

بررسی وضعیت سامانه‌های آبیاری بارانی با تأکید بر شاخص‌های ارزشیابی و مسائل بهره‌برداری

خالد احمدالی^{۱*}، یاسر حمدی^۲، نازگل حسینی‌پژوه^۳، عباسعلی پورمحسنی^۴

۱. استادیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری، آبیاری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی

۳. کارشناس ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

۴. کارشناس ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۳/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۳/۹)

چکیده

در این تحقیق سامانه‌های آبیاری تحت فشار شامل ۷ سامانه سنتریپوت، ۳ سامانه لینیر و ۸ سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک در استان‌های تهران، قزوین، البرز و قم با استفاده از شاخص‌های ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین و کفایت آبیاری ارزشیابی شدند. به منظور مقایسه‌ی سامانه‌های مذکور، از تمام شاخص‌های ارزشیابی در هر سامانه به نسبت مساحت میانگین وزنی گرفته شد. نتایج نشان داد که میانگین وزنی شاخص‌های ذکر شده به ترتیب برای سنتریپوت ۷۸، ۶۳، ۶۹، ۶۹ و ۴۹، لینیر ۷۵، ۶۸، ۶۴، ۵۵ و ۶۲ و برای کلاسیک ثابت آبپاش متحرک ۷۷، ۶۶، ۶۰، ۶۰ و ۶۱ درصد محاسبه گردید. با تجزیه و تحلیل شاخص‌های محاسبه شده و مقایسه با مشاهدات میدانی در شبکه و ایستگاه‌های پمپاژ، مشخص شد که ضعف طراحی، عدم تطابق اجرا و طراحی و مدیریت و بهره‌برداری نادرست عوامل اصلی پایین بودن عملکرد است.

واژه‌های کلیدی: ارزشیابی، سنتریپوت، لینیر، کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، بهره‌برداری

مقدمه

توسعه‌ی روش‌های آبیاری تحت فشار به عنوان یکی از راه‌های صرفه‌جویی آب، یکی از اصلی‌ترین روش‌های افزایش بهره‌وری و مدیریت منابع آب و خاک است که در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه قرار گرفته است. اجرای موفق سامانه‌های آبیاری تحت فشار در یک منطقه تابع عواملی از قبیل شرایط اقلیمی، مشخصات آب، وضعیت توپوگرافی، مشخصات خاک، شرایط اجتماعی و فرهنگی، وضعیت نیروی انسانی، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری و هزینه‌های اجرایی می‌باشد. میزان تأثیر و نوع محدودیتی که هر یک از این پارامترها در اجرای روش آبیاری ایجاد می‌کند ممکن است منجر به موفقیت و یا عدم موفقیت در اجرای طرح گردد (Ebrahimi, 1996). برای این منظور بایستی یک سری آزمایش‌های صحرائی به منظور تعیین وضعیت فعلی سامانه صورت گیرد و از روی پارامترهای ارزشیابی، در مورد سامانه قضاوت گردد. در اینجا شایسته است که به تفاوت ارزشیابی و ارزشیابی اشاره گردد. ارزشیابی^۱ سنجش وضعیت طرح پس از

اجرا و گاهی در حین اجرا است در حالی که ارزشیابی^۲ مربوط به قبل از انجام طرح است. ارزشیابی یک سامانه باید علاوه بر محاسبه شاخص‌های ارزشیابی، قادر به نشان دادن نقاط ضعف و زمینه بهبود باشد تا بتوان برای بهبود سامانه راهکارهای مناسب را ارائه نماید. بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه باعث صرفه‌جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده و علاوه بر آن موجب افزایش محصول می‌گردد. در زمینه‌ی تاکنون مطالعات داخلی و خارجی زیادی انجام شده که به دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله در ادامه به صورت مختصر و دسته‌بندی شده برای هر سامانه، به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. در رابطه با ارزشیابی سامانه‌های کلاسیک ثابت آبپاش متحرک می‌توان به مطالعات Faryabi et al., 2010 در دشت دهگلان، Siosemardeh and Baiazidi, (2011) در دشت مهاباد، Ghamarnia and Sepehri, (2010) در استان کرمانشاه و Mikhak bairanvand et al. (2014) در استان لرستان اشاره نمود. در رابطه با ارزشیابی سامانه‌های سنتریپوت می‌توان به مطالعات Sohrabi and Asilmanesh, (1998) در مزرعه دانشکده کشاورزی کرج، Frooghi and Ghaemi, (2007) با جگاه

* نویسنده مسئول: khahmadauli@ut.ac.ir

شد سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. برای تعیین کیفیت و کلاس آب، نمونه‌برداری از آب در ظرف دو لیتری انجام گرفت و پس از درج مشخصات مربوط به آن، نمونه آب جهت آنالیز کیفیت به آزمایشگاه ارسال شد. مشخصات کلی سامانه‌ها و اراضی مورد مطالعه به همراه نتایج پارامترهای خاک (بافت خاک) و کلاس آب در جدول (۱) آمده است.

برای اندازه‌گیری توزیع آب در سامانه‌های مورد مطالعه و میزان عمق آب نفوذ کرده، عمق آب دریافتی از پاشنده‌ها از قوطی‌های اندازه‌گیری آب برای سامانه‌های مختلف سنترپیوت، لینیئر و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک، طبق دستورالعمل‌های ارائه شده برای هر سامانه (Merriam and Keller, 1978) استفاده شد. دبی خروجی از پاشنده‌ها با استفاده از یک ظرف ۱۰ لیتری و کرومومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فشار، از فشارسنج صفحه گسترده تا ۴۰۰ کیلو پاسکال استفاده شد. مقدار تبخیر در زمان ارزشیابی، با استفاده از یک ظرف ۲۰۰۰ میلی‌لیتری اندازه‌گیری شد. درصد تبخیر (E) از نسبت حجم تبخیر شده طی مدت ارزشیابی به حجم اولیه ضرب در ۱۰۰ محاسبه گردید. خصوصیات سامانه‌های انتخاب شده جهت ارزشیابی، با توجه به مطالعات میدانی در جداول (۲) و (۳) آورده شده است.

شاخص‌های ارزشیابی

پس از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، شاخص‌های ضریب یکنواختی^۱ کریستیانس (CU)، یکنواختی توزیع آب^۲ (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین^۳ (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد چارک پایین^۴ (AELQ) و کفایت آبیاری^۵ (AD_{irr}) برای هر یک از سامانه‌ها بر اساس روابط زیر محاسبه گردید.

ضریب یکنواختی

ضریب یکنواختی کریستیانس (CU_c) شاخص خوبی برای نشان دادن یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های آبیاری می‌باشد. این ضریب برای سامانه‌های کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و لینیئر از معادله زیر محاسبه گردید (Merriam and Keller, 1978):

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

CU_c: ضریب یکنواختی کریستیانس (درصد)، n: تعداد قوطی، \bar{D} : میانگین عمق آب جمع شده در قوطی‌ها (میلی‌متر)، D_i: عمق آب در هر یک از قوطی‌های اندازه‌گیری (میلی‌متر) و i: شماره اختصاص داده شده به قوطی.

شیراز، Sanaei et al. (2014) بردسیر و راین استان کرمان و Hamdi et al. (2016) دشت مغان در استان اردبیل اشاره نمود. در رابطه با مطالعات انجام شده در رابطه با سامانه لینیئر می‌توان به مطالعات Kaghazloo et al. (2015) در استان قزوین اشاره نمود. اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه ارزشیابی سامانه‌های تحت فشار به این صورت بوده که یک نوع سامانه (مثلاً سامانه‌های سنترپیوت، لینیئر، کلاسیک ثابت پاشنده متحرک و موضعی) بررسی شده و کمتر تحقیقی تمام سامانه‌های بارانی را باهم مورد بررسی و ارزشیابی قرار داده است. از طرفی، اکثر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، به اندازه‌گیری یکسری شاخص مثلاً فقط شاخص راندمان، یا فقط یکنواختی و یا بعضاً یکنواختی و راندمان باهم مورد بررسی قرار گرفته در صورتی که در ارزشیابی این سامانه‌ها باید شاخص‌های راندمان، یکنواختی و کفایت هم‌زمان مورد بحث و بررسی قرار گیرد. از این گذشته در این مطالعه به بحث و بررسی ایستگاه‌های پمپاژ نیز پرداخته شده که کمتر مطالعه‌ای روی آن تمرکز داشته و نیز مسائل بهره‌برداری و آگاهی بهره‌برداران از راهبری سامانه مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که با افزایش مساحت اراضی تحت پوشش سامانه‌های آبیاری، مدیریت و بهره‌برداری از آن‌ها مشکل‌تر شده و بالطبع یکنواختی توزیع در میزان فشار و میزان آب خروجی از پاشنده‌ها کاهش می‌یابد، در این تحقیق برای اولین بار جهت تعمیم مقادیر شاخص‌های محاسبه شده برای منطقه‌ی مورد مطالعه هر کدام از شاخص‌ها، از میانگین وزنی با وزن مساحت هر مزرعه استفاده شد. همچنین در نهایت با جمع بندی میزان شاخص‌ها و آگاهی بهره‌برداران، مسائل و مشکلات این سامانه‌ها شناسایی شده و راه‌کارهای عملی و قابل اجرا جهت بهبود وضعیت سامانه‌ها ارائه گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزشیابی سامانه‌های آبیاری تحت فشار سنترپیوت، لینیئر و کلاسیک ثابت آبپاش متحرک در استان‌های مرکزی ایران (قزوین، قم، البرز و تهران) انجام شد. در این پژوهش ۷ سامانه سنترپیوت، ۳ سامانه لینیئر و ۸ سامانه کلاسیک ثابت آبپاش متحرک انتخاب و مورد مطالعه و ارزشیابی قرار گرفت.

خصوصیات فیزیکی آب و خاک مزارع مورد ارزشیابی

برای تعیین بافت و خصوصیات فیزیکی خاک اراضی مورد مطالعه در قطعات ارزشیابی شده، در دو عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ سانتی-متری با استفاده از آگر، نمونه‌برداری (دست‌خورده و دست‌نخورده) صورت گرفت. قبل از هر آبیاری به منظور تعیین رطوبت خاک، جرم نمونه‌ها با ترازوی قابل حمل در محل تعیین

1. Uniformity of Coefficient
2. Distribution Uniformity
3. Potential Application Efficiency of Low Quarter
4. Application Efficiency of Low Quarter
5. Adequacy of Irrigation

سامانه‌های آبیاری، مدیریت و بهره‌برداری از آن‌ها مشکل‌تر شده و بالطبع یکنواختی توزیع در میزان فشار و میزان آب خروجی از پاشنده‌ها کاهش می‌یابد، در این تحقیق برای اولین بار جهت تعمیم مقادیر شاخص‌های محاسبه‌شده برای منطقه‌ی مورد مطالعه هر کدام از شاخص‌ها، از میانگین وزنی با وزن مساحت هر مزرعه استفاده شد. متوسط ضریب یکنواختی برای هر سامانه، در مزارع ارزشیابی شده از فرمول زیر به دست آمد:

$$\overline{CU} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times CU_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن A_i مساحت مزرعه‌ی تحت آبیاری توسط سامانه i (هکتار) و n تعداد سامانه‌های ارزشیابی شده است.

در سامانه سنتریپوت از فرمول اصلاح‌شده‌ی هرمن و هین (CU_H) جهت محاسبه‌ی ضریب یکنواختی استفاده شد. (رابطه ۲)

$$CU_H = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \bar{v}|}{\sum_{i=1}^n v_i} \right] = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left[r_i \left| v_i - \frac{\sum_{i=1}^n v_i r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \right| \right]}{\sum_{i=1}^n v_i r_i} \right]$$

که در آن CU_H : ضریب یکنواختی هرمن و هین (درصد)، v_i : حجم یا عمق آب جمع شده در قوطی i ، r_i : فاصله قوطی i از نقطه لولا (مرکز) و \bar{v} : میانگین وزنی حجم یا عمق آب جمع شده در قوطی‌ها است. از آنجایی که با افزایش مساحت اراضی تحت پوشش

جدول ۱- مشخصات کلی سامانه‌های مورد ارزشیابی و خصوصیات خاک و آب

| استان | شهر | کد مزرعه | نوع سامانه | مساحت (هکتار) | دور آبیاری (روز) | بافت خاک | کلاس آب | محصول |
|-------|------------|----------|------------|---------------|------------------|-------------|---------|-------------------|
| قزوین | آبیک | S1 | ک ت آ م | ۴۱ | ۹ | لوم شنی | C4S3 | یونجه، گندم و ذرت |
| قزوین | البرز | S2 | ک ت آ م | ۹۰ | ۱۲ | لوم شنی | C2S1 | یونجه، گندم و ذرت |
| قزوین | بوئین زهرا | S3 | ک ت آ م | ۲۸ | ۷ | لومی | C4S3 | یونجه، گندم و ذرت |
| قزوین | قزوین | S4 | ک ت آ م | ۸۱ | ۷ | لوم شنی رسی | C2S1 | یونجه و ذرت |
| قزوین | قزوین | S5 | ک ت آ م | ۶۱ | ۹ | لوم شنی | C3S1 | یونجه، گندم و ذرت |
| قم | قم | S6 | ک ت آ م | ۵۷/۷ | ۱۰ | لوم رسی | C4S2 | یونجه |
| قم | قم | S7 | ک ت آ م | ۹ | ۱۰ | لوم شنی | C2S1 | یونجه |
| البرز | کرج | S8 | ک ت آ م | ۹ | ۹ | لوم رسی | C2S1 | یونجه |
| قزوین | آبیک | C1 | سنتریپوت | ۲۸/۳ | ۱۱ | لوم شنی | C3S1 | یونجه |
| قزوین | البرز | C2 | سنتریپوت | ۵۹ | ۵ | لوم شنی | C2S1 | یونجه |
| قزوین | بوئین زهرا | C3 | سنتریپوت | ۱۴ | ۳ | لوم رسی | C3S1 | یونجه |
| قم | قم | C4 | سنتریپوت | ۲۹ | ۴ | لوم رسی | C4S1 | گندم |
| تهران | شهریار | C5 | سنتریپوت | ۶۳/۶ | ۵ | رسی لومی | C3S1 | یونجه |
| البرز | اشتهارد | C6 | سنتریپوت | ۱۴/۵ | ۵ | لوم شنی | C4S1 | ذرت |
| قم | قم | C7 | سنتریپوت | ۲۸ | ۱۰ | رسی لومی | C4S1 | یونجه |
| تهران | شهریار | L1 | لینیر | ۳۹/۶ | ۶ | لوم رسی | C3S4 | ذرت |
| قزوین | آبیک | L2 | لینیر | ۲۵/۵ | ۴ | لوم شنی رسی | C6S1 | یونجه |
| قزوین | بوئین زهرا | L3 | لینیر | ۶۲ | ۳ | لوم شنی | C3S1 | گندم و یونجه |

* ک ت آ م: کلاسیک ثابت آبپاش متحرک

جدول ۲- مشخصات و پارامترهای اندازه‌گیری شده سامانه‌های لینیر و سنتریپوت ارزشیابی شده

| کد مزرعه | مدل پاشنده | تعداد اسپن | طول لترال (متر) | متوسط فشار (متر آب) | متوسط دبی (لیتر بر ثانیه) |
|----------|------------|------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| C1 | R3000 | ۶ | ۲۹۴ | ۱۱/۹۰ | ۰/۳۷ |
| C2 | R3000 | ۸ | ۴۲۷ | ۱۳/۳۰ | ۰/۳۸ |
| C3 | R3000 | ۴ | ۱۸۶ | ۱۲/۱۰ | ۰/۲۰ |
| C4 | R3000 | ۶ | ۳۰۳ | ۱۱/۲۰ | ۰/۱۸ |
| C5 | R3000 | ۹ | ۴۵۰ | ۱۷/۸۰ | ۰/۴۲ |
| C6 | R3000 | ۴ | ۲۱۵ | ۱۱/۰۰ | ۰/۳۰ |
| C7 | R3000 | ۶ | ۳۰۴ | ۱۸/۷۰ | ۰/۲۷ |
| L1 | D3000 | ۷ | ۳۵۵ | ۱۱/۹۰ | ۰/۱۸ |
| L2 | LEPA | ۶ | ۲۸۵ | ۹/۵۰ | ۰/۱۸ |
| L3 | LEPA | ۸ | ۳۶۰ | ۱۲/۶۰ | ۰/۱۱ |

جدول ۳- مشخصات و پارامترهای اندازه‌گیری شده سامانه‌های کلاسیک ثابت ارزشیابی شده

| کد مزرعه | تعداد پاشنده در حال کار | مدل پاشنده | مدت آبیاری (ساعت) | $S_l \times S_m$ (متر در متر) | شدت پخش (mm/hr) | متوسط فشار (متر آب) | متوسط دبی (لیتر بر ثانیه) |
|----------|-------------------------|------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| S1 | ۲۴ | Ambo | ۳/۵ | ۲۵×۳۰ | ۴/۲۰ | ۴۰/۴۰ | ۲/۴۲ |
| S2 | ۵۰ | Komet | ۲/۵ | ۲۰×۲۰ | ۵/۲۰ | ۳۰/۰۰ | ۲/۰۹ |
| S3 | ۲۰ | Komet | ۲ | ۲۰×۱۸ | ۵/۶۰ | ۲۹/۶۰ | ۲/۰۰ |
| S4 | ۲۵ | Ambo | ۲/۷۵ | ۱۸×۱۵ | ۶/۳۰ | ۲۱/۴۰ | ۱/۶۹ |
| S5 | ۲۹ | Ambo | ۲ | ۲۲×۲۰ | ۴/۱۰ | ۲۴/۱۰ | ۱/۸۱ |
| S6 | ۳۸ | Ambo | ۵ | ۲۲×۲۲ | ۴/۴۰ | ۳۱/۳۰ | ۱/۷۳ |
| S7 | ۱۸ | Komet | ۴/۵ | ۱۲×۱۵ | ۶/۱۰ | ۳۲/۰۰ | ۰/۵۸ |
| S8 | ۱۴ | Ambo | ۲/۲ | ۲۵×۲۵ | ۴/۸۰ | ۴۰/۵۰ | ۱/۶۵ |

یکنواختی توزیع آب

برای تعیین یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های لینیر و کلاسیک ثابت آبیاش متحرک از رابطه زیر استفاده شد (Merriam et al., 1980):

$$DU = \frac{\bar{D}_{lq}}{\bar{D}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

\bar{D}_{lq} : میانگین پایین‌ترین ربع نمونه‌ها (میلی‌متر)، \bar{D} : میانگین نمونه‌ها (میلی‌متر) و DU : یکنواختی توزیع آب (درصد).

برای محاسبه یکنواختی توزیع در سامانه‌های سنتریوت از یکنواختی توزیع شعاعی (DU_r) استفاده شد. یکنواختی توزیع شعاعی از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$DU_r = 100 \times \frac{\sum \text{low quarter } v_i r_i}{\bar{v} (\sum \text{low quarter } r_i)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در نهایت، متوسط یکنواختی توزیع برای هر سامانه، با در نظر گرفتن مساحت هر مزرعه با استفاده از میانگین وزنی تعیین شد:

$$\overline{DU} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times DU_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{رابطه ۶})$$

راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین

این شاخص چگونگی بهره‌برداری از یک سامانه اجرا شده را نشان می‌دهد. برای تعیین راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین در سامانه‌های مورد بررسی از رابطه (۷) استفاده شد (Merriam and Keller, 1978).

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (\text{رابطه ۷})$$

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

راندمان واقعی کاربرد آب برای هر سامانه، با در نظر گرفتن مساحت با استفاده از میانگین وزنی از رابطه (۸) تعیین شد:

$$\overline{AELQ} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times AELQ_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{رابطه ۸})$$

راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین

راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین بیانگر آن است که سامانه موجود در شرایط بهره‌برداری مناسب چگونه عمل می‌کند. برای به دست آوردن این شاخص در سامانه‌های کلاسیک ثابت آبیاش متحرک، سنتریوت و لینیر از رابطه زیر استفاده شد (Merriam and Keller, 1978):

$$PELQ = \frac{\bar{D}_{lqMAD}}{\bar{D}_{MAD}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۹})$$

که \bar{D}_{lqMAD} : متوسط یک‌چهارم کمترین عمق‌های آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها زمانی که برابر با MAD باشد (میلی‌متر) و \bar{D}_{MAD} : متوسط عمق آب به‌کاربرده شده زمانی که SMD برابر MAD است (میلی‌متر). MAD: کمبود رطوبت مجاز مدیریتی است که بر اساس نوع گیاه و شرایط محیطی انتخاب می‌شود. متوسط پتانسیل راندمان کاربرد آب در چارک پایین برای هر سامانه، با در نظر گرفتن مساحت با استفاده از میانگین وزنی تعیین شد:

$$\overline{PELQ} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times PELQ_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

کفایت آبیاری

کفایت آبیاری عبارت است از درصدی از سطح مزرعه که به‌اندازه مورد نیاز و یا بیشتر آبیاری می‌شود تا کمیت و کیفیت تولید محصول در سطح سود ده قرار گیرد. در طراحی سامانه‌های آبیاری بارانی علاوه بر بالا بودن راندمان و یکنواختی توزیع آب، کفایت آبیاری نیز حائز اهمیت است (Sohrabi and Payedar, 2015). مقادیر محاسبه‌شده برای این شاخص برای هر محصول در سامانه‌های مورد ارزشیابی در جدول‌های (۶) تا (۹)

آبیاری ۸۲ و ۱۲ درصد به ترتیب برای سامانه‌های C۳ و C۶ بوده است. عدم مدیریت مناسب در تعیین سرعت حرکت دستگاه متناسب با تأمین نیاز آبیاری، از دلایل پایین بودن کفایت آبیاری در سامانه‌ها بوده است. مقادیر PELQ در جدول (۴)، برای سامانه‌های C۳، C۵ و C۷ کمتر از محدوده استاندارد (۶۵ تا ۸۵ درصد بوده است (Rolland, 1982; Merriam and Keller, 1978)). مقادیر پایین PELQ احتمالاً به دو دلیل طراحی و اجرای نادرست و مدیریت بهره‌برداری غیرصحیح از سامانه می‌تواند باشد (Montazar and Sadeghi, 2008). 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). مقادیر AELQ با توجه به جدول (۴) در سامانه‌های C۱، C۲، C۴، C۵ و C۶ و C۷ برابر با مقدار PELQ به دست آمد. این برابری حاکی از این است که حداقل آب داده شده به زمین و ذخیره شده در منطقه ریشه، کمتر از کمبود رطوبتی خاک بوده است (López-Mata, 2010). همان‌طور که در بالا اشاره گردید در مزارع مذکور در بیش از ۶۰ درصد مساحت مزرعه کم‌آبیاری صورت گرفته است. در سامانه C۳ با توجه به کفایت آبیاری بیش از ۸۰ درصد، مقادیر AELQ و PELQ باهم اختلاف اندکی (در محدوده ۴ تا ۷ درصد) دارند. ضریب یکنواختی توزیع (DU_r) در تمام سامانه‌ها به جز C۲، C۵ و C۷ در محدوده توصیه شده $67\% \leq DU \leq 80\%$ قرار گرفت، همچنین ضریب یکنواختی هرمن و هین (CU_H)، در تمام سامانه‌ها به جز C۷ در محدوده مناسب قرار گرفت (Merriam and Keller, 1978; Rolland, 1982). کمترین مقدار CU_H و DU_r مربوط به سامانه C۷ است. دلیل این موضوع را می‌توان استفاده هم‌زمان از انواع پاشنده با مشخصات و مدل‌های کاملاً متفاوت که در بازدیدها مشاهده شد بیان کرد. بنابراین، ضعف مدیریتی از عوامل اثرگذار در کاهش شاخص‌های ارزشیابی بوده است.

آمده است. متوسط کفایت برای هر سامانه (شکل ۱)، با در نظر گرفتن مساحت هر مزرعه، از میانگین وزنی تعیین شد:

$$\overline{AD}_{irr} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times AD_{irr}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

که در آن، AD_{irr} : کفایت آبیاری در مزرعه i برای سامانه موردنظر می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبات شاخص‌های مورد استفاده در ارزشیابی سامانه‌های مورد مطالعه به تفکیک در جداول ۴ تا ۶ ارائه شده است.

سامانه سنتریوت

نتیجه‌ی محاسبه‌ی شاخص‌های مختلف جهت ارزشیابی سامانه‌های سنتریوت مورد مطالعه در جدول (۴) آمده است. بر اساس این جدول ملاحظه می‌شود که مقدار تلفات تبخیر در اکثر سامانه‌های سنتریوت ارزشیابی شده کمتر از ۱۰ درصد بوده است که همسو با نتایج Frooghi and Ghaemi (2007) و Mikhak bairanvand et al (2014) بوده است. بیشترین کمترین مقدار تلفات تبخیر به ترتیب مربوط به سامانه C۳ به دست آمد. کفایت آبیاری برای تمام سامانه‌های سنتریوت کمتر از ۱۰۰ درصد به دست آمد و این بدان معنی است که در هیچ‌کدام از مزارع تحت سامانه سنتریوت، گیاه به مقدار مورد نیاز آب دریافت نکرده است، به عبارتی کم‌آبیاری در بخش‌هایی از مساحت مزرعه رخ داده است. در سامانه C۳ کمتر از ۲۰ درصد مساحت مزرعه با کم‌آبیاری مواجه شده است در حالی که در بقیه سامانه‌ها (به جز C۴)، کفایت کمتر از ۴۰ درصد به دست آمده که این نشان از کم‌آبیاری در بیشتر از ۶۰ درصد مساحت مزرعه می‌باشد و مقدار کفایت محاسبه شده بسیار کمتر از مقدار توصیه شده برای زراعت‌ها (۷۵ درصد) است (Alizadeh, 2014) و سامانه‌های مذکور به لحاظ این پارامتر در وضعیت مناسبی قرار ندارند. بیشترین و کمترین مقدار کفایت

جدول ۴- شاخص‌های محاسبه شده در ارزشیابی سامانه‌های سنتریوت

| کد مزرعه | CU_H (درصد) | DU_r (درصد) | PELQ (درصد) | AELQ (درصد) | AD_{irr} (درصد) | E (درصد) |
|----------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------------|-------------|
| C1 | ۸۰/۷۰ | ۶۶/۸۰ | ۵۹/۵۰ | ۵۹/۵۰ | ۳۶ | ۷/۳۰ |
| C2 | ۷۸/۶۰ | ۵۷/۴۰ | ۸۹/۷۰ | ۸۹/۷۰ | ۲۲ | ۴/۵۰ |
| C3 | ۶۷/۸۰ | ۶۵/۶۰ | ۶۲/۳۰ | ۵۵/۳۰ | ۸۲ | ۳/۳۰ |
| C4 | ۸۱/۰۰ | ۶۳/۰۰ | ۸۵/۰۰ | ۸۵/۰۰ | ۷۱ | ۴/۸۰ |
| C5 | ۶۹/۴۰ | ۴۸/۱۰ | ۵۷/۱۰ | ۵۷/۱۰ | ۳۵ | ۹/۰۰ |
| C6 | ۸۵/۸۰ | ۸۲/۴۰ | ۶۵/۳۰ | ۶۵/۳۰ | ۱۳/۵ | ۸/۵۰ |
| C7 | ۶۴/۵۳ | ۴۸/۸۱ | ۵۶/۵۰ | ۵۶/۵۰ | ۳۹ | ۸/۴۷ |

سامانه کلاسیک ثابت آبیاری متحرک

پارامترهای مربوط به متوسط فشار و دبی پاشنده‌های مورد استفاده در سامانه‌های مورد ارزشیابی اندازه‌گیری شد و در جدول (۳) ارائه گردید. با بررسی سامانه‌های مختلف ارزشیابی شده، این نتیجه حاصل شد که سامانه‌های کلاسیک ثابت آبیاری متحرک با فشار کارکرد متوسط ۳۰ تا ۴۰ متر طراحی می‌شوند. بر این اساس و با توجه به جدول (۳) ملاحظه می‌شود که به جز مزرعه‌ی S۴ و S۵، در سایر مزارع فشار متوسط در محدوده میزان فشار مورد نیاز بوده است. با توجه به فشار کارکرد و مدل پاشنده‌های بکار رفته در سامانه‌های مذکور، دبی پاشنده‌ها در فشار کاری مورد نیاز برای پاشنده‌های Ambo و Komet ترتیب برابر ۳/۰۶ و ۲/۷ لیتر بر ثانیه است. با توجه به این نکته که متوسط فشار در اکثر مزارع مورد ارزشیابی از میزان فشار مورد نیاز کمتر است انتظار می‌رود که دبی پاشنده‌ها نیز کمتر از میزان ذکر شده در کاتالوگ‌ها باشد. مقادیر اندازه‌گیری شده دبی پاشنده‌ها بر اساس جدول (۳) مؤید این نکته است. Louie and Selker (2000) در اورگان آمریکا نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. شاخص‌های ارزشیابی شامل ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان واقعی کاربرد آب در چارک پایین، راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین، کفایت آبیاری و تلفات تبخیر با استفاده از روابط و آزمایش‌های متعدد، در جدول (۵) ارائه شده است. با توجه به این جدول، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در این پژوهش برای سامانه‌های کلاسیک ارزشیابی شده، به ترتیب در محدوده ۵۶-۸۹ درصد و ۳۰-۸۲ درصد به دست آمد. با توجه به مقادیر توصیه شده برای این دو شاخص ($0.73 \leq DU \leq 0.86$ ؛ $0.83 \leq CU \leq 0.91$)، سامانه‌های S۲ و S۴ تقریباً در محدوده مورد نظر قرار گرفتند و بقیه سامانه‌ها دارای مقادیر کمتر از مقدار توصیه شده بوده‌اند. از دلایل این موضوع استفاده هم‌زمان از چند پاشنده در یک بال، سرعت باد، کم بودن میزان فشار نسبت به فشار کارکرد پاشنده‌ها و به تبع آن کم بودن میزان دبی و شعاع پاشش پاشنده‌ها

می‌باشد. با توجه به فشار مناسب در سامانه‌های S۱، S۳، S۶، S۷ و S۸، از دلایل کم بودن شاخص‌های مذکور در این سامانه‌ها، وزش باد در زمان ارزشیابی و توزیع نامناسب آب در قوطی‌ها بوده است. Siosemardeh and Baiazidi (2011) و Hamdi *et al.* (2016) نتایج مشابهی به دست آوردند. همچنین عمر طرح در سامانه‌های S۱، S۷ و S۸ می‌تواند پارامتر تأثیرگذاری در کاهش نسبی عملکرد سامانه باشد چراکه عمر این سامانه‌ها بیشتر از مابقی سامانه‌های مورد ارزشیابی است. در این پژوهش مشاهده گردید که ضرایب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع همبستگی خوبی دارند به طوری که ضریب تبیین ۰/۹۵۳ به دست داد. مقادیر راندمان واقعی کاربرد آب و پتانسیل راندمان کاربرد آب در چارک پایین در کلیه سامانه‌های مورد ارزشیابی این پژوهش، به جز S۴ و S۷ کمتر از مقادیر توصیه شده به دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کفایت آبیاری در اکثر سامانه‌ها کمتر از حد مجاز (۷۵ درصد) بوده است، کمترین و بیشترین مقدار کفایت آبیاری به ترتیب مربوط به S۷ و S۵ با ۸۱ درصد و ۶ درصد به دست آمد. در سامانه‌های S۱، S۲، S۳، S۴، S۵ و S۶ با توجه به اینکه عمق آب مورد نیاز گیاه در ربع پایین تأمین نشده است دارای مقادیر برابر AELQ و PELQ هستند که نشان از کم‌آبیاری انجام شده در ربع پایین مزرعه و مدیریت نامناسب در تأمین نیاز آبی گیاهان است. تلفات تبخیر اندازه‌گیری شده در زمان ارزشیابی در محدوده ۵ تا ۱۵ درصد قرار گرفت. تلفات تبخیر با دما و سرعت باد رابطه مستقیم داشته و با افزایش دما و سرعت باد در زمان ارزشیابی - های انجام شده مقدار تلفات هم افزایش یافته است به طوری که در سامانه‌های S۱، S۳، S۶، S۸ سرعت باد و در سامانه‌های S۴ و S۵ افزایش دما سبب بالا رفتن تلفات تبخیر شده است. کمترین مقدار تلفات تبخیر مربوط به سامانه S۲ بود که در زمان ارزشیابی کمترین سرعت باد و دما را نسبت به دیگر سامانه‌ها داشت.

جدول ۵- شاخص‌های محاسبه شده در ارزشیابی سامانه‌های کلاسیک ثابت

| کد مزرعه | CU (درصد) | DU (درصد) | PELQ (درصد) | AELQ (درصد) | AD _{irr} (درصد) | E (درصد) |
|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|--------------------------|----------|
| S1 | ۶۲/۲۰ | ۴۹/۰۰ | ۳۵/۴۰ | ۳۵/۴۰ | ۵۲/۰۰ | ۱۵/۰۰ |
| S2 | ۸۸/۳۰ | ۸۱/۳۰ | ۵۹/۵۰ | ۵۹/۴۵ | ۷۶/۰۰ | ۵/۲۰ |
| S3 | ۵۶/۵۰ | ۳۰/۶۰ | ۲۵/۸۰ | ۲۶/۸۳ | ۶۰/۰۰ | ۸/۰۰ |
| S4 | ۸۱/۱۰ | ۷۲/۶۰ | ۶۸/۲۰ | ۶۸/۲۰ | ۵۷/۰۰ | ۱۰/۷۰ |
| S5 | ۸۰/۷۰ | ۶۹/۵۰ | ۵۳/۶۰ | ۵۳/۶۰ | ۶۱/۰۰ | ۱۱/۶۰ |
| S6 | ۷۴/۶۰ | ۶۰/۸۰ | ۶۲/۶۰ | ۶۲/۶۰ | ۶۲/۰۰ | ۱۴/۳۰ |
| S7 | ۵۷/۶۰ | ۴۴/۷۰ | ۷۶/۱۰ | ۷۱/۳۰ | ۸۶/۰۰ | ۶/۷۰ |
| S8 | ۶۵/۵۲ | ۵۱/۴۷ | ۴۷/۵۰ | ۴۵/۰۰ | ۸۱/۰۰ | ۱۲/۷۳ |

نشده است و کم‌آبیاری در تمام مزرعه رخ داده است بنابراین مقادیر AELQ و PELQ با هم برابر بوده است. مقادیر AELQ و PELQ در این سامانه برابر با ۳۹/۳۷ درصد به دست آمد که در محدوده مقادیر توصیه شده نبوده و بسیار پایین است، کم بودن این دو شاخص می‌تواند به دلیل کم بودن یکنواختی توزیع آب باشد که به دلایل آن در بالا اشاره گردید. با توجه به مناسب بودن کفایت آبیاری در سامانه‌های L۲ و L۳ (در حدود ۹۰ درصد)، مقادیر AELQ و PELQ در این دو سامانه با هم برابر نبوده و اختلاف ۱۱ تا ۱۵ درصد مشاهده شد (جدول ۶). مقدار راندمان واقعی کاربرد آب در هر سه سامانه کمتر از حد مجاز بود، اما مقدار این شاخص در دو سامانه L۲ و L۳ تقریباً به مقدار مجاز نزدیک است و اختلاف چندانی با حداقل مقدار مجاز (۶۵ درصد) ندارند. راندمان پتانسیل کاربرد آب در مزرعه (PELQ) در سامانه L۲ و L۳ در محدوده استاندارد مجاز (۶۵ تا ۸۵ درصد) قرار گرفت که نشان از مناسب بودن میانگین عمق آب در چارک پایین نسبت به کمبود رطوبت خاک است. مقادیر تلفات تبخیر اندازه‌گیری شده در حدود ۱ تا ۵ درصد قرار گرفت که با توجه به منابع و مطالعات پیشین، می‌توان ناچیز لحاظ کرد، نتایج حاصل همسو با نتایج Frooghi and Ghaemi (2007) بوده است.

سامانه لینیر

مقادیر شاخص‌های ارزشیابی مربوط به سامانه‌های لینیر در جدول (۶) آورده شده است. بر اساس جدول (۶) مشاهده می‌شود، ضریب یکنواختی کریستیان‌سن برای هر سه سامانه در محدوده مقادیر توصیه شده قرار گرفت (Merriam and Keller 1978; Rolland, 1982). مقادیر ضریب یکنواختی توزیع در محدوده ۵۷ تا ۷۳ درصد به دست آمد که این ضریب، برای سامانه L۱ در محدوده مقادیر توصیه شده قرار نداشت ($DU \leq 80\%$ یا $DU \leq 67\%$). طبق بررسی‌های میدانی مشکلات مشاهده شده در ارتباط با این سامانه می‌توان به مواردی نظیر تنوع زیاد مدل‌های پاشنده‌های استفاده شده، نشت از زیر پاشنده، عدم وجود پاشنده و صحیح نبودن محل قرارگیری برخی پاشنده‌ها در سامانه می‌توان اشاره نمود. از عوامل دیگری که می‌تواند در یکنواختی پخش آب تأثیرگذار باشد سرعت باد است، براساس اندازه‌گیری‌های سرعت باد طی مدت ارزشیابی مشخص گردید که متوسط سرعت باد برابر ۱/۵۲ متر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. باتوجه به این نکته که متوسط فاصله‌ی پاشنده تا سطح زمین در طول لترال برابر ۱۲۵ سانتی‌متر است و با توجه به سرعت باد اندازه‌گیری شده می‌توان اظهار داشت که وزش باد در کاهش یکنواختی پخش آب مؤثر بوده است. با توجه به اینکه در سامانه L۱ کفایت آبیاری در کل مزرعه تأمین

جدول ۶- شاخص‌های محاسبه شده در ارزشیابی در سامانه‌های لینیر

| کد مزرعه | CU (درصد) | DU (درصد) | PELQ (درصد) | AELQ (درصد) | AD _{irr} (درصد) | E (درصد) |
|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|--------------------------|----------|
| L1 | ۷۱/۳۰ | ۵۷/۱۴ | ۳۹/۳۷ | ۳۹/۳۷ | ۰/۰۰ | ۱/۲۵ |
| L2 | ۸۱/۷۰ | ۷۳/۸۰ | ۷۳/۸۰ | ۶۴/۱۰ | ۹۰/۱۰ | ۳/۵۰ |
| L3 | ۷۵/۱۰ | ۷۳/۲۰ | ۷۵/۷۰ | ۶۰/۲۰ | ۸۸/۰۰ | ۴/۷۸ |

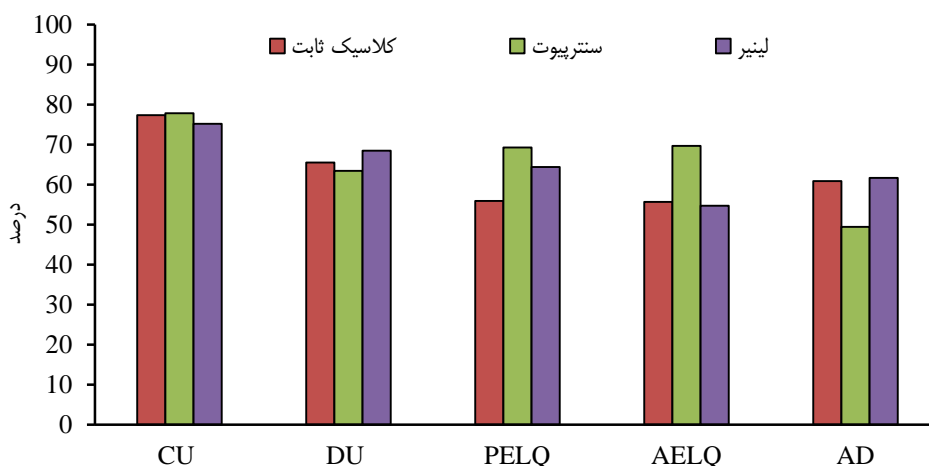
مقایسه سامانه‌های ارزشیابی شده:

درصد بوده است. در رتبه‌بندی شاخص مذکور به ترتیب اولویت از بیشتر به کمتر، سامانه لینیر، کلاسیک ثابت و سنتریوت می‌باشد به طوری که حداقل و حداکثر آن را به ترتیب سامانه‌های سنتریوت و لینیر به خود اختصاص داده‌اند. همان‌گونه که برای یکنواختی توزیع بیان گردید میانگین شاخص DU در هیچ کدام از سامانه‌های مورد مطالعه در محدوده توصیه شده قرار نگرفت. بررسی AELQ و PELQ سامانه‌ها نشانگر این موضوع است که در تمام سامانه‌ها به جز سنتریوت مقادیر به دست آمده کمتر از مقادیر استاندارد بوده است. در سامانه سنتریوت به دلیل کم-آبیاری اعمال شده و کفایت آبیاری در حدود ۵۰ درصد، مقادیر راندمان واقعی و راندمان پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین با هم برابر بوده و از بین سامانه‌های مورد مطالعه، بیشترین مقدار

شکل (۱) میانگین شاخص‌های ارزشیابی را در سامانه‌های تحت فشار مطالعه شده نشان می‌دهد. میانگین شاخص‌های ارائه شده برای هر سامانه با در نظر گرفتن مساحت، با استفاده از میانگین وزنی محاسبه گردید. حداکثر و حداقل ضریب یکنواختی به ترتیب ۸۷/۸۵ و ۷۵/۲۰ درصد در سامانه سنتریوت و لینیر به دست آمد. سامانه‌های کلاسیک ثابت و سنتریوت دارای ضریب یکنواختی تقریباً برابری می‌باشند. میانگین‌های به دست آمده از این شاخص در هیچ کدام از سامانه‌های مورد مطالعه در محدوده مقادیر توصیه شده قرار ندارد. بررسی میانگین یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های ارزشیابی شده نشان داد دامنه تغییرات این شاخص در محدوده ۷۰-۶۳

صحرائی ارزشیابی سامانه‌های مورد مطالعه، مسائل و مشکلاتی در سطح مزرعه و ایستگاه‌های پمپاژ مرتبط با بهره‌برداری ملاحظه شد که قابلیت بیان کمی آن‌ها نیست ولی از عوامل بسیار تأثیرگذار در پایین بودن شاخص‌های ارزشیابی و کارکرد این سامانه‌ها هستند که در زیر به آن‌ها اشاره می‌گردد.

شاخص‌های مذکور را داراست. در سامانه‌های کلاسیک و لینیر کفایت آبیاری در حدود ۶۰ درصد تأمین شده است. مقایسه میانگین کفایت آبیاری سامانه‌ها با مقدار مجاز (۷۵ درصد) مبین این موضوع است که در تمام سامانه‌ها کفایت آبیاری کمتر از مقدار مجاز است و کم‌آبیاری شدید رخ داده است. با استفاده از نتایج تحقیق حاضر، بررسی‌های صورت گرفته و طی عملیات



شکل ۱- میانگین وزنی شاخص‌های استفاده‌شده برای ارزشیابی سامانه‌ها

ایستگاه، باز بودن یا سفت نبودن پیچ و مهره‌های محل استقرار الکتروموتور، این مسئله بسیار خطرناک است و می‌تواند در گذر زمان راندمان را به شدت کاهش دهد. مسقف نبودن و وضعیت ظاهری نامناسب ساختمان ایستگاه پمپاژ، تابلو برق و سایر تجهیزات ایستگاه باید از بارش و تابش آفتاب مصون باشند. نامناسب بودن محل نصب تابلو برق، محل عبور کابل‌های برق و وضعیت نگهداری تابلو، سرپوشیده نبودن استخرها، عدم وجود فنس در اطراف آن‌ها، این امر علاوه بر ایجاد گرفتگی فیزیکی و بیولوژیکی در سامانه‌های آبیاری، هر ساله جان بسیاری از کودکان کشورمان را می‌گیرد (سایت‌های ذکر شده در مراجع ۷ تا ۱۰).

بررسی وضعیت بهره‌برداری از سامانه‌ها

در حین ارزشیابی سامانه‌های مورد بررسی از بهره‌برداران در رابطه با نحوه‌ی راه‌اندازی، کار با سامانه و مسائل مدیریتی سؤالاتی پرسیده شد و پس از جمع‌بندی و بازدید از قسمت‌های مختلف سامانه یک سری مسائل و مشکلات مشترک بین اکثر سامانه‌ها وجود داشت که در زیر به آن‌ها اشاره می‌گردد. ترکیب‌گی شیلنگ قابل انعطاف بین عصبایی و پاشنده، شکستگی پایه‌ی نگه‌دارنده صفحه پخش‌کننده آب، عدم وجود صفحه پخش‌کننده آب در مسیر نازل پاشنده‌های سنتریپوت و لینیر، این مسئله یکنواختی پخش و راندمان را به شدت کاهش می‌-

بررسی ایستگاه‌های پمپاژ سامانه‌های مورد مطالعه

پس از بررسی وضعیت ایستگاه‌های پمپاژ از لحاظ وضعیت عمرانی، مکانیکی و الکتریکی یک سری مسائل و مشکلات مشاهده شد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌گردد. استفاده از لوله‌ی پلی‌اتیلن در لوله رانش پمپ. لوله‌های مکش و رانش در محدوده‌ی ایستگاه‌ها به دلیل اصول روشن و خاموش کردن پمپ باید از جنس فولاد سیاه باشد. استفاده از زانویی ۹۰ درجه در لوله مکش. این مسئله سبب ایجاد افت شدید می‌گردد. عدم وجود سکو و شیب‌بندی نامناسب کف ایستگاه و وجود زه‌آب در ایستگاه پمپاژ، شرایط نامناسب کولپینگ بین موتور و پمپ، این مسئله سبب کاهش راندمان و نیز آسیب دیدن قسمت‌های مختلف ایستگاه پمپاژ می‌شود. عدم نصب، ترکیب‌گی و یا مناسب نبودن محل نصب لرزه‌گیر در لوله‌ی مکش و رانش، لرزه‌گیر از انتقال لرزش به قسمت‌های مختلف چه از ایستگاه به شبکه و بالعکس جلوگیری می‌کند. استفاده از تبدیل هم‌مرکز به جای تبدیل غیر هم‌مرکز در لوله‌ی مکش، این مسئله سبب پدیده کاویتاسیون و خوردگی پره‌های پمپ می‌شود. خراب بودن فشارسنج در اکثر ایستگاه‌ها، پایش فشار از نکات اساسی سامانه‌های آبیاری تحت فشار است. رنگ‌آمیزی نامناسب لوله و اتصالات، این مسئله سبب پوسیدگی قطعات ایستگاه که دائم با آب در تماس‌اند می‌گردد. نشت آب از اتصالات و شیرآلات

سامانه نسبت به دیگر سامانه‌های مورد مطالعه است. در این مطالعه، کفایت آبیاری در سامانه سنترپیوت و سامانه‌های کلاسیک و لینیئر به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده و استانداردهای ارائه شده برای شاخص‌های ارزشیابی، سامانه‌های مورد مطالعه در تمام شاخص‌های ارزشیابی شده دارای مقادیری کمتر از حد استاندارد بوده‌اند که دلایل اصلی آن، مسائل و مشکلات مدیریتی، بهره‌برداری و اجرایی بوده است. با توجه به شاخص‌های ارزشیابی محاسبه شده و وضعیت اجرا سامانه و ایستگاه‌های پمپاژ و بهره‌برداری از آن‌ها، یک سری نکات پیشنهاد می‌گردد که تا حدود زیادی می‌تواند مشکلات طرح‌ها را کاهش دهد و در طراحی‌های آینده مدنظر قرار گیرد. اولین نکته ضعف طراحان در طراحی و اجرای ایستگاه پمپاژ (الکتریکال و مکانیکال) به عنوان قلب سامانه‌های تحت فشار و عدم وجود درس موادشناسی است که توصیه می‌شود که درس برق و ایستگاه پمپاژ همراه با واحد عملی و نیز درس مواد شناسی در چارت درسی دانشگاه‌ها قرار گیرد. نکته بعدی الزام کردن زارعین به گذراندن دوره‌ی آشنایی با بهره‌برداری از سامانه‌های نوین آبیاری تحت فشار است که این کار مشکلات بهره‌برداری را به شدت کاهش می‌دهد. نکات موردی نظیر بازرسی مداوم پاشنده‌ها و رفع گرفتگی آن‌ها، تعویض نمودن پاشنده‌های با دبی نامناسب با توجه به نازلینگ، استفاده از پاشنده‌های یک‌طرفه در محل چرخ‌ها، استفاده از پاشنده‌های نیم‌دور و ربع دور در مرز مزارع و گوشه‌ها با رنگ-آمیزی متفاوت آن‌ها جهت جلوگیری از کاربرد آن‌ها در داخل مزرعه، متوقف نمودن آبیاری در ساعاتی که سرعت باد شدید است و آبیاری شبانه (سرعت باد و تبخیر کم)، اصلاح وضعیت حوضچه‌ی شیرفلکه لوله اصلی و رفع نشت، چک کردن میزان فشار در قسمت‌های مختلف ایستگاه پمپاژ و سیستم و نیز اندازه‌گیری میزان آب خروجی از پاشنده‌ها در نقاط مختلف سامانه‌ها طی فصل آبیاری، کاهش فاصله نازل‌ها تا سطح زمین، استفاده از سیستم بوم در انتهای سامانه‌های سنترپیوت، پیشنهاد می‌گردد.

دهد. گرفتگی فیزیکی و بیولوژیکی شدید برخی پاشنده‌ها، این مسئله در اکثر سامانه‌های سنترپیوت و لینیئر مشاهده گردید که جزو مسائل بسیار مهم است و می‌تواند راندمان و یکنواختی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. زیاد بودن فاصله‌ی پاشنده از سطح زمین، خراب شدن رینگ لاستیکی هیدرانت‌ها و نشت قابل توجه آب از آن، عدم استفاده از پاشنده‌های یک‌طرفه در نزدیک چرخ‌ها، این مسئله باعث ایجاد رواناب در محل چرخ‌ها و فرورفتن چرخ‌ها در گل، از بین رفتن محصول و افزایش هزینه در اثر مصرف انرژی بیشتر برای حرکت سامانه‌های سنترپیوت و لینیئر می‌گردد. قطعه‌بندی نامناسب و عدم تطبیق زمین با مساحت آبیاری شده توسط سامانه سنترپیوت و لینیئر، این مسئله سبب تلف شدن آب و کاهش راندمان می‌گردد. استفاده از لوله پلی-اتیلن سخت به جای شیلنگ کششی در سامانه لینیئر، این مسئله راهبری سامانه را با مشکل مواجه می‌کند. وجود رواناب در سطح زمین به دلیل عدم تناسب سرعت حرکت دستگاه، فاصله کم پاشنده‌ها و نازلینگ نادرست پاشنده‌ها و استفاده از پاشنده‌های مختلف در یک سامانه، این امر یکنواختی، راندمان و کفایت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نصب مایل شیر خودکارها، این مسئله یکنواختی و راندمان را کاهش می‌دهد. استفاده از پاشنده‌های نیم دور و ربع دور در وسط زمین توسط بهره‌بردار، نشت از محل اتصال پاشنده و شیر خودکار به دلیل چفت نشدن کامل، خراب بودن فنر برخی از پاشنده‌ها، ترکیدگی جدار لوله برخی از لترال‌ها، عدم تطابق بین طراحی، اجرا و بهره‌برداری، این بدترین حالت ممکن است که در اکثر طرح‌های کلاسیک ثابت آبپاش متحرک مشاهده شد. بازشدگی پیچ خرابی دستگاه، این مسئله با توجه به سنگین بودن سازه ممکن است که خطرات جانی به دنبال داشته باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

تجزیه و تحلیل میانگین وزنی شاخص‌های ارزشیابی در سامانه‌های آبیاری سنترپیوت، لینیئر، کلاسیک ثابت آبپاش متحرک در استان‌های مرکزی تهران، البرز، قزوین و قم نشان داد که بالاترین مقدار ضریب یکنواختی و AELQ و PELQ مربوط به سامانه سنترپیوت بوده که نشان از مدیریت و اجرای بهتر این

REFERENCES

- Alizadeh, A. (2014). Pressurized Irrigation design. Imam Reza university press. (In Farsi).
 Ebrahimi, H. (1996). Analysis and Evaluation of Simplified Irrigation Systems in Khorasan, *Journal of agricultural sciences*, Islamic Azad University, 3(1). (In Farsi).
 Faryabi, A. Maroofpoor, E., and Ghamarnia, H. (2010). Investigation and evaluation of solid-set sprinkler

irrigation systems in Dehgolan plain, Kurdistan province. *Journal of water and soil science, sciences and technology of agriculture and natural resources*, 14(54), 1-15.

- Frooghi, F. and Ghaemi, A. (2007). Determination of evaporation and wind drift losses under Center pivot irrigation machine in Bajgah region. *Journal of Irrigation & Drainage*, 1(1), 63-70.

- (In Farsi).
- Ghamarnia, H., & 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 & Environment*, 8(1), 321-325.
- Hamdi, Y, Liaghat, A. M. Sohrabi, T. Rasoolzadeh, A. Nazari, B, and Liaghat, A. (2016) Performance evaluation of center pivot systems in Lands of Moghan Agro-industrial and Animal Husbandry Company. *Iranian journal of soil and water research*, 47(4), 723-729. . (In Farsi).
- <http://namnak.com>
- <http://tabantorbat.ir>
- <http://www.khayyamnameh.ir>
- <http://www.kohandaqianousema.ir>
- Kaghazloo, A. S., Sotoodenia, A. and Daneshkar Araste, P. (2015). Evaluation of linear irrigation systems in Qazvin province. *Journal of water and irrigation management*, 5(1), 129-137. (In Farsi).
- 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. *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.
- Merriam, J. L., & Keller, J. (1978). Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Farm irrigation system evaluation: a guide for management.
- 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 study of, sprinkler irrigation's efficiency in Khorramabab province. *Journal of water and irrigation management*, 4(2), 191-202. (In Farsi).
- Montazar, A., & Sadeghi, M. (2008). Effects of applied water and sprinkler irrigation uniformity on alfalfa growth and hay yield. *Agricultural water management*, 95(11), 1279-1287.
- Rolland, L. (1982). Mechanized sprinkler irrigation (No. 35). Food & Agriculture Org.
- Sanaee, A, Izadpanah, Z, and S. Borumand Nasab, S. (2014). Technical Evaluation of Performed Centre Pivot Systems case study: Bardsir and Rayen of Kerman. *Journal of irrigation science and engineering*. 38(2), 172-180. (In Farsi).
- Siosemardeh, M. and Baiazidi, M. (2011). Technical evaluation of solid-set sprinkler irrigation systems in Mahabad, West Azerbaijan province. *Journal of Water engineering*. 4(8), 63-76. (In Farsi).
- Sohrabi, T. and Asilmanesh, R. (1998). Evaluation performance of center pivot irrigation system in karaj. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 2(2), 1-14. (In Farsi).
- Sohrabi, T., and Payedar, Z. (2015). Principles of irrigation system design. University of Tehran Press. 406.