

ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک در استان مرکزی

سعید بختیاری^۱، سید اسداله محسنی موحد^{۲*}، مهنوش مقدسی^۳ و داود داوودمقامی^۴

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک موجود در دشت‌های اراک، شازند، خنداب و کمیجان در استان مرکزی است. برای این منظور، ۱۰ سامانه آبیاری اجرا شده در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ انتخاب شد. سپس، ارزیابی با استفاده از معیارهای ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ) صورت گرفت. نتایج نشان داد که معیارهای ارزیابی در تمامی این سامانه‌ها دارای مقادیر نامطلوب هستند؛ به طوری که در بلوک‌های آزمایش، مقادیر میانگین DUt، CUt، PELQs و AELQs به ترتیب برابر ۷۱/۸، ۶۰/۶، ۴۸/۵ و ۴۸/۵ درصد و در کل سامانه، مقادیر میانگین CU، DU، PELQs و AELQs به ترتیب برابر ۶۷، ۴۸/۶۶، ۵۲ و ۵۲ درصد هستند. با توجه به مشاهدات صحرائی و نتایج به دست آمده، می‌توان گفت مشکلات اصلی سامانه‌های مذکور بی‌دقتی در طراحی، اجرا نکردن صحیح، مدیریت و نگهداری سامانه‌ها به طور غیراصولی و سازماندهی شده و به کار بردن وسایل با کیفیت نامناسب بود. همچنین، نتایج ارزیابی بعد از ترسیم منحنی درصد کفایت آبیاری نشان داد که در اکثر این سامانه‌ها در قسمت‌هایی از سطح زیرکشت کشاورزان اقدام به کم‌آبیاری کردند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، راندمان پتانسیل، راندمان واقعی، مزرعه.

ارجاع: بختیاری س.، محسنی موحد س.، ا. مقدسی م. و داوودمقامی د. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک در استان مرکزی. مجله پژوهش آب ایران. ۳۶: ۹-۱۸.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک.

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک.

۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک.

* نویسنده مسئول: movehd244@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 1397/12/28

تاریخ دریافت: 1397/02/25

مقدمه

حدود ۹۴ درصد از برداشت منابع آب قابل تجدید در ایران به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد. راندمان کل آبیاری در این بخش به‌طور متوسط، کمتر از ۴۳ درصد تخمین زده می‌شود (سهراب و عباسی، ۱۳۸۹). با اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار تا حد زیادی می‌توان راندمان مصرف را در بخش کشاورزی افزایش داد و به حل این معضل کمک کرد. انتخاب صحیح سامانه‌ی آبیاری، گام مهمی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک است. لزوم توجه به مشخصات و محدودیت‌های سامانه‌های آبیاری، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک محل، اهداف و پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی سبب می‌شود که انتخاب سیستم آبیاری به مسئله نسبتاً پیچیده مبدل شود (قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۱).

به گزارش بسیاری از محققان (لرنزینی و دی راجین، ۲۰۰۵) ارزیابی فنی باید فرایندی منظم و کوتاه‌مدت برای بررسی مشکلات و عیوب احتمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری باشد. مریام و کلر (۱۹۷۸) ارزیابی یک سامانه آبیاری را تحلیل کرده و بر پایه‌ی اندازه‌گیری‌ها در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سامانه تعریف کرده‌اند. بدین‌منظور، شاخص‌هایی برای مقایسه‌ی عملکرد واقعی یک سامانه آبیاری با معیارهای طراحی پیش‌بینی شده، پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها، متغیرهای قابل اندازه‌گیری هستند که وضعیت سامانه و تغییرات آن را نسبت به مکان و زمان شرح می‌دهند.

اسی (۲۰۰۹)، میانگین ضریب یکنواختی توزیع آب را در فواصل ۱۲ در ۱۲ و ۱۸ در ۱۸ متر به ترتیب برابر ۹۱ درصد و ۸۷ درصد به دست آورد. مونترو و همکاران (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که فشار کارکرد، اصلی‌ترین عامل مؤثر بر توزیع آب در آبیاری بارانی است. کلر و بلیسنر (۱۹۹۰) دریافتند در فشار کم به دلیل ریزش بیشتر آب در فواصل نزدیک به آب پاش و در فشار بالا به دلیل تولید قطرات ریزتر و حساس‌تر به باد، ضریب یکنواختی کاهش می‌یابد.

در ۱۰ سامانه آبیاری در دشت دهگلان کردستان، مقادیر مختلف پارامترهای ارزیابی سامانه آبیاری بارانی نشان داد که به دلیل طراحی و اجرای نامناسب، تمامی پارامترهای ارزیابی پایین‌تر از حد توصیه‌شده توسط مریام و کلر هستند (فاریابی و همکاران، ۱۳۸۹).

طالبی و همکاران (۱۳۹۲)، معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان واقعی در ربع پایین اراضی (AELQ)، راندمان کاربرد (AE) را در سامانه‌های آبیاری بارانی منتخب شهرستان شوش مورد شناسایی و ارزیابی قرار دادند. بررسی‌ها نشان داد که کلیه پارامترهای این ارزیابی کمتر از حد مطلوب برای این سامانه‌ها بودند. دلیل پایین بودن راندمان در این سامانه‌ها، استفاده‌ی هم‌زمان از تعداد غیرمجاز آبیاری، بی‌دقتی در طراحی و اجرای طرح‌ها، وزش باد غالب منطقه و مشکلات مدیریتی است.

عیوضی حسن‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲)، در یک مزرعه‌ی آزمایشی آبیاری بارانی در شهر اهواز، ۵۴ مورد آزمایش برای ارزیابی یکنواختی توزیع آب در شرایط سرعت‌های متفاوت باد و فشار کارکرد متفاوت انجام دادند. نتایج حاکی از آن بود که رابطه‌ی بین دو پارامتر CU و DU خطی است.

یونسی و همکاران (۱۳۹۳) مجموعه‌ای از سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت اجرا شده در شهرستان بهار در استان همدان را مورد ارزیابی فنی قرار دادند. آزمایش تعیین یکنواختی در مزارع، دو بار در طول فصل زراعی انجام گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که علاوه بر مشکلات طراحی و اجرایی، مدیریت و بهره‌برداری ضعیف نیز از دلایل پایین بودن عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی دشت بهار است.

رحمت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که آبیاری nelson نسبت به تغییرات سرعت باد و فشارهای در نظر گرفته شده نوسانات کمتری از لحاظ ضریب یکنواختی نسبت به آبیاری ADF دارد. همچنین، برای آبیاری‌های مذکور در آرایش‌های مربعی و مستطیلی، نسبت فواصل آبیاری به قطر پاشش را از ۰/۴ تا ۰/۵ پیشنهاد دادند.

اوجاقلو و همکاران (۱۳۹۶) عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاری متحرک را در استان زنجان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که باد، اثر قابل توجهی بر کاهش یکنواختی و راندمان کاربرد آب داشته است و به کار بردن عمق آب آبیاری زیاد و تغییرات فشار در سامانه‌های آبیاری بارانی مذکور، به عنوان عوامل مؤثر دیگر بر کاهش عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت شناخته شد.

آزمایش‌های میدانی در فصل آبیاری و در روزهای آرام و بدون باد و یا با سرعت خیلی خیلی کم باد انجام شده است. در هر آزمایش، متغیرهای هیدرولیکی سامانه، مانند فشار و دبی آبپاش‌ها در حین انجام کار اندازه‌گیری شد و به لحاظ دقت بیشتر در ثبت فشار آبپاش، در رایزر بعدی یک فشارسنج نصب و فشار آبپاش به صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری شد. دبی آبپاش‌های مورد آزمون نیز به روش حجمی با استفاده از دو رشته شلنگ، گالن ۲۰ لیتری و کرومومتر اندازه‌گیری شد. برای دقت بیشتر، دبی خروجی از هر آبپاش، از داده‌های کاتولوگ منحصربه‌فرد آن آبپاش تعیین و اندازه‌گیری شد. در هر مزرعه سعی شده است که با توجه به نقشه‌ی اجرای سامانه در مزرعه مورد مذکور، محل آبپاش‌های مورد آزمون در نقطه‌ای انتخاب شود که فشار سامانه در آن نقطه، متوسط باشد. قوطی‌های جمع‌آوری آب که همگی به ابعاد ۱۵ سانتی‌متر قطر و ۱۵ سانتی‌متر ارتفاع بودند، در شبکه‌بندی ۳*۳ متری قرار داده شدند. آن‌گاه پس از یک ساعت کارکرد، سامانه خاموش شد و آب داخل قوطی‌ها با استفاده از یک استوانه‌ی مدرج اندازه‌گیری و در فرم مخصوص آن یادداشت شد. بعد از انجام عملیات صحرائی و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، عملیات محاسباتی برای تعیین پارامترهای ارزیابی فنی سامانه صورت گرفت. پارامترهای ارزیابی در این پژوهش، شامل ضریب یکنواختی توزیع (CU)^۱، یکنواختی توزیع آب (DU)^۲، راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ)^۳ و راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ)^۴ هستند که به صورت جداگانه هم برای بلوک آزمایش و هم برای کل سامانه محاسبه شدند. معادلات مربوطه به صورت معادلات (۱) تا (۶) ارائه شدند.

$$CU_t = \left[1 - \frac{\sum |D_i - \bar{D}|}{\bar{D} \times N} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$DU_t = \frac{\bar{D}_{LQ}}{\bar{D}} \times 100 \quad (2)$$

$$PELQ_t = \frac{q_l}{D_r} \times 100 \quad (3)$$

$$AELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (4)$$

$$AELQ_t = \frac{SMD}{D_r} \times 100 \quad (5)$$

$$SMD = \frac{(FC-M) \times d \times p_b}{100} \quad (6)$$

در معادلات بالا، نمایه‌های CU_t ، DU_t ، $PELQ_t$ و $AELQ_t$ به ترتیب مقادیر ارزیابی ضریب یکنواختی کریستانسن،

باوی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که بازدهی کاربرد آب در سامانه‌های آبیاری بارانی قبل از هر چیز به وسیله‌ی میزان تلفات تبخیر و باد کنترل می‌شود و بازدهی واقعی آب در ربع پایین (AELQ)، معرف بازدهی آب در داخل مزرعه است، که واقعیت عینی دارد.

القباری (۲۰۱۴) برای مطالعه‌ی اثر تغییر نازل‌های پاشش اصلی و موقعیت لاترال‌ها توسط زارعان محلی نسبت به طراحی اولیه، با تحقیق روی ۴۸ سامانه سنتریپوت که در مزارع بخش‌های مختلف عربستان سعودی بود، نشان داد که تغییر ایجادشده توسط زارعان محلی بر کاهش مقادیر یکنواختی توزیع آب اثر جدی داشته است. لی و همکاران (۲۰۱۵) مدلی را برای شبیه‌سازی حرکت قطرات پس از خروج از آبپاش پیشنهاد کردند و بر مبنای آن، نرم‌افزاری را طراحی کردند که تحت شرایط فواصل آبپاش متفاوت و شرایط محیطی مختلف، در یک سامانه آبیاری بارانی، یکنواختی توزیع آب را پیش‌بینی می‌کند. در این نرم‌افزار از ضریب یکنواختی کریستانسن برای تخمین یکنواختی توزیع آب استفاده شده است. تاکنون در مناطقی از استان مرکزی، سامانه‌های آبیاری بارانی به صورت کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک مورد ارزیابی قرار نگرفته بودند. همچنین در مناطقی مثل دشت اراک که قبلاً مورد ارزیابی قرار گرفته بودند، با توجه به گذشت مدت زمان طولانی و همچنین افزایش سطح زیر کشت توسط سامانه‌ی مذکور نیاز به بررسی مجدد احساس می‌شد؛ از این‌رو، بنابر پیشنهاد مدیریت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی و سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی و با همکاری سازمان مربوطه، عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک اجراشده در دشت‌های اراک، شازند، خنداب و کمیجان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه شامل جمع‌آوری اطلاعات اولیه، اندازه‌گیری‌های داخل مزرعه (با عملیات صحرائی) و محاسبات نرم‌افزاری است. به منظور تعیین سرعت و جهت باد در زمان آزمایش، از بادسنج استفاده شد. همچنین، برای تعیین رطوبت فعلی خاک قبل از شروع آزمایش از مزرعه نمونه‌برداری شد و برای تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزارع، نمونه‌ها به آزمایشگاه تحویل داده شدند. تمام

1- Coefficient of Uniformity

2- Distribution Uniformity

3- Application Efficiency of Low Quarter

4- Potential Efficiency of Low Quarter

$$AELQ_s = (1 - ER) \times AELQ_t \quad (10)$$

$$ER = 0.2 \times \left(\frac{P_{max} - P_{min}}{P_{mean}} \right) \quad (11)$$

که در این معادلات، نمایه‌های AELQs، DUs، CUs و PELQs به ترتیب مقادیر ارزیابی ضریب یکنواختی کریستان سن، یکنواختی توزیع آب، راندمان کاربرد واقعی آب در ربع پایین و راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین در کل سامانه برحسب درصد هستند و نمایه‌های P_{min} ، P_{max} و P_{mean} به ترتیب فشار حداقل، حداکثر و متوسط سامانه برحسب بار هستند که به ترتیب از مانومتر کنار آبیاش مورد آزمون، فشارسنج ایستگاه پمپاژ و محاسبه‌ی میانگین دو مورد اخیر به دست آمده‌اند؛ نمایه‌ی ER، نیز ضریب کاهش راندمان است که برای تعیین مقادیر AELQs و PELQs در مزرعه به کار می‌رود.

نتایج و بحث

این پژوهش در ۱۰ مزرعه با اسامی اختصاری AS، AG، SHJ، KHH1، KHH2، KHN، KHF، KN، KF و KM در ۳ تیمار از محصولات کشاورزی شامل (گندم، جو و یونجه) و ۵ تیمار از مدل‌های آبیاش (VYR155، ZK30، SARO، KOMET، AMBO) در شهرستان‌های اراک، شازند، خنداب، کمیجان در استان مرکزی (طبق جدول ۱) انجام شده است:

یکنواختی توزیع آب، راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین و راندمان کاربرد واقعی آب در ربع پایین در بلوک آزمایش برحسب درصد هستند و نمایه‌های D_i ، عمق آب جمع شده در هر قوطی بعد از آزمایش به (mm) ؛ \bar{D} ، متوسط یا میانگین آب جمع شده در قوطی‌ها به (mm) ؛ N ، تعداد قوطی‌ها یا مشاهدات؛ \bar{D}_{LQ} ، میانگین آب جمع شده در یک چهارم کمترین مقادیر قوطی‌ها به (mm) ؛ D_q ، میانگین یک‌چهارم کمترین عمق آب ذخیره‌شده در ناحیه‌ی ریشه (mm) ؛ D_r ، متوسط عمق آب آبیاری اندازه‌گیری شده از سر نازل به (mm) ؛ q_1 ، متوسط کمترین یک چهارم مقدار عمق آب نفوذ یافته (mm) ؛ SMD، کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه به (mm) ؛ FC، درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت زراعی؛ M ، درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری؛ d ، عمق مؤثر ریشه دوانی به (cm) ؛ و P_b ، جرم مخصوص خاک برحسب (gr/cm^3) هستند. همچنین معادله‌ی (۵) زمانی به جای معادله‌ی (۴) استفاده می‌شود که مقدار SMD کمتر از D_q باشد، سپس برای به دست آوردن پارامترهای ارزیابی در کل سامانه از معادلات زیر استفاده شد:

$$CU_s = CU_t \left[\frac{1 + \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{2} \right] \quad (7)$$

$$DU_s = DU_t \left[\frac{1 + 3 \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{4} \right] \quad (8)$$

$$PELQ_s = (1 - ER) \times PELQ_t \quad (9)$$

جدول ۱- مشخصات کلی مزارع

سال اجرا	مدل آبیاش‌ها	تعداد آبیاش‌های در حال کار	نوع سامانه	محصول	منطقه	کد
۱۳۹۲	Vyr 155	۲۴*۲۴	چاه	جو	اراک- سهل‌آباد	AS
۱۳۹۱	Zk30	۲۴*۲۴	چاه	یونجه	اراک- گاوخانه	AG
۱۳۹۳	Saro	۲۲*۲۲	چاه	گندم	شازند- جمال‌آباد	SHJ
۱۳۹۴	Zk30	۲۰*۲۰	چاه	گندم	خنداب- حصار	KHH1
۱۳۸۹	Komet	۲۰*۲۰	چاه	یونجه	خنداب- حصار	KHH2
۱۳۹۲	Ambo	۲۳*۲۳	چاه	یونجه	خنداب- نصیرآباد	KHN
۱۳۹۱	Ambo	۲۰*۲۰	چاه	یونجه	خنداب- فوران	KHF
۱۳۹۳	Ambo	۲۴*۲۴	چاه	گندم	کمیجان- نهر پشته	KN
۱۳۹۲	Vyr155	۲۳*۲۳	چاه	گندم	کمیجان- فتح‌آباد	KF
۱۳۹۳	Cyr155	۲۳*۲۳	چاه	گندم	کمیجان- محمودآباد	KM

*حرف سمت چپ اختصار ابتدای نام شهر و حرف سمت راست اختصار نام روستا می‌باشد.

جدول ۲- نتایج آزمایش کیفیت آب و مزارع

مزرعه مورد ارزیابی	Ds/m	هدایت الکتریکی	اسیدیته (PH)	سدیم	کلسیم	منیزیم	کلرید	کربنات	کلر	سدیم	طبقه بندی
AS	۲/۴۳	۷/۳	۶	۸	۱۲	۷	۰	۱۲	۱/۸	C4-S1	
AG	۰/۶۳	۳/۶	۱	۳	۳	۴/۵	۰	۲/۵	۰/۵	C2-S1	
SHJ	۰/۵۵	۷/۸	۰/۵	۳/۵	۳/۵	۳	۰	۳	۰/۳	C2-S1	
KHH1	۰/۵۱	۷/۶	۱/۲	۲/۲	۰/۳	۳/۰۴	۰	۱/۶	۱/۰۶	C2-S1	
KHH2	۰/۷۹	۷/۵	۸	۴/۵	۴/۵	۴	۰	۴	۰/۴	C3-S1	
KHN	۱/۰۴	۷/۵	۲	۵	۷	۵	۱/۲	۴	۰/۸	C3-S1	
KHF	۰/۶۸	۷/۴	۰/۸	۴	۴	۴/۵	۰	۲/۵	۰/۴	C2-S1	
KN	۱/۶	۷/۳	۵	۸	۶	۱۰	۰	۶	۱/۹	C3-S1	
KF	۰/۷	۷/۷	۰/۸	۴	۵	۴/۵	۰	۲/۵	۰/۴	C2-S1	
KM	۱/۵	۷/۶	۴	۷	۱۰	۷	۰	۷	۱/۳	C3-S1	

کاهش آثار ناشی از کلر باید آبیاری در ساعاتی گرم روز انجام نشود و به صورت مستقیم از چاه به سامانه پمپاژ نشود؛ بلکه ابتدا در استخر ذخیره شود تا ته نشینی املاح انجام شود و بعد وارد سامانه شود. به طور کلی با توجه به کیفیت نامطلوب آب در ۵۰ درصد از مزارع مورد ارزیابی، می بایستی تمهیدات مدیریتی به کار گرفته می شود. خاک مزارع دارای محدودیت کاربردی برای آبیاری بارانی نبود.

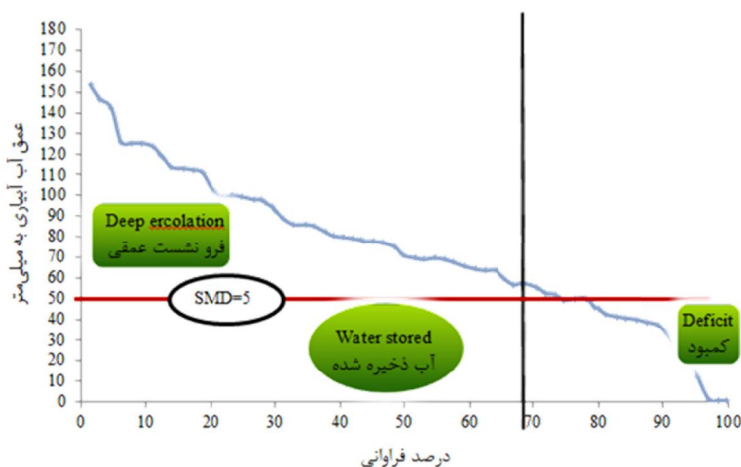
جدول ۲، نتایج حاصل از آزمایش کیفیت آب مزارع مورد ارزیابی را نشان می دهد. آب تمامی سامانه ها از چاه تأمین شده است و در طبقه بندی ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، سامانه هایی که در کلاس C2-S1 قرار گرفتند، در محدوده مجاز قرار داشته و به طور کلی، برای آبیاری بارانی محدودیت کاربردی نداشتند. اما سامانه هایی که در کلاس C3-S1 و C4-S1 قرار داشتند، دارای محدودیت کم تا متوسط برای آبیاری بارانی بودند. به منظور

جدول ۳- نتایج پارامترهای ارزیابی در سامانه های آزمایشی کلاسیک ثابت برحسب درصد

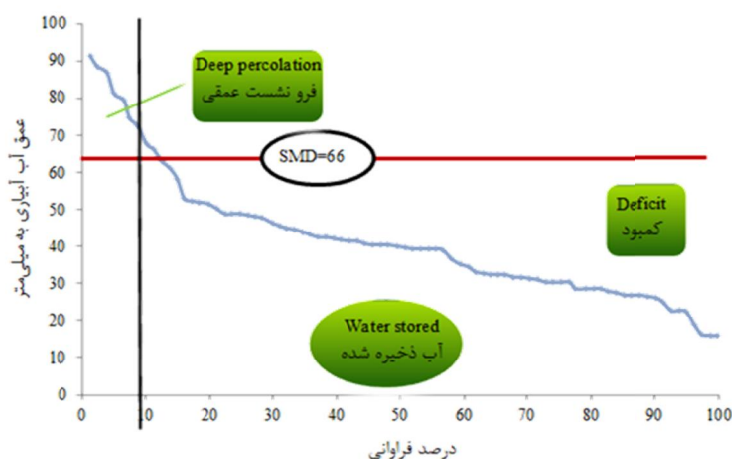
کد سامانه	DUt	CUt	PELQt	AELQt	DUs	CUs	PELQs	AELQs
AS	۵۹	۷۰	۴۴/۷۲	۴۱/۴	۴۹	۶۴	۴۱/۴	۴۱/۴
AG	۷۱	۸۳	۵۴/۲	۵۱/۸	۶۴/۸	۷۹/۳	۵۱/۸	۵۱/۸
SHJ	۷۱	۷۹	۵۵	۵۲	۶۸/۵	۷۷/۶	۵۲	۵۲
KHH1	۵۵	۵۸	۴۷/۹	۴۶/۴	۵۳/۶	۵۷/۲	۴۶/۴	۴۶/۴
KHH2	۴۷	۶۶	۳۹/۵	۳۷/۹	۴۵	۶۴/۶	۳۷/۹	۳۷/۹
KHN	۷۱	۸۲	۶۷/۳	۶۳/۸	۶۸/۳	۸۰/۴	۶۳/۸	۶۳/۸
KHF	۵۹	۷۱	۴۰/۵	۳۸/۷	۵۳/۸	۶۷/۹	۳۸/۷	۳۸/۷
KN	۶۰	۶۴	۴۷/۷	۴۵/۱۷	۵۷/۶	۶۲/۷	۴۵/۱۷	۴۵/۱۷
KF	۴۷	۶۶	۴۲	۴۰/۶	۴۴/۳	۶۴/۱۱	۴۰/۶	۴۰/۶
KM	۶۶	۷۹	۵۲/۸	۴۸/۲	۵۲	۷۰	۴۸/۲	۴۸/۲
حداکثر	۷۱	۸۳	۶۷/۳	۶۳/۸	۶۸/۵	۸۰/۴	۶۳/۸	۶۳/۸
حداقل	۴۷	۵۸	۳۹/۵	۳۷/۹	۴۴/۳	۵۷/۲	۳۷/۹	۳۷/۹
میانگین	۶۰/۶	۷۱/۸	۴۹	۴۶/۶	۴۸/۶۶	۶۸/۷۸	۴۶/۶	۴۶/۶
حدود مطلوب	۸۰-۶۷	۸۷-۸۱	۸۵-۶۵	۸۵-۶۵	۸۰-۶۷	۸۷-۸۱	۸۵-۶۵	۸۵-۶۵

بنابراین، تنها این شاخص‌ها بیانگر نحوه مدیریت آبیاری نیستند و باید منحنی کفایت آبیاری نیز رسم شود. در هر کدام از منحنی‌ها در شکل ۱ و ۲، تعدادی نقطه وجود دارد که این نقاط بیانگر عمق آب جمع شده در هر یک از ظرف‌های شبکه همپوشانی در آزمایش یکنواختی توزیع آب هستند (پس از شبیه‌سازی آنها برای مدت زمان آبیاری مورد استفاده کشاورز) هرکدام از ظرف‌ها نیز نمایانگر سطح یکسانی از مساحت آبیاری شده است. در واقع، منحنی‌های مذکور، هیستوگرام فراوانی مقدار آبیاری را برحسب درصد نشان می‌دهند. در هر دو مزرعه با وجود تلفات عمقی قسمتی از زمین دچار کم‌آبیاری شده است.

در جدول ۳، تقریباً تمامی پارامترهای ارزیابی به علت به‌کارگیری کم‌آبیاری کمتر از حد مطلوب بوده و در همه موارد، راندمان واقعی و راندمان پتانسیل کاربرد برابر بوده است. برابری راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد، یکی از شاخص‌های مدیریت خوب است؛ زیرا با انتخاب زمان و دور آبیاری مناسب و آبیاری کافی می‌توان راندمان کاربرد سامانه را در حد پتانسیل آن بالا برد. البته لازم به ذکر است که کمبود منابع آب باعث کم‌آبیاری می‌شود و از این‌رو، چه این مسئله هدف مدیریت سامانه باشد و چه به ناچار به او تحمیل شده باشد، در هر دو حال کم‌آبیاری باعث بالا رفتن راندمان پتانسیل می‌شود.



شکل ۱- منحنی کفایت آبیاری سامانه KHH1



شکل ۲- منحنی کفایت آبیاری سامانه AS

تلفات پاششی از ۵/۵ درصد در سامانه KHN تا ۳۲ درصد در سامانه KHF محاسبه شد. یکنواختی توزیع در بلوک آزمایش از ۴۷ درصد در سامانه KF تا ۷۱ درصد در سامانه KHN و ضریب یکنواختی توزیع در بلوک آزمایش از ۵۸ درصد در سامانه KHH1 تا ۸۳ درصد سامانه AG متغیر بوده و یکنواختی توزیع در کل سامانه از ۴۴/۳ درصد در سامانه KF تا ۶۸/۵ درصد در سامانه SHJ متغیر بوده است.

راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین بلوک آزمایش از ۳۹/۵ درصد در سامانه KHH2 تا ۶۷/۳ درصد در سامانه KHN متغیر بوده و راندمان پتانسیل کاربرد در کل سامانه از ۳۷/۹ درصد در سامانه KHH2 تا ۶۳/۸ درصد در سامانه KHN محاسبه شده است.

راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین بلوک آزمایش از ۳۹/۵ درصد در سامانه KHH2 تا ۶۷/۳ درصد سامانه KHN متغیر بوده است و راندمان واقعی کاربرد در کل سامانه از ۳۷/۹ درصد تا ۶۳/۸ درصد محاسبه شده است.

مقایسه نتایج با سایر محققان

جدول ۶، متوسط نتایج ارزیابی سامانه‌های این پژوهش را در مقایسه با سایر محققان در مناطق مختلف کشور نشان می‌دهد. از آنجا که محققان مذکور، علاوه بر سامانه‌ی کلاسیک ثابت، سامانه‌های تحت فشار دیگری را نیز ارزیابی کرده‌اند؛ اما اعداد ذکر شده در جدول ۶ فقط مربوط به سامانه‌های کلاسیک ثابت مطرح شده در این تحقیقات هستند.

در این ارزیابی از معیارهای ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ) و راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) استفاده شد. نتایج ارزیابی در این ۱۰ سامانه نشان می‌دهد که به دلیل طراحی و اجرای نامناسب، تمامی پارامترهای ارزیابی کمتر از حد مجاز مریام و کلر هستند ($81\% \leq CU \leq 80\%$ و $67\% \leq DU \leq 67\%$)؛ البته چنان‌که بیان خواهد شد، سوء مدیریت نیز بی‌تأثیر نبوده است. در همه‌ی این سامانه‌ها به علت کمبود ریزش‌های جوی، کم‌آبی و افت سفره‌های آب زیرزمینی، کشاورزان اقدام به کم‌آبیاری می‌کنند که برابری مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی نیز وجود این کم‌آبیاری را ثابت می‌کند. از طرفی، به غیر از سامانه‌ی KF در همه‌ی سامانه‌ها، طبق جدول ۵، تعداد آبپاش‌های هم‌زمان در حال کار نسبت به آنچه که در طرح تاییدشده، افزایش پیدا کرده است که از مصادیق سوءمدیریت است؛ به طوری که منجر به افت فشار می‌شود و شعاع پاشش لازم برآورده نمی‌شود که خود سبب عدم یکنواختی توزیع می‌شود؛ در نتیجه، در نقاطی آبیاری ناقص و در نقاط دیگر تلفات نفوذ عمقی صورت گرفته است. افزایش تعداد آبپاش هم‌زمان در حال کار، از ایرادات قابل توجهی است که وجود داشت. راندمان واقعی کاربرد ۳۷/۹ درصد در سامانه KHH2 تا ۶۳/۸ درصد در سامانه KHN محاسبه شد. تغییرات فشار از ۱۳ درصد در سامانه KHH2 تا ۴۳ درصد در سامانه KM متغیر بود. متوسط دبی آبپاش (جدول ۴) از ۱/۷ لیتر بر ثانیه در سامانه KHF تا ۲/۸۸ لیتر بر ثانیه در سامانه KF متغیر و

جدول ۴- تغییرات فشار در سامانه‌های آزمایشی کلاسیک ثابت

کد سامانه	متوسط فشار $\bar{P} = (bar)$	فشار حداکثر $P_{max}(bar)$	فشار حداقل $P_{min}(bar)$	تغییرات فشار $\frac{\Delta P}{P_m} (\%)$	ضریب کاهش راندمان
AS	۲/۷	۲/۹	۱/۹	۳۷	۰/۰۷۴
AG	۳/۶	۳/۸	۳	۲۲	۰/۰۴۴
SHJ	۴/۴	۵/۳	۴/۱	۲۷	۰/۰۵۴
KHH1	۴	۴/۴	۳/۸	۱۵	۰/۰۳
KHH2	۲/۵	۲/۸	۲/۳	۱۳	۰/۰۲۶
KHN	۲/۷	۳/۲	۲/۵	۲۵	۰/۰۵۱
KHF	۳/۶	۳/۸	۳	۲۲	۰/۰۴۴
KN	۳/۲	۳/۸	۲/۹۵	۲۶	۰/۰۵۳
KF	۳/۶	۳/۸	۳/۲	۱۶	۰/۰۳۳
KM	۳	۳/۲	۱/۹	۴۳	۰/۰۸۶

جدول ۵- برخی از تفاوت‌های بین طرح و سامانه فعلی

نام مزرعه	طبق متن دفترچه طراحی سامانه			طبق آنچه اکنون استفاده می‌شود		
	نوع آبیاش	قطر نازل	فاصل آبیاش	تعداد آبیاش	نوع آبیاش	قطر نازل
AS	VYR155	۸	۲۴*۲۴	۲۴	AMBO	۱۰
AG	VYR155	۸	۲۴*۲۴	۱۱	ZK30	۸
SHJ	VYR155	۸	۲۲*۲۲	۹	SARO	۸
KHH1	VYR155	۱۰	۲۰*۲۰	۹	ZK30	۱۰
KHH2	VYR155	۸	۲۰*۲۰	۵	KOMET	۸
KHN	VYR155	۸	۲۳*۲۳	۸	AMBO	۸
KHF	VYR155	۸	۲۴*۲۴	۷	AMBO	۸
KN	VYR155	۸	۲۴*۲۴	۵	AMBO	۸
KF	VYR155	۸	۲۳*۲۳	۷	VYR155	۸
KM	VYR155	۸	۲۳*۲۳	۴	VYR155	۸

جدول ۶- جدول مقایسه نتایج ارزیابی سامانه‌های مورد مطالعه در مقایسه با نتایج سایر محققان

نام محقق	DU_s	CU_s	$PELQ_s$	$AELQ_s$
بختیاری (اراک، شازند، خنداب، کمیجان) ۱۳۹۵	۴۸/۶۶	۶۷	۵۲	۵۲
احمدی (فراهان) ۱۳۹۴	۶۱/۹۷	۷۴/۷۱	۵۰/۳	۵۰/۳
برادران هزوه (اراک) ۱۳۸۴	۶۴/۵۳	۷۶/۱۶	۵۵/۵۶	۵۱/۴۸
ابراهیمی (خراسان) ۱۳۸۵	۶۴/۷۵	۷۸/۵	۵۶	۵۶
رضوانی و جعفری (همدان) ۱۳۸۴	۸۱	۷۳	۵۲/۱	۴۳/۳
بایزیدی (قروه کردستان) ۱۳۸۰	۴۳/۷۵	۶۰	۳۵/۱۴	۳۵/۱۴
فاریابی و همکاران (دهلگان کردستان) ۱۳۸۹	۵۰/۶۲	۶۶/۰۴	۴۴/۸	۴۳/۷۸

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با جابه‌جایی آبیاش در دشت استان مرکزی در وضعیت عملکرد مناسبی قرار ندارند و به‌طور کلی، علاوه بر مشکلات طراحی و اجرایی، سهم بزرگی از دلایل افت پارامترهای ارزیابی در این پژوهش می‌تواند موارد زیر باشد:

۱- تغییر در مدل آبیاش، قطر نازل آن و یا استفاده چند مدل به‌صورت عمدی و یا سهوی توسط کشاورزان و کاهش فشار سامانه؛

۲- دانش ناکافی کشاورزان در مورد مدیریت آبیاری صحیح و از این‌رو، دور و ساعت‌های آبیاری متفاوت حتی برای محصولات مشابه؛

۳- دانش ناکافی کشاورزان در خصوص نحوه‌ی استفاده‌ی صحیح از سامانه و از این‌رو، تنظیم نکردن فشار سامانه؛

۴- کم‌آبیاری توسط کشاورزان و تشدید آن به‌دلیل کمبود رطوبتی بالای خاک SMD در شرایط کمبود ریزش‌های جوی؛

۵- مطالعه نکردن وضعیت باد و نبود آمار باد منطقه و

مزرعه در دفترچه طراحی این نوع سامانه‌ها و در نتیجه، طراحی نامناسب فواصل شبکه‌ای آبیاش‌ها.

شرکت‌های طراح باید نسبت به مطالعه وضعیت باد در منطقه طبق آمار هواشناسی گذشته‌ی ایستگاه‌های مجاور اقدام کنند و بر اساس آن، فواصل مناسب شبکه‌ی آبیاش‌ها و نوع آبیاش‌ها و حتی نوع سامانه‌ی تحت‌فشار مناسب منطقه را طراحی کنند و در تعیین قطر مناسب لوله‌ی اصلی و افت فشار ناشی از آن دقت بیشتری کنند.

شرکت‌های مجری نیز در صورت تعویض نوع آبیاش‌ها، حتماً در زمینه‌ی تعداد آبیاش‌هایی که باید به‌طور هم‌زمان کار کنند و برنامه‌ی زمان‌بندی مدیریت آبیاری به کشاورزان آموزش لازم را ارائه دهند. اگرچه در شرایط عادی نیز ارائه‌ی آموزش به کشاورزان در مورد نحوه‌ی کار با این سامانه‌ها مطابق با طرح از وظایف شرکت‌های طراح و مجری است. آموزش مذکور باید حول محورهای زیر باشد:

تعداد آبیاش هم‌زمان فعال، نوع آبیاش و قطر نازل مورد

۸. رضوانی س. و جعفری ع. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب زمینی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی (توانمندی‌ها و چالش‌ها)، مرکز تحقیقات فنی و مهندسی کرج.

۹. سهراب ف. و عباسی ف. ۱۳۸۹. نگاهی به راهکارهای ارتقاء، بازده و بهره‌وری مصرف آب کشاورزی. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه فنی شماره ۳۴. ۱۱ ص.

۱۰. طالبی ر. دهانزاده ب. و هوشمند ع. ۱۳۹۲. ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک شهرستان شوش، اولین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی پایدار، ۲۲ اسفند ۱۳۹۲، همدان، انجمن ارزیابان محیط‌زیست هگمتانه. ۸ ص.

۱۱. عیوضی حسن‌آبادی م. برومند نسب س. سلطانی محمدی ا. و ایزدیناه ز. ۱۳۹۲. تعیین ضرایب اصلاحی روابط ضریب یکنواختی CU و یکنواختی توزیع DU در منطقه اهواز. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط‌زیست سالم. ۲۱ شهریور ماه، همدان. ۱۰ ص.

۱۲. فاریابی ا. معروف پور ع و قمریا ح. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در دشت دهگلان کردستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۵۴): ۱-۱۵.

۱۳. قره داغی م. معروف پور ع. بابایی ا. و پاشازاده م. ۱۳۹۱. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت فشار، مطالعه موردی دشت دهگلان کردستان. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۴: ۹۵-۱۰۵.

۱۴. یونسی ع. بهمی ا. و صدقی ح. ۱۳۹۳. بررسی و ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت اجرا شده در دشت همدان بهار، کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، حسابداری، مدیریت و علوم اجتماعی، کشور لهستان. ۱۸ ص.

15. Al-Ghobari H. M. 2014. Effect of Center Pivot System Lateral Configuration on Water Application Uniformity in an Arid Area. Journal of Agricultural Science and Technology. 16: 577-589.

نیاز آنها، مدت آبیاری هر آبپاش، تعداد جابجایی در روز و تعداد روز گردش یک دور آبیاری با توجه به نوع محصول و نیاز آبی آن.

منابع

۱. ابراهیمی ح. ۱۳۸۵. ارزیابی عملکرد روش‌های آبیاری تحت فشار در استان خراسان. مجله علوم کشاورزی ۱۲(۳): ۵۱۹-۵۷۷.

۲. احمدی م. وروانی ج. و عبدی ن. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تغییر تعداد آبپاش همزمان فعال بر راندمان آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در منطقه فراهان، همایش ملی بحران کم آبی و راه‌های برونرفت، ۲۶ تا ۲۷ شهریور ۱۳۹۴، همدان، دانشگاه پیام‌نور مرکز کیبودرآهنگ استان همدان. ۱۱ ص.

۳. اوجاقلو ح. بیگدلی ز. و شیردلی ع. ۱۳۹۶. بررسی اثر سرعت باد بر عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان زنجان. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۷(۲۸): ۹۶-۱۰۷.

۴. بایزیدی م. ۱۳۸۰. ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در شهرستان قروه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته آبیاری و زهکشی. دانشگاه تهران. ۱۴۷ ص.

۵. بختیاری س. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی علوم آب، دانشگاه اراک. ۱۵۱ ص.

۶. برادران هزاهه ف. ۱۳۸۴. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان اراک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۳۳ ص.

۷. رحمت‌آبادی و. مجید ب. برومندنسب س. و سخایی‌راد ح. ۱۳۹۴. بررسی ضریب یکنواختی توزیع آب برای دو آبپاش مورد استفاده در طرح‌های آبیاری بارانی تحت شرایط مختلف هیدرولیکی و جوی. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۹(۷۳): ۱-۹.

16. Bavi A. Kashkuli H. A. Broomand S. Naseri A. and Albaji M. 2009. Evaporation losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Journal of Applied Sciences*. 9(3): 597-600.
17. Keller J. and Bliesner R. D. 1990. *Sprinkler and trickle irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA. 652 p.
18. Li Y. Bai G. and Yan H. 2015. Development and validation of a modified model to simulate the sprinkler water distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*. 111: 38-47
19. Lorenzini G. and De Wrachien D. 2005. Performance assessment of sprinkler irrigation systems: A new indicator for spray evaporation losses. *Irrigation and Drainage*. 54: 295-305.
20. March: <http://dspace.knust.edu.gh/dspace/bitstream/123456789/1939/1/fulltxt.pdf> in wind. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 29: 1325-1330.
21. Merriam J. L. and Keller J. 1978. *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. Utah state university, Utah. 271 p.
22. Montero J. Tarjuelo J. M. and Carrion P. 2003. Sprinkler droplet size distribution measured with an optical spectropuviometer. *Irrigation Science*. 22(2): 47-56.
23. Osei F. K. B. 2009. Evaluation of sprinkler irrigation system for improved maize seed production for farmers in Ghana. A Thesis submitted to the Department of Agricultural Engineering, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc. 106 p.