب به جویچه بر اساس تغییرات نفوذپذیری

کاربرد ی‌کسان به منظور مقایسه الگوهای اصلاح شده جریان ورودی و الگوی ثابت زمان پس‌روی برای الگوی ثابت، پلکانی و سیگمایی به ترتیب ۱۰۰، ۱۴۷ و ۱۵۱ دقیقه بود.

در شکل ۱۲ هیدروگراف جریان ورودی و خروجی برای الگوی ثابت و سیگمایی ارائه شده است. با توجه به این شکل رواناب در فاز ذخیره برای الگوی سیگمایی کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد با کاهش دبی جریان ورودی در فاز ذخیره تلفات رواناب به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد.

در جدول ۲ خطای نسبی بین الگوی سیگمایی و پلکانی با الگوی ثابت از لحاظ نفوذ و رواناب ارائه شده است. با توجه به این جدول الگوی سیگمایی و پلکانی نسبت به الگوی ثابت به صورت قابل توجهی بر پارامترهای نفوذ و رواناب موثر است و بیشترین تفاوت از لحاظ رواناب و نفوذ بین الگوهای سیگمایی و ثابت می‌باشد.

مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعه آلازبا (۵) نشان می‌دهد

می‌تواند در زمینه تغییر الگوی جریان ورودی در شرایط عملی در مزرعه و افزایش راندمان آبیاری موثر باشد. لذا استفاده از دستگاه فوق به منظور کنترل جریان ورودی آب به جویچه و در نتیجه افزایش راندمان آبیاری به دلیل سهولت استفاده از سیستم و سادگی آن پیشنهاد می‌شود.

خاک امکان‌پذیر است. به‌طور کلی در صورت انتقال آب به جویچه بر اساس تغییرات نفوذپذیری خاک رواناب کاهش می‌یابد که نتیجه آن افزایش راندمان آبیاری می‌باشد. با توجه به اینکه مقایسه الگوهای متفاوت جریان ورودی برای اولین بار توسط آلازبا (۴ و ۵) تنها با شبیه‌سازی این الگوها با استفاده از مدل اینرسی - صفر انجام شد، کاربرد این شیر اتوماتیک

### منابع مورد استفاده

۱. مصطفی‌زاده، ب.، س. ف. موسوی و ر. فتاحی. ۱۳۷۵. کاربرد مدل موج جنبشی در ارزیابی سیستم آبیاری شیاری، مجله علوم کشاورزی ایران ۲۷(۳): ۴۵-۵۴.
۲. مصطفی‌زاده، ب. و ع. سلطانی. ۱۳۷۹. کارایی آبیاری جویچه‌ای با آبنمودهای مختلف جریان ورودی. علوم کشاورزی مدرس ۴۱(۴): ۸۰-۶۵.
۳. مصطفی‌زاده، ب.، ج. عابدی کوپایی و م. دهقان. ۱۳۸۴. تاثیر آبنمودهای مختلف جریان ورودی بر عملکرد آبیاری نواری. کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه شماره ۹۸.
4. Alazba, A. A. 1995. Hydrograph shape and border irrigation efficiency. *J. Irrig. and Drain.* 121(6): 452-457.
5. Alazba, A. A. 1999. Simulating furrow irrigation with different inflow patterns. *J. Irrig. and Drain.* 125(1): 12-18.
6. Goal, M. C., W. D. Kemper, R. Worstell and J. Bondurant. 1982. Cablegation: III. Field assessment of performance. *Trans. ASAE* 25(5): 1304-1309.
7. Humpherys, A. S. 1971. Automatic furrow irrigation systems. *Trans. ASAE* 14(3): 466-470.
8. McComb, G. 2001. *Robot Builder's Bonanza*. 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill Pub., USA.
9. Moravejalahkami, B., B. Mostafazadeh-Fard, M. Heidarpour, F. Abbasi, S. S. Eslamian and E. Vazquez-Fernandez. 2010. The effects of variable inflow hydrograph shapes on water saving in furrow irrigation using zero inertia model. *Intl. Conf. on Enviro. Sci. and Technol.*, 23-25 April, Bangkok, Thailand.
10. Mostafazadeh-Fard, B. and Y. Osroosh. 2006. Surface irrigation with a variable inflow hydrograph. *Trans. on Ecol. and Environ.* 96: 3-11.
11. Sax, H. 1995. Stepper Motor Driving. Application note, SGS-THOMSON Microelectronics Group of Companies: 1- 17. Available at: [http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/Stepper\\_ST.pdf](http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/Stepper_ST.pdf).
12. Trout, T. J., D. C. Kincaid and W. D. Kemper. 1990. Cablegation: A review of the past decade and prospects for the next, Visions of the future proceeding of the 3<sup>rd</sup> national irrigation symposium held in conjunction with the 11<sup>th</sup> annual international irrigation exposition. St. Joseph, Mich., ASAE 21-27.
13. Zerihun, D., J. Feyen and J. M. Reddy. 1996. Sensitivity Analysis of furrow-irrigation performance parameters. *J. Irrig. and Drain.* 122(1): 49-57.

## Design and Evaluation of an Automatic Valve to Produce Different Furrow Inflow Hydrograph Shapes

B. Moravejalahkami<sup>1\*</sup>, B. Mostafazadeh-Fard<sup>1</sup>, M. Heidarpour<sup>1</sup>, S.S. Eslamian and J. Roohi<sup>2</sup>

(Received : Aug. 4-2011 ; Accepted : Sep. 24-2012)

### Abstract

Most furrow irrigation systems have low performance due to deep percolation at the upstream end and tailwater runoff at the downstream end of the field. To eliminate this problem improving furrow irrigation performance is necessary. Since the inflow discharge has high effect on infiltration along the furrow which consequently affects the application efficiency and water distribution uniformity, it would be important to apply different furrow inflow hydrograph shapes based on the field data such as field slope, soil texture and furrow length to save water. To produce different furrow inflow hydrograph shapes, an automatic valve which was connected to a stepper motor was designed to change the inflow discharge with time according to the desired inflow hydrograph shape. The experimental field was located at Isfahan University of Technology. A constant head water delivery system to the furrows including the automatic valve was installed in the experimental field and the tests were conducted for different inflow hydrograph shapes. The comparison of the measured furrow inflow discharges with the simulated furrow inflow discharges produced by the automatic valve showed that the automatic valve can produce different furrow inflow hydrograph shapes with high accuracy.

**Keywords:** Furrow irrigation, Inflow hydrograph shape, Automatic valve.

---

1. Dept. of Irrig., College of Agric., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran

2. Elec. Dept., College of Elec. and Comp. Eng., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: bita.moravej@gmail.com