طراحی و ساخت آبپاش دبی متغییر به منظور استفاده در یک سیستم آبیاری خودکار

هانیه روشن[۱]، سید جلیل رضوی[۲]، مهدی قیصری[۳]

۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان ms.h.roshan@gmail.com
۲- استادیارگروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان jrazavi@cc.iut.ac.ir
۳- استادیارگروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان gheysari@cc.iut.ac.ir

چکیده

بحران کم آبی از چالش‌های جهان امروز است که برای حل آن کشورهای مختلف باید منابع آب خود را به بهترین نحو مدیریت کنند. آبیاری بارانی به دلیل توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح مزرعه نسبت به روش‌های آبیاری سطحی، بازده و کارایی مصرف آب را افزایش و هزینه کارگری را کاهش می‌دهد. اساس کشاورزی دقیق بر مبنای کاربرد نهاده‌ها به صورت خاص مکانی است، تا بتوان متناسب با نیاز موجود و شرایط خاک و گیاه نهاده‌ها را مصرف نمود. آب از جمله این نهاده‌هاست که استفاده بهینه از آن بر اساس راهبرد آبیاری نرخ متغییر در کشاورزی دقیق مورد توجه است. هدف اصلی از انجام این تحقیق طراحی و ساخت یک آبپاش هوشمند نرخ متغییر در سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت بود. به این منظور طرح اولیه آبپاش پیشنهادی شامل یک پلانجر کنترل کننده جریان و فشار با استفاده از نرم افزار Fluent شبیه‌سازی شد. سپس نقشه اصلی آبپاش تهیه و برای ساخت طی سه مرحله ساخت مدل، ریخته‌گری و تراشکاری فرستاده شد. آزمایش نحوه کار آبپاش ساخته شده در سه سطح فشار و سه موقعیت قرارگیری پلانجر (از کمترین تا بزرگترین سطح مقطع عبور آب از قسمت داخلی آبپاش) و سه قطر نازل انجام شد. نرم‌افزار تغییرات دبی در اثر تغییرات فشار، قطر نازل و موقعیت پلانجر را به خوبی شبیه‌سازی کرد. نتایج شبیه‌سازی برای فشار و دبی خروجی در قطر نازل ۸ میلی‌متر، به نتایج حاصل از ارزیابی آبپاش نزدیک‌تر بود. مطابق نتایج شبیه‌سازی برای فشار و دبی خروجی، در موقعیت پلانجر D3 نرم افزار کارایی بهتری داشت. با افزایش فشار و بزرگ شدن مقطع عبور آب، دبی خروجی آبپاش یک روند صعودی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آبپاش نرخ متغییر، آبیاری، شبیه‌سازی، کشاورزی دقیق.

مقدمه

کشور ایران از نظر موقعیت جغرافیایی جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان بوده و لذا در رابطه با آب در شرایط بحرانی به سر می‌برد. با توجه به شرایط اقلیمی خشک کشور و لزوم توسعه بخش کشاورزی به عنوان بخش تأمین کننده غذای جامعه، بهره‌گیری از روش‌های مدرن آبیاری و توجه به بهره‌وری هر واحد آب مصرفی در کشاورزی بیش از پیش ملموس گردیده است (Kheirabi, 1998). بیشترین مصرف آب در ایران در بخش کشاورزی است که حدود ۹۲ درصد آب استحصالی را تشکیل می‌دهد

و ۸ درصد باقی مانده سهم صنعت و شرب است. لازم به ذکر است که کشور ایران بیش از ۸ میلیون هکتار مزارع آبی دارد و مصرف کنندگان بخش کشاورزی، برای آبیاری زمین خود بیشتر از شیوه‌های سنتی استفاده می‌کنند و با توجه به تخمین راندمان ۳۰ تا ۴۰ درصدی آن، به روشنی می‌توان دریافت که هدررفت آب در این بخش قابل توجه است.

کمبود منابع آب به دلیل خشکسالی‌های اخیر در اکثر مناطق کشور و همچنین گرایش کشاورزان به سمت مکانیزه نمودن عملیات زراعی و تسریع در عملیات آبیاری باعث شده است که نیاز به وجود سامانه‌های آبیاری با راندمان بالا بیشتر احساس شود. در میان سامانه‌های آبیاری، آبیاری بارانی یکی ازرایج‌ترین روش‌ها برای دستیابی به راندمان کاربرد بالا است (Mc Lean *et al.*, 2000).

آبیاری بارانی از جمله روش‌های آبیاری تحت فشار است که به دلیل توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح مزرعه نسبت به روش های آبیاری سطحی، بازده و کارایی مصرف آب را افزایش داده و هزینه کارگری را کاهش می‌دهد. همچنین این روش آبیاری قابل انطباق با انواع خاک‌ها، توپوگرافی و محصولات بوده و از آن برای تعدیل شرایط دمایی، آبیاری تکمیلی و آب‌شویی نیز استفاده می شود. بازده آبیاری در سامانه‌های آبیاری تحت فشار بیشتر از ۷۰ درصد است که در مقایسه با بازده ۳۰ درصدی روش‌های آبیاری سنتی، بیانگر کاهش تلفات آب می‌باشد. با وجود این، طبق آمار کمتر از ۱۰ درصد اراضی کشور به سامانه‌های آبیاری تحت فشار مجهز می‌باشند (Kheirabi, 1998). در کشورهای پیشرفته به دلیل مسطح بودن زمین‌ها و یکپارچگی آن‌ها در مساحت‌های بالا، سامانه‌های عقربه‌ای و خطی رایج می‌باشند، ولی در ایران به دلیل شرایط توپوگرافی و عدم یکپارچگی مزارع از سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک استقبال بیشتری شده است. همچنین، این سامانه در زمین‌های ناهموار و دامنه‌ها نیز به خوبی قابل اجراست. کشاورزی دقیق به عنوان شاخه‌ای جدید از کشاورزی مطرح شده است و اساس آن بر مبنای کاربرد نهاده‌ها به صورت خاص مکانی بنا نهاده شده است تا بتوان متناسب با نیاز موجود و شرایط خاک و گیاه اقدام به مصرف نهاده‌ها نمود. از جمله این نهاده‌ها آب می‌باشد که به دلیل افزایش سطح زیر کشت از یک طرف و کاهش نزولات آسمانی و منابع آب زیر زمینی (به دلیل تغییرات اقلیمی کره زمین) از طرف دیگر، بسیار محدود است. بر این اساس، در کشاورزی دقیق استفاده بهینه از منابع آبی بر اساس راهبرد آبیاری نرخ متغییر مورد توجه است.

در سامانه آبیاری بارانی نرخ متغییری که کینگ و کینساید طراحی کردند یک شیر دبی متغییر به نحوی ساخته شد که اندازه نازل آبپاش به وسیله یک پین رفت و برگشتی هم مرکز با سوراخ نازل کاهش داده می‌شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که آبپاش دبی متغییر به طور بالقوه می‌تواند برای مدیریت آبیاری خاص مکانی در سامانه‌های آبیاری سنترپیوت و لترال (خطی) متحرک مورد استفاده قرار گیرد (King and Kincaid, 2004).

یک سامانه آبیاری جانبی نرخ متغییر[۱](VRLI) برای اعمال خاص- مکانی آب به منظور تطبیق با تغییرپذیری منطقه توسط یانگ و همکاران توسعه یافت. این سامانه با استفاده از روش نازل پالسی و سامانه کنترل سرعت متغییر، آب را با نرخ متغییر اعمال می‌کرد. سامانه آن‌ها قابلیت کنترل و اعمال آب بر اساس رطوبت واقعی خاک، اطلاعات تبخیر از سطح مزرعه و یا شبکه مرجع آب و هوایی را دارا بود (Han *et al*., 2009).

در دانشگاه صنعتی اصفهان یک آبپاش دبی متغییر در سامانه آبیاری کلاسیک ثابت بر مبنای حسگر به صورت خاص- مکانی ساخته شد. در این تحقیق، آبیاری بر اساس اطلاعات داده شده به کنترل کننده از قبیل شیب زمین، بافت خاک، عمق توسعه ریشه و غیره سطح دبی مورد نظر و طول زمان به طور هوشمند انتخاب شده و شروع می‌گردید. آبپاش دبی متغییر طراحی شده و مونتاژ شده با شیر برقی، توسط سه نازل، هفت سطح دبی را شامل می‌گردید (Rezaei Shahraki, 2010).

آرمیندو و همکاران یک آبپاش که قابلیت استفاده در سامانه‌های آبیاری بارانی حرکت خطی و سنتر پیوت و قابلیت استفاده در مدیریت آبیاری را داشت توسعه داده و ارزیابی کردند. در این دستگاه میزان دبی خروجی با تغییر مساحت سطح تصویر شده نازل، تغییر داده شد. این کار با تغییر مکان عمودی یک میله با مقطع مخروطی، که دارای شیبی برابر شیب خود نازل بوده و درون آن جابجا می‌شد، انجام گرفت. جابجایی عمودی میله توسط یک استپ موتور و یک پولی صورت می‌گرفت. طبق گفته آرمیندو و همکاران، نتایج نشان داده شده برای کم کردن عمق آب کاربردی در آبیاری و پیش بینی نرخ جریان آب، رضایت‌بخش بود (Armindo *et al*., 2011).

در سال‌های اخیر رویکرد استفاده ازآبپاش‌ها و نازل‌های دبی متغییر با هدف بهینه‌سازی مصرف آب در چارچوب مدیریت خاص مکانی مورد توجه قرار گرفته است. اساساً فناوری نرخ متغییر با هدف کاربرد نهاده‌ها در زمان معین، به میزان معین و در مکان معین طراحی و بر روی تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی و از جمله سامانه‌های مکانیزه آبیاری تحت فشار نصب گردیده‌اند. این نوع فناوری تاکنون برای سامانه‌های عقربه‌ای (سنترپیوت) و خطی به صورت‌های مختلف بکار گرفته شده‌اند. در خصوص سامانه‌های کلاسیک ثابت لیکن این فناوری تنها بصورت زمان وابسته[۲] و در قالب قطعات مزارع و بصورت ناحیه بندی اجرا گردیده ولی بر روی آبپاش هنوز گزارشی مبنی بر نرخ متغییر نمودن آن‌ها ارائه نشده است.

هدف اصلی از انجام تحقیق حاضر طراحی و شبیه سازی آبپاش نرخ متغییر با نرم‌افزار Fluent و ساخت و ارزیابی مزرعه‌ای آبپاش می باشد.

۱-Variable Rate Lateral Irrigation
۲-Time-Dependent

آبپاش ساخته شده مزایای قابلیت حمل آسان، کاربر پسندی و همچنین امکان ایجاد هر سطح دبی را دارد. این آبپاش قابلیت برنامه‌ریزی آبیاری، آبیاری متغییر مکانی[۱] و آبیاری خاص مکانی[۲] را نیز دارا می‌باشد، که در نهایت منجر به کاهش مصرف انرژی و آب می‌شود. برای دستیابی به اهداف تحقیق، مراحل کار به صورت زیر انجام شد:

۱- شبیه‌سازی آبپاش نرخ متغییر توسط نرم‌افزارFluent.

۲- طراحی و ساخت آبپاش نرخ متغییر.

۳- ارزیابی مزرعه‌ای آبپاش نرخ متغییر ساخته شده.

مواد و روش‌ها

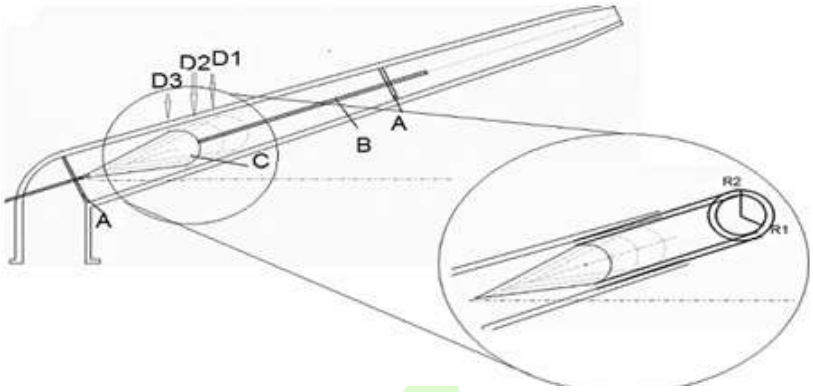
برای ساخت آبپاش به منظور سازگاری با تجهیزات موجود در بازار از ابعاد اولیه آبپاش ساخت شرکت آمبو استفاده شد، با این تفاوت که طول آبپاش بلندتر انتخاب شد. طول بلندتر قابلیت قرارگیری یک پلانجر مخروطی شکل درون آن که امکان جابجا شدن برای به وجود آوردن سطح مقطع متغییر برای عبور آب و در نتیجه تغییرات دبی را داشته باشد، را ایجاد می‌کرد.

شبیه‌سازی با نرم‌افزار Fluent

برای بدست آوردن هندسه آبپاش ابتدا طرح ابتدایی بر اساس ابعاد آبپاش‌های موجود در بازار در نرم‌افزار Catia ترسیم شد. دلیل استفاده از ابعاد آبپاش‌های موجود در بازار، توانایی نصب آبپاش ساخته شده روی گیربکس Luxor و همچنین هماهنگی قطعات موجود در بازار با آبپاش ساخته شده و امکان استفاده از آن‌ها بود.

بعد از مشخص شدن ابعاد اصلی آبپاش، چند ایده برای اجرای طرح نرخ متغییر کردن آبپاش مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تمام ایده‌های مطرح شده در نرم‌افزار Catia اجرا شده و برای ارزیابی عملکرد در نرم‌افزار Fluent مورد بررسی قرار گرفت. در آخر طرح پلانجر مخروطی شکل (شکل ۱) به منظور تغییر در سطح مقطع خروج آب و در نتیجه ایجاد تغییرات در دبی و فشار آب انتخاب شد.

۲- Spatially Variable
۳- Site-Specific



شکل ۱. طرحواره آبپاش نرخ متغییر ساخته شده به همراه قسمت‌های مختلف آن و موقعیت‌های قرارگیری پلانجر. A: نگهدارنده میله راهنما، B: میله راهنما، C: پلانجر، D1، D2 و D3 موقعیت‌های قرار گیری پلانجر،R1: شعاع مقطع پلانجر و R2: شعاع مقطع آبپاش در هر موقعیت

برای اجرای شبیه‌سازی، فشار ورودی به آبپاش را ثابت گرفته و میزان دبی خروجی، فشار و سرعت آب در خروجی آبپاش، محاسبه گردید. شبیه سازی برای ۱۵ موقعیت مختلف پلانجر درون آبپاش ، سه سایز متفاوت از دهانه آبپاش، سه اندازه برای پلانجر و برای فشار ورودی ۴ اتمسفر انجام شد.

شکل ۲. آبپاش طراحی شده در نرم افزار Catia

بعد از مشخص شدن تمامی ابعاد آبپاش و پلانجر و تکمیل شدن طرح نرخ متغییر کردن آبپاش، طرح نهایی در نرم‌افزارCatia آماده شد (شکل ۲). شبیه‌سازی عملکرد تغییرات دبی و فشار در آبپاش نرخ متغییر در سه مرحله اجرا شد.

مرحله اول کار ایجاد یک طرح ساده از آبپاش نهایی در نرم‌افزار Catia برای هر قطر نازل و هر موقعیت قرارگیری پلانجر بود. سپس این طرح در نرم‌افزار Gambit مش زده شده و لایه‌های مرزی در آن تعیین شد. در نهایت فایل مش زده شده در نرم‌افزار Fluent اجرا و شرایط مرزی مشخص شد. نتایج حاصل که شامل دبی خروجی و فشار خروجی آب بود برای سه سطح فشار مختلف بدست آمد. مدل استفاده شده در این شبیه‌سازی مدلSpalart Almaras بود که یک مدل تک معادله‌ای است. امکان استفاده از مدل‌های چند معادله‌ای و یا مش زدن متغییر روی لایه‌های مرزی، به دلیل پایین بودن پردازشگر سامانه کامپیوتری مورد استفاده برای اجرای نرم‌افزار، امکان‌پذیر نبود.

بعد از مشخص شدن ابعاد آبپاش، در سه سطح فشار ورودی و سه قطر نازل و سه موقعیت پلانجر در طول کورس جابجایی آن دبی خروجی و فشار خروجی اندازه‌گیری شد. در آخر نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی نرم‌افزاری با نتایج بدست آمده از ارزیابی مزرعه‌ای مقایسه شد.

آبپاش نهایی شامل آبپاش نرخ متغییر، گیربکس و فشارسنج برای ارزیابی مزرعه‌ای آماده شد (شکل ۳).

شکل ۳. سامانه آبپاش آماده شده برای ارزیابی مزرعه‌ای. ۱- آبپاش نرخ متغییر ساخته شده، ۲- گیربکس، ۳- فشار سنج و ۴- رایزر

محل انجام آزمایش

ارزیابی آبپاش در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان که دارای خاکی با بافت سبک بود، در زمینیبه ابعاد۶۰×۶۰ متر اجرا گردید. آزمایش‌های انجام شده در سه سطح فشار، سه قطر نازل خروجی آب از سر آبپاش و سه موقعیت قرار-گیری پلانجر در داخل آبپاش انجام شد.

تحلیل آماری

به منظور ارائه یک تحلیل، نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقادیر بدست آمده از ارزیابی آبپاش با هم مقایسه شده و میزان خطای شبیه‌سازی مدل برآورد گردید. ارزیابی شبیه‌سازی بر اساس فشار خروجی آبپاش و دبی خروجی برای موقعیت‌های مختلف پلانجر، سه قطر نازل و سه سطح فشار ورودی صورت گرفت. از شاخص‌های آماری متوسط، RMSE، NRMSE، d و R^2 برای بررسی دقت شبیه‌سازی استفاده شد.

شاخص آماری RMSE بیانگر میزان تفاوت بین داده شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{N}} \qquad (۱)$$

که در آن:

RMSE ریشه میانگین مربعات خطا،

P_i مقادیر شبیه‌سازی شده،

O_i مقادیر اندازه‌گیری شده،

و N تعداد مقادیر اندازه‌گیری شده است.

مقدار NRMSE بر حسب درصد بیان می‌شود و نسبت RMSE به متوسط داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.

$$NRMSE = \frac{RMSE \times 100}{\bar{O}} \quad (۲)$$

که در آن $\bar{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده است.

شاخص آماری توافق ویلموت (d) شاخصی است که همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده را تعیین می‌کند (Willmott, 1982). این پارامتر دارای مقداری بین صفر تا یک است که مقدار یک بهترین برازش می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$d = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}\right] \quad (۳)$$

پارامترهای d و RMSE برای ارزیابی کارآیی مدل‌ها توسط محققین توصیه شده است. ویلموت (۱۹۸۲) بیان می‌کند که RMSE از جمله بهترین پارامترها برای ارزیابی کارآیی مدل است (Willmott, 1982).

نتایج و بحث

شبیه‌سازی اولیه برای انتخاب ابعاد پلانجر در سه قطر مختلف نازل خروجی، در فشار ۴ اتمسفر و برای سه طول مختلف از پلانجر در سه موقعیت قرار گیری پلانجر در طول کورس جابجایی آن انجام شد.

طبق جدول (۱) بر اساس بیشترین تغییرات دبی ناشی از جابجایی پلانجر در هر قطر نازل و کمترین تغییرات فشار ایجاد شده، طول ۴۵ میلی‌متر برای پلانجر انتخاب شد. این طول پلانجر هم توانایی ایجاد تغییرات دبی و فشار لازم را داراست و هم توانایی جابجایی در کورس کاری لازم برای ایجاد چند سطح مقطع خروجی آب را دارد.

جدول ۱. نتایج شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار Fluent برای طول پلانجر

طول پلانجر (mm)	40			45			50		
قطر نازل (mm)	8	10	12	8	10	12	8	10	12
تغییرات دبی (m^3h^{-1})*	1.32	1.41	2.63	1.47	1.73	2.81	1.42	1.58	2.69
تغییرات فشار (Bar)*	1.15	2.12	2.43	1.33	2.58	2.45	1.54	2.75	2.98

*تغییرات دبی و فشار در موقعیت‌های مختلف پلانجر شبیه سازی شده در نرم افزار Fluent

بعد از تعیین ابعاد پلانجر، در سه قطر نازل خروجی و سه موقعیت قرارگیری پلانجر نقشه‌های Catia آماده شده و در نرم‌افزار Gambit مش بندی شد. سپس هرکدام از فایل‌های mesh در نرم‌افزار Fluent در سه فشار ورودی ۴، ۵ و ۶ اتمسفر اجرا شد و دبی خروجی و فشار خروجی برای آن‌ها بدست آمد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار Fluent

فشار ورودی (Bar)	قطر نازل	4			5			6		
موقعیت پلانجر	(mm)	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
دبی خروجی (m^3h^{-1})	8	5.07	5.02	6.54	5.27	5.69	6.84	6.25	6.24	7.7
	10	5.59	6.27	7.22	6.65	7.24	7.46	6.13	8.00	8.11
	12	6.17	7.94	8.98	6.79	8.34	9.48	7.63	8.99	10.0
فشار خروجی (Bar)	8	2.7	3.93	3.96	3.4	4.98	4.95	3.81	5.98	5.94
	10	1.21	3.57	3.79	2.14	4.25	4.72	2.58	5.57	5.65
	12	1.00	2.61	3.54	1.58	2.94	4.39	1.89	4.13	5.25

بررسی شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent برای دبی و فشار خروجی آبپاش

بررسی نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش ساخته شده در دو بخش اصلی شبیه‌سازی دبی خروجی و فشار خروجی آبپاش انجام شد. در جدول (۳) عملکرد نرم‌افزار در شبیه‌سازی دبی خروجی، صرف نظر از تغییرات فشار، مورد بررسی قرار گرفته است. با مطالعه شاخص NRMSE می‌توان مشاهده نمود که نرم‌افزار توانسته است در تمامی حالت‌ها دبی خروجی را در محدوده مناسبی از خطا شبیه‌سازی کند. در قطر نازل ۱۰ میلی‌متر برای موقعیت پلانجر در D3 که بیشترین باز شدگی را داشته است درصد خطای پایین با بیشترین مقدار شاخص d و نیز کمترین مقدار NRMSE مشاهده شد. همچنین در نازل با قطر ۱۰ نیز کمترین مقدار درصد خطا برای حالت D2 بود.

جدول ۳. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای دبی خروجی آبپاش تحت تأثیر قطر نازل و موقعیت پلانجر

قطر نازل (mm)	موقعیت پلانجر	شبیه‌سازی						واقعی
		متوسط (m^3h^{-1})	R^2	RMSE (m^3h^{-1})	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط(m^3h^{-1})
8	D1	17.02	0.99	0.69	15.2	0.24	23.95	19.07
	D2	16.09	0.92	0.99	10.84	0.64	42.5	19.7
	D3	16.94	0.98	0.66	10.38	0.72	31.01	19.11
10	D1	19.1	0.84	0.74	13.14	0.43	39.3	16.9
	D2	21.62	0.84	0.33	4.77	0.95	12.31	20.74
	D3	13.45	*0.99	0.18	2.57	0.97	13.38	13.8
12	D1	-		-	-	-	-	-
	D2	25.26	0.94	0.61	7.76	0.5	21.24	23.58
	D3	-		-				

* مربوط به مشاهدات در دو سطح فشار

در جدول (۴) عملکرد نرم‌افزار در شبیه‌سازی فشار خروجی صرف نظر از تغییرات فشار مورد بررسی قرار گرفته است. در این مورد با بررسی شاخص NRMSE می‌توان مشاهده نمود که نرم‌افزار توانسته است در تمامی حالت‌ها، دبی خروجی را در محدوده مناسبی از خطا شبیه‌سازی کند.

جدول ۴. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای فشار خروجی آبپاش تحت تأثیر قطر نازل و موقعیت پلانجر

قطر نازل (mm)	موقعیت پلانجر n	شبیه‌سازی						واقعی
		متوسط (Bar)	R^2	RMSE (Bar)	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط (Bar)
8	D1	3.3	0.99	0.71	27.24	0.68	29.07	2.6
	D2	5.00	0.93	0.66	14.95	0.81	13.3	4.4
	D3	4.95	1	0.05	1.03	1.00	1.02	5.00
10	D1	1.56	0.97	0.34	27.47	0.68	26.3	1.23
	D2	4.46	0.95	0.74	19.75	0.78	18.13	3.77
	D3	4.25	*0.99	0.43	10.62	0.86	13.95	4.05
12	D1	-	-	-	-	-	-	-
	D2	3.23	0.86	0.74	28.9	0.63	25.00	2.57
	D3	-	-	-	-	-	-	-

* مربوط به مشاهدات در دو سطح فشار

کمترین مقدار NRMSE و بیشترین مقدار برای ضریب d در نازل ۸ میلی‌متر و در موقعیت پلانجر D3 مشاهده شد. در نازل ۱۰ میلی‌متر نیز موقعیت پلانجر D3 بهترین نتایج شبیه‌سازی را داشت. در بین تمامی حالت‌های موجود در نتایج بدست آمده برای دبی خروجی، نازل ۱۰ میلی‌متر و موقعیت D3، کمترین مقدار NRMSE و بالاترین مقدار ضریب d را داشتند که بیان کننده دقت شبیه سازی مدل Fluent در شبیه‌سازی جریان در بازشدگی کامل پلانجر می‌باشد یا به عبارتی ضعف نرم‌افزار Fluent در شبیه‌سازی دبی خروجی آبپاش با وجود پلانجر می‌باشد.

برای شبیه‌سازی فشار در نازل با قطر ۸ میلی‌متر کمترین مقدار NRMSE و بیشترین مقدار ضریب d در موقعیت D3 پلانجر مشاهده شد. در نازل ۱۰ میلی‌متر نیز با در نظر گرفتن کمترین میانگین درصد خطا و پایین ترین مقدار NRMSE، موقعیت D3 بهترین نتایج شبیه‌سازی برای فشار را نشان داد. در مجموع نازل ۸ میلی‌متری در موقعیت باز پلانجر D3 بهترین نتایج را نشان داد، به این ترتیب که کمترین مقدار NRMSE و بیشترین مقدار ضریب d را به خود اختصاص داد.

جدول ۵. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای دبی خروجی آبپاش تحت تأثیر قطر نازل

قطر نازل (mm)	شبیه‌سازی						واقعی
	متوسط (m^3h^{-1})	R^2	RMSE (m^3h^{-1})	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط (m^3h^{-1})
8	6.12	0.58	0.79	12.4	0.51	11.8	6.43
10	6.77	0.81	0.51	7.83	0.88	7.09	6.43
12	6.12	0.91	0.54	6.95	0.9	6.38	7.73

در بررسی اثر قطر نازل روی تغییرات دبی، بدون در نظر گرفتن تغییرات فشار و تغییرات موقعیت پلانجر، بهترین نتایج در نازل با قطر ۱۲ میلی‌متر دیده شد که کمترین مقدار NRMSE و بیشترین مقدار ضریب d را نسبت به قطرهای دیگر نازل داشت. از طرفی پایین بودن R^2 در تمامی قطرها نشان دهنده نبودن روند خاصی در تمامی حالت‌های موجود در نازل با یک قطر خاص می‌باشد، که دلیل اصلی آن تغییرات دبی با تغییرات فشار و یا تغییرات دبی با تغییرات ناشی از جابجایی پلانجر می‌باشد.

جدول ۶. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای فشار خروجی آبپاش تحت تأثیر قطر نازل

قطر نازل (mm)	شبیه‌سازی						واقعی
	متوسط (Bar)	R^2	RMSE (Bar)	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط (Bar)
8	4.42	0.93	0.56	13.97	0.96	14.46	4.00
10	3.32	0.91	0.57	19.59	0.94	20.15	2.89
12	2.96	0.83	0.67	28.01	0.87	34.70	2.40

بررسی نتایج حاصل از تأثیر قطر نازل بر تغییرات فشار خروجی (جدول ۶) نشان داد که نازل ۸ کمترین مقدار NRMSE را بر مقدار بالای ضریب d، با کمترین میانگین درصد خطا داشت.

جدول ۷. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای دبی خروجی آبپاش تحت تأثیر موقعیت پلانجر

موقعیت پلانجر	شبیه‌سازی						واقعی
	متوسط (m^3h^{-1})	R^2	RMSE (m^3h^{-1})	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط (m^3h^{-1})
D1	6.31	0.48	0.69	11.49	0.36	11.5	6.03
D2	7.09	0.82	0.70	11.38	0.82	9.00	7.11
D3	7.25	0.84	0.79	9.87	0.83	8.48	6.95

بیشترین مقدار ضریب d و کمترین مقدار NRMSEدر موقعیت پلانجر D3 و کمترین مقدار ضریب dو بیشترین مقدار NRMSE در موقعیت پلانجر D1 مشاهده شد. به عبارتی در زمانی که پلانجر کمتر مسیر جریان را مسدود می‌نماید، نرم افزار داده‌های واقعی‌تری شبیه‌سازی می کند، اما برای شرایطی که پلانجر مسیر جریان را مسدود می‌کند، نتایج شبیه‌سازی نرم افزار خوب نیست.

کمترین مقدار NRMSE و بیشترین مقدار ضریب dدر موقعیت پلانجر D3 و در موقعیت پلانجر D1 بیشترین مقدار NRMSE و کمترین مقدار ضریب dمشاهده شد. با توجه به نتایج جداول (۷) و (۸) می‌توان دریافت که نرم‌افزار نتایج بهتری را برای موقعیت D3 شبیه‌سازی کرده است. این در حالی است که با تغییر موقعیت پلانجر از D3 به D1 عملکرد نرم‌افزار برای شبیه‌سازی کاهش پیدا کرده است.

جدول ۸. مقایسه نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با عملکرد مزرعه‌ای آبپاش برای فشار خروجی آبپاش تحت تأثیر موقعیت پلانجر

موقعیت پلانجر	شبیه‌سازی						واقعی
	متوسط (Bar)	R^2	RMSE (Bar)	NRMSE	d	میانگین درصد خطا	متوسط(Bar)
D1	2.31	0.95	0.59	33.72	0.89	37.66	1.76
D2	4.23	0.93	0.72	20.00	0.90	81.18	3.58
D3	4.48	0.92	0.31	6.92	0.97	5.33	4.43

با توجه به تمامی نتایج حاصل ازتحلیل شبیه‌سازی، میانگین درصد خطا برای شبیه‌سازی فشار بیشتر از دبی بدست آمد. پیش‌بینی می‌شود که دلیل اختلاف خطای بیشتر بین فشار شبیه‌سازی شده و فشار اندازه‌گیری شده، اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار Fluent با یک نقشه ساده‌ی آبپاش از نرم‌افزار Catia باشد که موانع موجود درون آبپاش، که باعث افت فشار در آبپاش می‌شدند، درون این نقشه Catia لحاظ نشدند. به طور کلی، نرم‌افزار با شرایط موجود برای شبیه‌سازی، نتوانسته است نتایج فشار خروجی بدست آمده از ارزیابی آبپاش را شبیه‌سازی کند.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی آبپاش با نرم‌افزار Fluent و نتایج حاصل از ارزیابی آبپاش نرخ متغیر ساخته شده به شرح زیر می‌باشد:

۱- نرم‌افزار تغییرات دبی در اثر تغییرات فشار، قطر نازل و موقعیت پلانجر را با توجه به بالا بودن نتایج ضریب ویلموت و پایین بودن مقدار NRMSE به خوبی شبیه‌سازی کرد.

۲- ارزیابی مزرعه‌ای آبپاش نشان داد که، آبپاش نرخ متغیر ساخته شده توانایی تغییر دبی در اثر تغییرات موقعیت پلانجر را دارا می‌باشد.

۳- نتایج شبیه‌سازی برای فشار و دبی خروجی در قطر نازل ۸ میلی‌متر، به نتایج حاصل از ارزیابی آبپاش نزدیک‌تر بود.

۴- مطابق نتایج شبیه‌سازی برای فشار خروجی و دبی خروجی، موقعیت پلانجر D3 به عنوان بهترین حالت برای آبپاش بدست آمد.

۵- در ارزیابی مزرعه‌ای آبپاش، نازل ۸ میلی‌متر با فشار ۶ اتمسفر و در موقعیت پلانجر D2، بیشترین قطر پاشش آب و نازل ۸ میلی‌متر در موقعیت D3 کمترین افت فشار در سر آبپاش و نازل ۱۲ میلی‌متر در موقعیت D2 و فشار ۶ اتمسفر بیشترین مقدار دبی را نشان داد.

منابع

Armindo, R. A., T. A. Botrel and T. C. Garzella. 2011. Flow rate sprinkler development for site-specific irrigation: Irrigation Science. 29: 233-240.

Gil, E., A. Escola, J. R. Rosell, S. Planas and L. Val. 2007. Variable rate application of plant protection products in Vineyard using ultrasonic sensors: Crop Protection. 26(8): 1287-1297.

Han, Y. J., A. Khalilian, T. O. Owino, H. J. Farahani and S. Moore. 2009. Development of Clemson variable-rate lateral irrigation system: Computers and Electronics in Agriculture. 68: 108-113.

Kheirabi, J. 1998. Principles and Methods of Irrigation and Water Measurements. Tehran branch of Iran University Press. (In Farsi).

Kim, Y. J., H. J. Kim, K. H. Ryu and J. Y. Rhee. 2008. Fertiliser application performance of a variable-rate pneumatic granular applicator for rice production: Biosystems Engineering. 100(4): 498-510.

King, B. A. and D. C. Kincaid. 2004. A Variable Flow Rate Sprinkler for Site-Specific Irrigation Management: Transactions of the ASABE. 20(6): 765-770.

Mc Lean, R. K., R. Sirranjan and G. Klassen. 2000. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation system: Canadian Agricultural Engineering. 42(1): 1-15.

Rezaei Shahraki, A. 2010. Design,Development and Evaluation of a Variable Flow Sprinkler Based on Sensor for Irrigation System. Faculty of Agriculture. Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).

Willmott, C. J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance: B Am Meteorological Society. 63:1309-1369.

Design and Development of a Variable Rate Sprinkler for an Automatic Irrigation System

Hanieh Roshan[1], Sayed Jalil Razavi[2] and Medhi Gheysari[3]

1- MSc Graduate student, Department of Farm Machinery Engineering, Isfahan University of Technology; ms.h.roshan@gmail.com
2- Assistant Professor, Department of Farm Machinery Engineering, Isfahan University of Technology; jrazavi@cc.iut.ac.ir
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Isfahan University of Technology; gheysari@cc.iut.ac.ir

Abstract

Water scarcity is a today world challenge which requires different countries to manage their water sources in the most efficient way. Sprinkler irrigation increases water consumption efficiency along with reduction of labor cost due to more uniform distribution of water across the field. Precision farming is based on the sit-specific use of inputs according to soil and plant needs. One of the main inputs for agricultural production is water. Thus, the efficient use of water sources according to variable rate irrigation is considered to be a basic approach of precision farming. The main purpose of this study was to design and fabricate a intelligent variable flow sprinkler, applicable in solid set sprinkler irrigation system. The preliminary drawing of the proposed sprinkler, which also included a flo and pressure control plunger, was simulated using Fluent software. The actual sprinkler was then fabricated an field evaluated. To measure performance parameters of the sprinkler, it was evaluated at three pressure levels, three plunger positions and three diameters of nozzle opening. The software could properly simulate flow variations resulted from different pressures, plunger positions and nozzle diameters. Simulation results of outlet flow and pressure for the 8 mm nozzle were more compatible with those of sprinkler's field evaluation. According to the obtained results of outlet flow and pressure, the software showed the best simulation performance in plunger position of D3. The sprinkler outlet flow rate indicated an ascending trend as water pressure increased and the cross section of water extended as a result of plunger displacement.

Keywords: irrigation, precision farming, simulation, variable flow sprinkler.