

## ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای (سنترپیوت) در مزارع کشت و صنعت و دامپروری مغان

یاسر حمدی احمدآباد<sup>۱</sup>، عبدالمجید لیاقت<sup>۲\*</sup>، تیمور سهرابی<sup>۳</sup>، علی رسول‌زاده<sup>۴</sup>، بیژن نظری<sup>۵</sup>، امین لیاقت<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۲. استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۳. استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۴. دانشیار، گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی

۵. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام‌خیمینی قزوین

۶. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۲/۱۳)

### چکیده

با ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده می‌توان میزان موفقیت این سامانه‌ها را تعیین کرد و راه‌کارهای عملی برای بهبود بازده آبیاری این سامانه‌ها و پیشنهادها برای سامانه‌های آبی را ارائه نمود. هدف اصلی این مطالعه، بررسی وضعیت و عملکرد سامانه‌های عقربه‌ای اجرا شده در منطقه مورد مطالعه بود. در این تحقیق ۵ سامانه آبیاری عقربه‌ای (عقربه ای) در مزارع یونجه، ذرت و چغندر قند کشت و صنعت و دامپروری مغان شهرستان پارس‌آباد به‌عنوان نمونه انتخاب شد. هر سامانه در ۳ آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی شامل، میانگین ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین، بازده واقعی کاربرد آب در ربع پایین، تلفات بادر دگی و تبخیر در مزارع مورد مطالعه به ترتیب ۴۷/۵۰، ۶۰/۴۰، ۵۰/۱۰، ۵۰/۱۰ و ۵/۳۲ درصد به دست آمد. تجزیه و تحلیل عوامل ارزیابی نشان داد که سامانه‌های عقربه ای مورد مطالعه از کارایی مناسبی برخوردار نبودند. دلیل کارایی نامناسب، بیشتر مربوط به مسائل مدیریتی و اشکالات فنی سامانه‌ها بود که مورد توجه قرار نگرفته بود. مقادیر پایین AELQ و PELQ به علت ناسازگاری شرایط کارکرد و طراحی نامناسب سامانه بود که باید مورد توجه و بازبینی قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی عملکرد، ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، بازده پتانسیل کاربرد آب، بازده واقعی کاربرد آب.

### مقدمه

طراحی و اجرای نادرست سامانه آبیاری عقربه‌ای (عقربه ای)، بازده واقعی آن را کاهش می‌دهد که این امر منجر به توزیع غیریکنواخت آب در طول بال، غیریکنواختی پخش آب و ایجاد شرایط ماندابی یا رواناب در سطح مزرعه می‌شود (Doustmohammadi et al., 2013). ارزیابی سامانه در حال کار برای بررسی صحت چگونگی نصب دستگاه، طراحی مناسب با شرایط منطقه و حصول اطمینان از عملکرد مناسب سامانه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (Ghaemi, 2004). پژوهشی بر روی انواع روش‌های آبیاری بارانی در مزارع چغندر قند آفریقای جنوبی نشان داد میانگین توزیع یکنواختی در چارک پایین  $(DU_{1/4})$  و متوسط بازده آبیاری برای سامانه عقربه‌ای به ترتیب ۸۱/۴ و ۸۳/۶ درصد است (Ascough and Kiker, 2002). تحقیقات بر روی پارامترهای مؤثر در مدیریت سامانه عقربه‌ای

نشان داد پاشنده‌هایی که در ارتفاع بالای یک متر از سطح خاک قرار می‌گیرند، بازده آبیاری را افزایش می‌دهند. بهترین توزیع یکنواختی مربوط به پاشنده‌های ارتفاع ۲ متری از سطح خاک بود (Martinez et al., 2003; omary et al., 1997). نتیجه ارزیابی سامانه آبیاری عقربه‌ای در کرج نشان داد عوامل ارزیابی نظیر بازده کاربرد پتانسیل، بازده کاربرد واقعی و توزیع یکنواختی به ترتیب ۷۹، ۷۵/۸ و ۸۴ درصد می‌باشد (sohrabi and asilmanesh, 1998). نتایج ارزیابی سامانه آبیاری عقربه‌ای در منطقه باجگاه نشان داد متوسط یکنواختی توزیع در طول فصل زراعی ۶۳ درصد و میانگین راندمان پتانسیل کاربرد آب ۵۵ درصد می‌باشد که نشان از وضعیت نامناسب سامانه دارد (Frooghi and Ghaemi, 2007). به‌منظور تأثیر سیکل‌های حرکت و توقف سامانه عقربه‌ای (عقربه ای) بر روی شاخص‌های ارزیابی و همچنین تأثیر باد بر روی این پارامترها پژوهشی انجام و نتایج آن نشان داد با کاهش زمان توقف دستگاه، عملکرد سامانه بهبود می‌یابد، همچنین افزایش سرعت باد ابتدا باعث

استفاده از نمونه‌های دست‌نخورده که دارای حجم مشخصی بودند تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید. برای تعیین رطوبت خاک قبل از آبیاری از روش وزنی استفاده شد. رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم بر اساس بافت خاک و چگالی ظاهری و ارزیابی صحرائی تعیین گردید. عوامل مربوط به خاک در جدول (۱) ارائه شده است.

برای محاسبه عمق آب موردنیاز گیاه در مزارع تحت ارزیابی، عمق توسعه ریشه با حفر پروفیل تعیین گردید. برای تعیین شیب مزارع از دوربین نقشه‌برداری و شاخص استفاده شد. به منظور تعیین سرعت باد در مراحل مختلف ارزیابی، از بادسنج سیار استفاده شد. قوطی‌های نمونه‌برداری در هر مرحله، در دو ردیف شعاعی با فاصله ۳ متر از یکدیگر قرار داده شدند. با عبور سامانه از روی قوطی‌های چیده شده و جمع شدن آب در داخل آنها، بلافاصله اقدام به اندازه‌گیری حجم آب جمع شده با استفاده از استوانه مدرج ۲۵۰ میلی‌لیتری گردید. ارزیابی‌های انجام‌شده برای همه سامانه‌ها در سه آزمایش در سال ۱۳۹۴ انجام شد. تاریخ ارزیابی‌های انجام‌شده و کشت و برداشت محصول در جدول (۲) ارائه شده است. خصوصیات سامانه‌های انتخاب‌شده برای ارزیابی در جدول (۳) آورده شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، عوامل ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع آب، بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد آب و تلفات تبخیر و بادبردگی برای هر یک از مزارع آزمایشی با استفاده از روابط ۱ تا ۵ محاسبه گردید.

#### ضریب یکنواختی کریستیانسن<sup>۱</sup> (CU<sub>c</sub>)

ضریب یکنواختی کریستیانسن شاخص مناسبی برای نشان دادن یکنواختی توزیع آب در سامانه آبیاری عقربه‌ای می‌باشد. برای تعیین این ضریب از معادله زیر استفاده گردید (Merriam and Keller 1978):

$$CU_c = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |D_i - \bar{D}|}{n \times \bar{D}} \right] \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن، CU<sub>c</sub>: ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)، n: تعداد قوطی،  $\bar{D}$ : میانگین عمق آب جمع شده در قوطی‌ها (میلی‌متر)، D<sub>i</sub>: عمق آب در هر یک از قوطی‌های اندازه‌گیری (میلی‌متر). برای محصولات معمولی که عمق ریشه آن‌ها متوسط می‌باشد، مقدار ضریب یکنواختی کریستیانسن بین ۸۱ تا ۸۷ درصد توصیه شده است (Merriam and Keller 1978).

کاهش عملکرد سامانه می‌شود، ولی با افزایش سرعت باد به بیشتر از ۲ متربرثانیه مقدار ضرایب یکنواختی مجدداً افزایش می‌یابد (Ouazaa et al., 2015). یکنواختی توزیع آب تحت تأثیر کیفیت آبیاری می‌باشد به طوری که با تعویض آبیاری‌های فرسوده، شدت پاشش از ۱۰/۱ میلی‌متر به ۳/۸ میلی‌متر در ساعت کاهش و یکنواختی توزیع از ۸۲ درصد به ۸۸ درصد افزایش می‌یابد (Louie and Selker, 2000). نتایج ارزیابی سامانه‌های مختلف آبیاری تحت فشار اجراشده در استان کرمانشاه، نشان داد بیشتر سامانه‌های موردبررسی به دلیل استفاده از تجهیزات غیراستاندارد، مشکلات مدیریتی و نگهداری، به خصوص در ارگان دولتی، عدم توجه کشاورزان به الگوی کشت طراحی برای سیستم، دانش ناکافی کشاورزان نسبت به نیاز آبی و مشکلات طراحی و اجرایی، دارای عملکرد ضعیفی هستند (Ghamarnia and Sepehri, 2010). سرعت چرخش سامانه عقربه‌ای با ضریب یکنواختی پخش آب همبستگی دارد، به طوری که با افزایش سرعت، یکنواختی پخش افزایش می‌یابد (salah, 2013). آبیاری در شب و استفاده از ماشین‌های آبیاری نظیر سامانه عقربه‌ای به جای سامانه ثابت، موجب کاهش تلفات تبخیر و باد به حدود نصف یا دوسوم می‌شود (Playa'n and Mateos, 2006). مطالعه اثر دو سرعت حرکت سامانه عقربه‌ای و دو چرخه زمانی بر روی عملکرد آبیاری، نشان داد که چرخه زمانی اثر جزئی بر روی یکنواختی شعاعی دارد اما روی یکنواختی دایره‌ای هیچ اثری ندارد (Yan et al., 2010). با توجه به کمبود آب در اکثر نقاط کشور و تمایل به افزایش استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار با بازده بالا نظیر سامانه آبیاری عقربه‌ای، ارزیابی این سامانه‌ها برای افزایش عملکرد آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. لذا هدف از این پژوهش، ارزیابی سامانه‌های عقربه‌ای اجراشده در مزارع شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان بود.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزارع تحت سامانه آبیاری عقربه‌ای کشت و صنعت و دامپروری مغان واقع در شهرستان پارس‌آباد انجام شد. از مزارع تحت سامانه آبیاری عقربه‌ای، ۵ مزرعه به‌عنوان نمونه انتخاب شد. الگوی آرایش قوطی‌ها در مزرعه مطابق با استاندارد ASAE S436 انجام شد (ASAE Standards, 1994). اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای شامل اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به خاک، گیاه، اقلیم و سامانه‌های عقربه‌ای می‌باشد که برای هر یک از مزارع آزمایشی انجام شد. وزن مخصوص ظاهری با

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزارع مورد مطالعه کشت و صنعت و دامپروری مغان

مزرعه	بافت خاک	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	رطوبت پژمردگی (درصد حجمی)
A1	سیلت رسی	۱/۴۰	۳۷/۵۰	۱۳/۶۰
A2	سیلت رسی	۱/۳۷	۳۴/۰۰	۱۰/۴۰
A3	سیلت رسی	۱/۳۲	۳۶/۳۰	۹/۲۰
A4	سیلت رسی	۱/۳۰	۳۶/۸۰	۱۲/۱۰
A5	سیلت رسی	۱/۴۱	۳۸/۷۰	۱۵/۶۵

جدول ۲- تاریخ مربوط به عملیات کاشت و برداشت و ارزیابی در مزارع ذکر شده

مزرعه	محصول	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	تاریخ ارزیابی ۱	تاریخ ارزیابی ۲	تاریخ ارزیابی ۳
A3	چغندر قند	۹۴/۱/۱۵	۹۴/۸/۳۰	۹۴/۴/۱۵ - ارتفاع گیاه ۱۳ سانتی متر	۹۴/۵/۵ - ارتفاع گیاه ۲۰ سانتی متر	۹۴/۵/۳۰ - ارتفاع گیاه ۳۰ سانتی متر
A2	یونجه	۸۹/۶/۳۰	۶ برداشت در یک فصل زراعی	۹۴/۴/۱۳ - دو روز پس از عملیات برداشت	۹۴/۴/۲۷ - ارتفاع گیاه ۱۵ سانتی متر	۹۴/۵/۲۵ - ۶ روز قبل از برداشت
A1	یونجه	۹۰/۷/۲	۶ برداشت در یک فصل زراعی	۹۴/۴/۱۶ - دو روز پس از عملیات برداشت	۹۴/۴/۳۰ - ارتفاع گیاه ۲۰ سانتی متر	۹۴/۵/۲۸ - ۴ روز قبل از برداشت
A4	ذرت	۹۴/۴/۲	۹۴/۶/۲۰	۹۴/۴/۱۲ - مرحله جوانه زنی	۹۴/۴/۲۶ - مرحله میانی رشد	۹۴/۵/۲۴ - مرحله دانه بندی
A5	ذرت	۹۴/۴/۶	۹۴/۶/۲۵	۹۴/۴/۲۰ - مرحله جوانه زنی	۹۴/۵/۶ - مرحله میانی رشد	۹۴/۵/۳۱ - مرحله دانه بندی

### راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین (AELQ)

این شاخص چگونگی بهره‌برداری از یک سامانه اجرا شده را نشان می‌دهد. برای تعیین راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین از معادله (۳) استفاده شد (Merriam and Keller 1978):

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن، AELQ راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین (درصد) و  $D_r$ : متوسط عمق آب آبیاری (میلی متر) می‌باشد. اگر متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده از کمبود رطوبت خاک (SMD) بیشتر باشد، در معادله فوق به جای  $D_q$  مقدار SMD قرار می‌گیرد.

### بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ)

بازده پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین، بیانگر آن است که سامانه موجود در شرایط بهره‌برداری مناسب چگونه عمل می‌کند. محدوده ۶۵ تا ۸۵ درصد محدوده مجاز برای بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین توصیه شده است. برای به دست آوردن این شاخص از رابطه زیر استفاده شد (Merriam and Keller 1978):

جدول ۳- خصوصیات سامانه‌های عقربه‌ای مورد ارزیابی در مزارع کشت و صنعت و دامپروری مغان

سیستم	طول لترال (متر)	تعداد اسپن	قطر لترال (اینچ)	تعداد آبپاش
A1	۴۸۷	۱۲	۶ و ۸	۱۳۴
A2	۴۱۸	۹	۵، ۶ و ۸	۱۱۵
A3	۴۸۷	۱۲	۵، ۶ و ۸	۱۳۰
A4	۲۸۰	۶	۵ و ۶	۶۳
A5	۳۱۷	۷	۵ و ۶	۷۲

### یکنواختی توزیع آب (DU)

یکنواختی توزیع، شاخصی است که میزان یکنواختی کاربرد آب در سطح مزرعه را تعیین می‌کند. برای محاسبه DU از رابطه زیر استفاده شد (Merriam et al., 1980):

$$DU = \frac{D_q}{D} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن،  $D_q$ : میانگین وزنی پایین‌ترین ربع نمونه‌ها (میلی متر)،  $\bar{D}$ : میانگین وزنی کل نمونه‌های سامانه (میلی متر) و DU: یکنواختی توزیع آب (درصد). مقدار توصیه شده یکنواختی توزیع آب بین ۶۷ تا ۸۰ درصد می‌باشد (Merriam and Keller 1978).

شده است که در نتیجه این عوامل مدیریتی، مقدار PELQ در حد غیرقابل قبولی به دست آمد. با تعمیر سامانه و بازرسی‌های میدانی می‌توان مقدار PELQ را ارتقاء داد.

تلفات ناشی از تبخیر و بادبردگی در بازه ۴ تا ۷ درصد بود (Frooghi and Ghaemi, 2007; Mikhak Beiranvand *et al.*, 2014). مقدار میانگین AELQ با توجه به جدول (۴) برابر با مقدار PELQ (۵۷/۶۵ درصد) به دست آمد. این برابری نشان‌دهنده این است که حداقل آب داده شده به زمین و ذخیره شده در منطقه ریشه، کمتر از کمبود رطوبتی خاک بوده است (López-Mata *et al.*, 2010)، طوری که در هیچ قسمت از زمین، گیاه به اندازه کافی آب دریافت نکرده است، به عبارتی کم آبیاری در مزارع اتفاق افتاده است. این موضوع در شکل (۱) قابل مشاهده است. بالا بودن دور آبیاری، کوچک بودن دهانه نازل، نشت زیاد لوله اصلی به دلیل بالا بودن عمر سیستم، پوسیدگی لوله، نشت از محل اتصال اسپن‌ها به یکدیگر، از عوامل مؤثر بر این موضوع بوده است. کم بودن مقدار AELQ نشان از ضعف مدیریت سامانه بوده است. مدیریت و بازرسی‌های میدانی در افزایش این شاخص می‌تواند اثرگذار باشد. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، ضریب یکنواختی توزیع (DU) در تمام سامانه‌ها به جز A۲ کمتر از محدوده توصیه شده است، همچنین ضریب یکنواختی کریستیان سن (CU)، برای سیستم A۱ و A۳ کمتر از مقادیر توصیه شده است، ولی در بقیه سامانه‌ها این مقادیر در محدوده توصیه شده قرار دارند (Merriam and Keller 1978; Roland, 1982). کمترین مقدار CU و DU مربوط به سامانه A۳ بود. دلیل این موضوع را می‌توان تلفات بالای تبخیر و بادبردگی در نظر گرفت (Frooghi and Ghaemi, 2007). در همه سامانه‌های مورد مطالعه، ضعف مدیریتی از عوامل اثرگذار در کاهش راندمان بود. به‌عنوان نمونه، شکل (۲) توزیع پراکنش آب جمع‌آوری شده را در قوطی‌های جمع کننده در سه آزمایش سامانه A۱ نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ نقاطی که مقدار آن از مقدار میانگین کمتر یا بیشتر است نشان از خرابی آبیاش، کار نکردن آبیاش، نشت آبیاش و قطر نامناسب آنها است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود پراکندگی عمق آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها زیاد است، دلیل این موضوع عدم چرخش آبیاش‌ها بود که باعث شده آب فقط به یک‌طرف ریزش داشته باشد. این موضوع سبب شد در یک‌طرف به دلیل هم‌پوشانی بالا، عمق آب بیشتر از مقدار میانگین و در طرف دیگر (هم‌پوشانی صورت نگرفته است) کمتر از میانگین باشد. بالا بودن عمق آب در انتهای لترال به دلیل عدم چرخش گان بوده است.

$$\text{PELQ} = \frac{D_{IqMAD}}{D_{MAD}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن،  $D_{IqMAD}$ : متوسط یک‌چهارم کمترین عمق نفوذ کرده است (متوسط یک‌چهارم کمترین عمق‌های جمع‌آوری شده در قوطی‌ها) (میلی‌متر) زمانی که برابر با  $MAD$  باشد و  $D_{MAD}$ : متوسط عمق آب به‌کاربرده شده (اندازه‌گیری شده از سر نازل آبیاش) (میلی‌متر) زمانی که  $SMD=MAD$  است.  $MAD$ : کمبود رطوبت مجاز مدیریتی است که بر اساس گیاه و وضعیت محیطی انتخاب می‌شود. محدوده استاندارد این شاخص ۶۵ تا ۸۵ درصد می‌باشد (Roland 1982; Merriam and Keller 1978; Markley and Allen 2004).

#### تلفات تبخیر و بادبردگی<sup>۱</sup> (EWDL)

در آبیاری بارانی تفاوت بین میانگین آب داده شده و میانگین آب جمع شده در قوطی‌ها می‌تواند به‌عنوان تلفات ناشی از تبخیر و بادبردگی تلقی گردد. مقدار تلفات ناشی از تبخیر و بادبردگی (این تلفات به‌عنوان درصدی از آب کاربردی در نظر گرفته می‌شود) از رابطه زیر به دست آمد (Merriam and Keller 1978):

$$\text{EWDL} = \text{DU} - \text{PELQ} \quad (\text{رابطه ۵})$$

#### نتایج و بحث

به‌منظور تعیین کارایی و عملکرد سامانه عقربه ای در مزارع مورد مطالعه، پس از اندازه‌گیری‌های صحرائی و جمع‌آوری داده‌ها، نتایج در جدول (۴) و شکل‌های (۱) و (۲) ارائه شد.

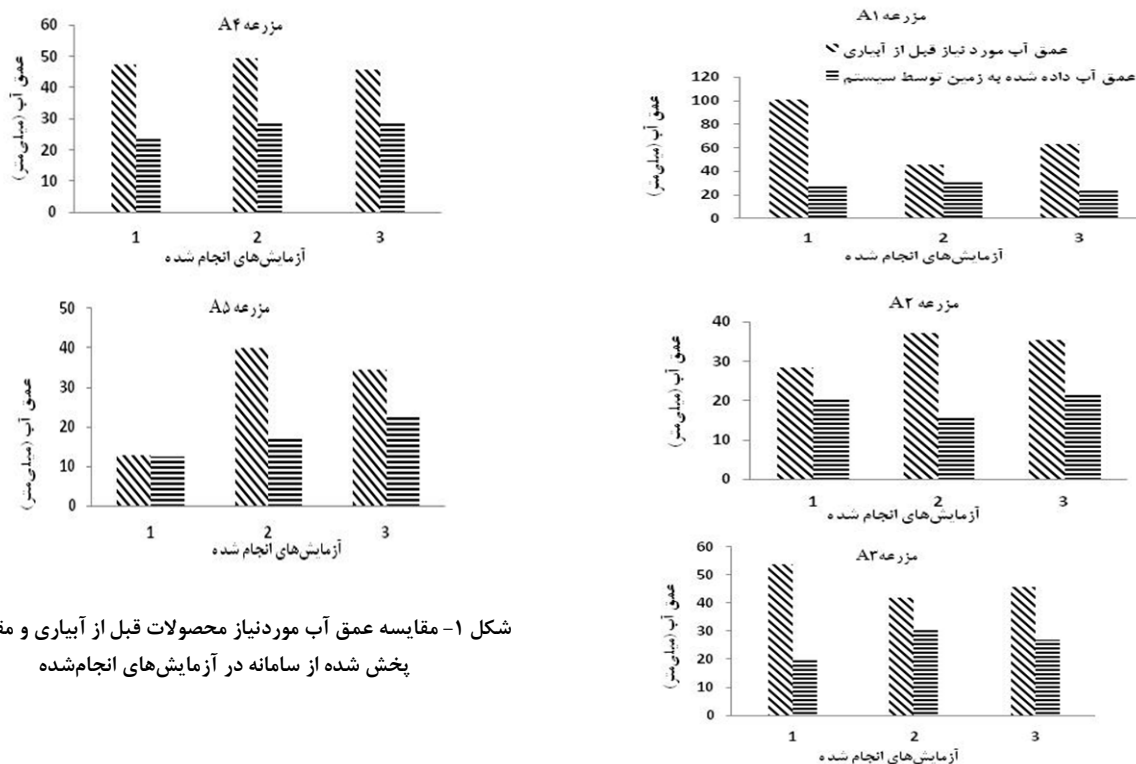
مقادیر PELQ (بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین) برای مزارع مورد مطالعه در جدول (۴)، کمتر از محدوده استاندارد ۶۵ تا ۸۵ درصد بوده است (Roland 1982; Merriam and Keller 2004; Markley and Allen 1978). مقادیر پایین PELQ احتمالاً می‌تواند به دو دلیل ۱- طراحی و اجرای نادرست ۲- مدیریت بهره‌برداری غیر صحیح از سامانه باشد (Montazar and Sadeghi 2008; Mikhak Beiranvand *et al.*, 2014). از طرفی مقدار پایین PELQ نشان می‌دهد که سامانه موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی ندارد و خوب طراحی نشده است (Frooghi and Ghaemi, 2007). مشاهدات و مطالعات میدانی انجام گرفته بر روی سامانه‌ها نشان داد که مدیریت نادرست و ضعیف عامل اثرگذار بر روی کم بودن مقدار PELQ بوده است. طوری که استهلاک سامانه و قدیمی بودن آن، خراب شدن فنر آبیاش، نشت از محل اتصال نازل به لوله اصلی و پوسیدگی لوله، باعث افت فشار و کاهش دبی خروجی از نازل

جدول ۴- اجزاء و عوامل مقایسه ارزیابی در سامانه‌های عقربه‌ای مورد مطالعه

مزرعه	گیاه	ضریب یکنواختی (درصد) (CU)	یکنواختی توزیع (درصد) (DU)	PELQ (درصد)	AELQ (درصد)	تلفات تبخیر و باد بردگی (درصد)
A1	یونجه	۶۹/۹۰	۵۹/۱۰	۵۳/۹۰	۵۳/۹۰	۵/۲۰
A2	یونجه	۸۰/۴۰	۶۸/۴۰	۶۱/۴۰	۶۱/۴۰	۷
A3	چغندر	۸۰/۴۰	۵۴/۴۰	۴۹/۱۰	۴۹/۱۰	۵/۳۰
A4	ذرت	۷۵/۵۰	۵۸/۸۰	۵۴/۸۰	۵۴/۸۰	۴
A5	ذرت	۷۷/۸۵	۶۱/۴۰	۵۶/۳۰	۵۶/۳۰	۵/۱۰
میانگین		۴۷/۵۰	۶۰/۴۰	۵۵/۱۰	۵۵/۱۰	۵/۳۲

بر روی سامانه اعمال کرده بود که اعم از تنظیم سرعت حرکت عقربه‌ای و تشخیص زمان آبیاری می‌باشد. همچنین متفاوت بودن اپراتور دو سامانه می‌تواند یکی دیگر از دلایل این موضوع باشد. اکثر آبپاش‌های مشاهده شده بر روی سامانه دارای فشار کارکرد پایین و نشت از محل اتصال به لترال بودند. نشت و فشار کارکرد پایین سبب شد مقدار دبی خروجی از آبپاش‌ها کمتر از مقدار ارائه شده آن در کاتالوگ و طراحی باشد. آزمایش ۱ مزرعه A1، بلافاصله بعد از عملیات برداشت جین دوم یونجه انجام شد. عملیات برداشت، آبیاری را نسبت به دور عادی آبیاری ۵ روز به تأخیر انداخت. تأخیر در دور آبیاری سبب شد مقدار رطوبت خاک کاهش پیدا کند و گیاه مقدار آب بیشتری را نسبت به بقیه آزمایش‌ها نیاز داشته باشد. این موضوع در شکل (۱) قابل مشاهده است. بنابراین، نیاز آبی گیاه با مقدار پخش سامانه سازگار نبوده و نیاز آبی محصول برآورده نمی‌شود.

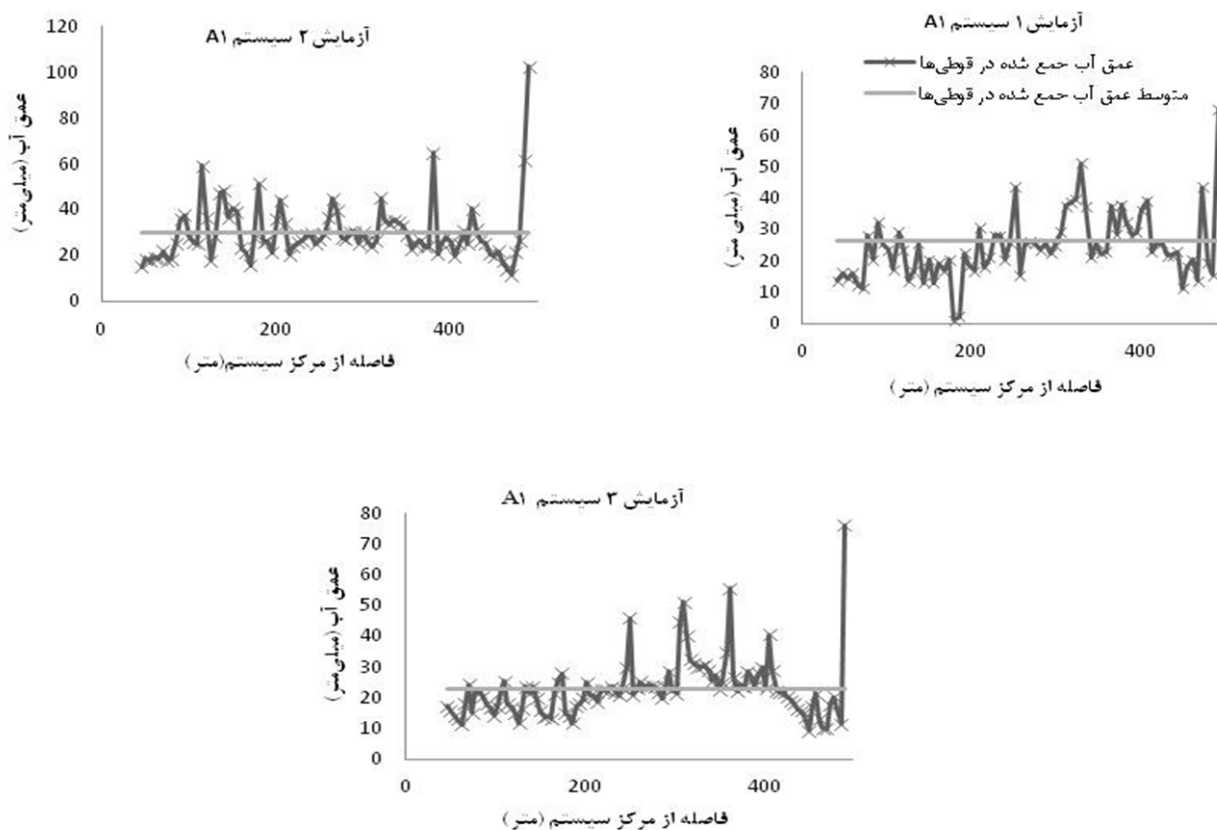
مقایسه بین عمق آب مورد نیاز قبل از آبیاری و مقدار آب داده شده به زمین توسط سامانه در شکل (۱) نشان می‌دهد که در هیچ کدام از آزمایش‌ها و مزارع مورد مطالعه، کفایت آبیاری ۱۰۰ درصدی تأمین نشده است. این موضوع به دلیل کم آبیاری‌هایی بوده که در مزارع افتاده است. به عنوان نمونه، در شکل (۱) عمق لازم آبیاری (کمبود رطوبتی خاک) و مقدار آب پخش شده از آبپاش، برای دو سامانه A1 و A2 بحث می‌شود. مقایسه عمق آب مورد نیاز قبل از آبیاری با عمق آب داده شده به زمین در مزارع A1 و A2 نشان می‌دهد که در هیچ یک از اراضی تحت آبیاری عقربه‌ای، عمق آبیاری تأمین نشده است. این موضوع به دلیل سرعت حرکت سامانه نبوده است (سرعت حرکت در بازه ۳۰-۱۵ درصد بوده است). دلیل این کم آبیاری می‌تواند دبی و فشار پایین آبپاش‌ها باشد. متفاوت بودن عمق آب آبیاری در مزارع یونجه به دلیل شرایطی بود که اپراتور



شکل ۱- مقایسه عمق آب مورد نیاز محصولات قبل از آبیاری و مقدار آب پخش شده از سامانه در آزمایش‌های انجام شده

نشان می‌دهد نقص پیش‌آمده در مدت زمان انجام آزمایش‌ها (دو ماه) توسط اپراتور بررسی و رفع نشده است (شکل ۲). در همه سامانه‌های مطالعه شده بنابر آزمایش‌های میدانی، مهم‌ترین عامل کاهش راندمان، مشکلات فنی سامانه‌ها بوده که نمونه‌ای از آن‌ها در شکل (۲) ارائه و بحث شد.

مقایسه بین شکل‌های (۲)، موضوع مدیریت ضعیف و عدم بازرسی اپراتورها را بیان می‌کند. به‌عنوان مثال، در سامانه A1 مقدار آب جمع شده در گان انتهایی بیشتر از تمام مقادیر بوده است (شکل ۲). مشاهدات صحرایی عدم چرخش و ثابت بودن گان انتهایی را تأیید می‌کند، مقایسه بین سه آزمایش



شکل ۲- توزیع پراکنش آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها

(Roland 1982; 1978). از جمله مهم‌ترین عوامل کاهشده شاخص‌های مذکور می‌توان عدم نظارت و بازرسی‌های میدانی اپراتور، استفاده از آبیاش‌های یک و دوطرفه در یک سیستم، نشت از محل اتصال آبیاش به لترال، فشار و دبی نامناسب آبیاش‌ها، خرابی و عدم چرخش آبیاش را نام برد. با توجه به مطالب گفته‌شده و مطالعات میدانی، سهم بزرگی از دلایل پایین بودن عملکرد این سامانه‌ها، مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از آنهاست.

### سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج طرح پژوهشی چرخه بهبود بهره‌وری آب است که بدین‌وسیله از دفتر بهبود بهره‌وری آب و اقتصاد، معاونت آب و آبیاری وزارت نیرو که هزینه‌های اجرایی این طرح را عهده‌دار هستند تقدیر و تشکر می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

با تجزیه و تحلیل داده‌های صحرایی برداشت‌شده نتایج زیر به دست آمد:

میانگین بازده پتانسیل (PELQ) ۵۵/۱۰ درصد به دست آمد. این مقدار برای سامانه آبیاری عقربه‌ای کم بوده و مشکلات موجود در طراحی را بیان می‌کند (Sohrabi and Asilmanesh, 1998). مقدار راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین با مقدار PELQ برابر است. این برابری نشان از کم آبیاری انجام‌شده در مزارع می‌باشد. برای رفع کم آبیاری‌های صورت گرفته، کم کردن دور آبیاری، استفاده از آبیاش با سوراخ بزرگتر و تعمیر آبیاش‌های ازکارافتاده و خراب‌شده پیشنهاد می‌شود. میانگین ضریب یکنواختی توزیع (DU) و ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (CU) برای سامانه‌های عقربه‌ای مورد مطالعه در محدوده مقادیر توصیه‌شده نبوده است (Merriam and Keller

## REFERENCES

- ASAE Standards, 41 st ed (1994) The procedures for determining the uniformity of water distribution of center pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles.
- Ascough, G. W. and Kiker, G. A. (2002). The effect of irrigation uniformity on irrigation water requirements. *Journal of Water SA*, 28(2), 235-241.
- Doustmohammdi, M., Soltanimohammadi, A., RezaiiRad, H. (2013). Evaluation performance center pivot irrigation system in Qom. In: *First National Conference on Water Crisis*, 15-16 May., Islamic Azad University of Isfahan, Iran, pp. 410-419.
- Frooghi, F. and Ghaemi, A. (2007). Determination of evaporation and wind drift losses under Center pivot irrigation machine in Badjgah region. *Journal of Irrigation & Drainage*, 1(1), 63-70. (In Farsi).
- Ghaemi, A. A. (2004). Hydraulic Evaluation and Testing of Iranian Made Center Pivot Irrigation System. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5(19), 28-48. (In Farsi).
- Ghamarnia, H. and Sepehri, S. (2010). A comparison of private and public pressurized irrigation systems in different parts of the Kermanshah province west Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1), 321-325.
- López-Mata, E., Tarjuelo, J. M., de Juan J. A., Ballesteros, R. and Domínguez, A. (2010). Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. *Journal of Agricultural Water Management*, 98(1), 190-198.
- Louie, M. J. and Selker, J. S. (2000). Sprinkler head maintenance effects on water application uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126(3), 142-148.
- Markley, P. and Allen, G. (2004). Sprinkle and trickle irrigation lecture notes. 1th Ed. Utah state university, Utah, 279 p.
- Martinez, J. M., Valero, J. A. and Martin-Benito, T. (2003). Behaviour of several kinds of emitters on water distribution with center pivot equipments. *Comportement de quelques types d'asperseurs sur la distribution d'eau des pivots*.
- Merriam, J. L. and Keller, J. (1978). Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, United States University, Logan, United States, 271P.
- Merriam, J. L., Shearer, M. N., Burt, C. M. and Jensen, M. E. (1980). Evaluating irrigation systems and practices. Design and operation of farm irrigation systems. 721-760.
- Mikhak bairanvand, Z., BroomandNasab, S., IzadPanah, Z. and Maleki, A. (2014). The efficiency of irrigation systems, sprinkler irrigation in Khorramabab. *Journal Of Water and Irrigation Management*, 4(2), 191-202. (In Farsi).
- Montazar, A. and Sadeghi, M. (2008). Effects of applied water and sprinkler irrigation uniformity on alfalfa grown and hay yield. *Journal of Agricultural water management*, 95(11), 1279-1287.
- Omary, M., Camp, C. R. and Sadler, E. J. (1997). Center Pivot irrigation system modification to provide variable water application depths. *Journal of Applied Engineering in Agriculture*, 13(2), 235-239.
- Ouazaa, S., Latorre, B., Burguete, J., Serreta, A., Playan, E., Salvador, R., Paniagua, P. and Zapata, N. (2015). Effect of the start – stop cycle of center-pivot towers on irrigation performance: Experiments and simulations. *Journal of Agricultural Water Management*, 147(2015), 163-174.
- Playa'n, E. and Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Journal of Agricultural Water Management*, 80(1), 100-116.
- Roland, L. (1982). Mechanized sprinkler irrigation. *FAO irrigation and drainage*, 409p.
- Salah, A. R. (2013). Evaluation of speed Effect on Center Pivot Irrigation System Performance at Waha Project under Sudan North State Conditions. In: *International Conference on Civil and Architecture Engineering*, Malaysia.
- Sohrabi, T. and Asilmanesh, R. (1998). Evaluation performance center pivot irrigation system in karaj. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 2(2), 1-14. (In Farsi).
- Yan, H., Jin, H. and Qian, Y. (2010). Characterizing center pivot irrigation with fixed spray plate sprinklers. *Journal of Science China Technological Sciences*, 53(5), 1398-1405.