



بررسی یکنواختی توزیع پخش آب در دستگاه آبیاری بارانی عقربه‌ای با فواصل غیریکسان قوطی‌های نمونه‌گیری

وحید شهابی زاد^۱ آرش کاغذلو^۲ علی دیندارلو^{۳*}

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲

مقاله بر گرفته از تحقیق مستقل

چکیده

یکنواختی توزیع آب یکی از مهم‌ترین عوامل ارزیابی سامانه‌های آبیاری است. هدف از این تحقیق بررسی راندمان یکنواختی پخش یا ضریب کریستین سن (CU) و ضریب یکنواختی توزیع (DU) در سامانه آبیاری عقربه‌ای با فواصل مختلف قوطی‌های اندازه‌گیری در راستای شعاعی و به دست آوردن رابطه بین این دو ضریب است. به این منظور سه سناریو در آرایش چیدمان قوطی‌ها برای ارزیابی دستگاه عقربه‌ای مستقر در کشت و صنعت مگ‌سال قزوین در نظر گرفته شد. در سناریو اول فواصل ۶۰ قوطی در راستای شعاعی ۵ متر، در سناریو دوم مساحت تحت آبیاری سامانه، به ۶۰ دایره مساوی متحدالمرکز تقسیم شد و که محل قرارگیری هر قوطی حد وسط فاصله بین دایره‌های متحدالمرکز بود و در سناریوی سوم ۱۵ قوطی اول به فاصله ۱۰ متر، ۲۰ قوطی دوم به فاصله ۵ متر و ۲۵ قوطی سوم به فاصله ۲ متر در راستای شعاعی قرار گرفت. در حالت اول تمام آبپاش‌ها سالم و در حالت دوم جهت بررسی اثر آرایش قوطی‌ها در ضرایب CU و DU، ۳۰ آبپاش مسدود شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در حالت اول ضرایب CU و DU برای سناریو اول به ترتیب ۸۴/۴ و ۷۹، برای سناریو دوم ۸۳/۹ و ۷۴/۸ و برای سناریو سوم ۸۰/۹ و ۷۳/۵ و در حالت دوم ضرایب CU و DU برای سناریو اول به ترتیب ۷۵/۱ و ۶۵/۳، برای سناریو دوم ۷۷/۸ و ۶۴/۸ و برای سناریو سوم ۸۲/۴ و ۷۳/۷ به دست آمد. در آبیاری عقربه‌ای از آنجاکه قوطی‌ها دارای وزن می‌باشند نمی‌توان از فرمول‌های روش آبیاری بارانی کلاسیک استفاده نمود. در این تحقیق با استفاده از اندازه‌گیری‌های صورت گرفته CU و DU در سامانه عقربه‌ای مورد مطالعه و همچنین یافته‌های دیگر محققین یک رابطه رگرسیونی خطی با ضریب تعیین ۰/۸۹ بین CU و DU در آبیاری عقربه‌ای به دست آمد. که با استفاده از این رابطه می‌توان حجم محاسبات Du در آبیاری عقربه‌ای را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری عقربه‌ای، ضریب یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی توزیع، ارزیابی

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. ۰۹۱۷۱۰۷۲۸۷۲، v.shahabizad@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

^۳ استادیار علوم و مهندسی آب، عضو هیات علمی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. (نویسنده مسئول) dindarlo@pgu.ac.ir



مقدمه

کمبرود آب یک مشکل جدی برای تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. علاوه، توسعه منابع آبی جدید در این مناطق بسیار هزینه‌بر است (Talebnejad and Sepaskhah., 2015). در مطالعات متعدد به اثر منفی غیریکنواختی توزیع آب بر میزان محصول و تلفات نفوذ عمقی اشاره شده است (Sanchez, et al., 2010؛ Perez-Ortola., 2015؛ Salmeron, et al., 2012). پایش مداوم عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت فشار یکی از راهکارهای مهم به منظور مدیریت مصرف آب در مزرعه و رسیدن به کشاورزی پایدار می‌باشد (اوجاقلو، ۱۳۹۶). طی سال‌های گذشته استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی به دلیل یکنواختی توزیع بالاتر در مقایسه با سیستم‌های سطحی بسیار افزایش یافته است (Liu, et al., 2011). ضریب یکنواختی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها در طراحی و مدیریت سامانه‌های آبیاری بارانی در نظر گرفته می‌شود (Yan, et al., 2010). با توجه به این موضوع ضروری است تا با بهبود راندمان آبیاری، توجهی بیش از پیش در بهینه‌سازی مصرف آب به منظور بالابردن بهره‌وری آب در کشاورزی صورت پذیرد (Hezarjaribi and Sohrabi., 2010). بنابراین استفاده از کلیه روش‌های آبیاری نوین در صورتی که شرایط لازم برای استقرار آنها مهیا باشد، می‌تواند بسیار مفید و سودمند باشد و چنانچه اصول اولیه این گونه سیستم‌ها رعایت نشود دارای راندمان پایین‌تری از آبیاری سطحی خواهد بود. مهم‌ترین مسئله که باعث کاهش راندمان این سامانه می‌شود عمدتاً مسائل مدیریتی و بهره‌برداری از سیستم است. از جمله دستگاه‌های مکانیزه آبیاری تحت فشار که در چند سال اخیر باعث افزایش راندمان آبیاری شده است، سامانه آبیاری تحت فشار بارانی دوار مرکزی می‌باشد (wright et al., 2002). که در آن نیز عدم سرویس منظم سالانه و عدم تعویض آبپاش‌های فرسوده و شکسته شده باعث کاهش راندمان آبیاری عقربه‌ای می‌شود. (سهرابی و اصیل‌منش، ۱۳۷۳)

بررسی جامعی از ارزیابی دستگاه آبیاری عقربه‌ای مستقر در کرج ارائه کردند آن‌ها با اندازه‌گیری ضریب DU، CU، PELQ و AELQ توانستند به‌طور دقیقی کشت ذرت تحت آبیاری دستگاه را بررسی کنند. در بررسی آن‌ها فواصل قوطی‌ها یک سان و ۶ متر بود و میانگین ضریب DU و CU در طول فصل زراعی به ترتیب ۸۴ و ۸۹ درصد محاسبه شد. (قایمی، ۱۳۸۳) در تحقیق مشابه به ارزیابی جامع آبیاری دستگاه عقربه‌ای مستقر در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز پرداخت. در این تحقیق که فواصل قوطی‌ها یک سان بود، میانگین ضریب DU و CU در طول فصل زراعی به ترتیب ۶۳ و ۷۵ درصد بود. (چقا و قایمی، ۱۳۸۶) نیز سامانه آبیاری عقربه‌ای دانشکده کشاورزی شیراز را ارزیابی کردند و ضرایب DU و CU را به ترتیب ۶۷/۳ و ۷۶/۴ گزارش نمودند. دو مست محمدی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق مشابه در قم به ارزیابی سیستم آبیاری عقربه‌ای پرداختند و ضریب DU و CU را به ترتیب ۴۷/۸۶ و ۶۳/۵۵ درصد به دست آوردند (Al-Ghobari., 2014) سامانه عقربه‌ای در عربستان سعودی در دو نوع سامانه‌های اصلی ساخت کارخانه و سامانه‌هایی که آبپاش‌ها و محل نصب آن‌ها توسط زارعین تغییر کرده است مورد تجزیه تحلیل قرار داد. نتیجه گرفت که متوسط ضریب DU و CU برای سامانه اصلی به ترتیب ۷۸ و ۸۲/۶ درصد و برای سامانه‌های تغییر یافته به ترتیب ۶۶/۸ و ۷۳/۲ درصد بود. (Marjang et al., 2012) یک برنامه رایانه‌ای به زبان ویژوال بیسیک در اکسل برای تخمین DU و CU در سامانه آبیاری عقربه‌ای با فواصل متغیر قوطی‌های نمونه‌گیری ارائه کردند. برای دو سناریو مختلف از آرایش قوطی‌ها ضریب DU و CU را ۷۷/۵ و ۸۷/۴ درصد و در سناریو دیگر ۷۳/۷ و ۸۵/۲ درصد گزارش کردند. به‌طور کلی یکنواختی پخش آب در گسیلنده‌ها نقش به‌سزایی در راندمان آبیاری تحت فشار دارد (Lecinae et al., 2016). که عوامل متعددی مانند افزایش غلظت کود باعث کاهش ضریب DU و CU خواهد شد (گنجی و همکاران، ۱۳۹۲). که این دو

در ادامه با قرار دادن مساحت حلقوی به عنوان پارامتر وزن در معادله ۲ پارامتر w به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w = 2r(\Delta r_o + \Delta r_i) + \Delta r_o^2 - \Delta r_i^2 \quad (۴)$$

در صورتی که قوطی‌های استقرار یافته در راستای شعاعی شماره گذاری شوند و اولین قوطی در مجاورت مرکز دستگاه و آخرین قوطی در انتهای باله دستگاه قرار گیرد و k اندیس شماره قوطی باشد Δr_o و Δr_i به ترتیب بر اساس روابط ۵ و ۶ محاسبه می‌شوند.

$$\Delta r_i = (r_k - r_{k-1})/2 \quad (۵)$$

و

$$\Delta r_o = (r_{k+1} - r_k)/2 \quad (۶)$$

است. برای اولین و آخرین قوطی $\Delta r_i = \Delta r_o$ است. با تعیین ضریب وزن می‌توان ضریب CU را با فاصله متغیر قوطی‌ها در امتداد شعاعی مشخص نمود. ضریب یکنواختی توزیع نسبت میانگین $\frac{1}{4}$ کمترین عمق آب پاشیده شده به میانگین عمق آب پاشیده شده است. در آبیاری عقربه‌ای به علت وزن دار بودن قوطی‌ها نمی‌توان به روش کلاسیک ضریب DU را تعیین نمود. برای تعیین DU عمق آب در قوطی‌ها را به صورت صعودی مرتب کرده، به طوری که ضریب وزن متناسب (w) با هر قوطی نیز جابجا شود. ضریب وزن منظم شده را به صورت تجمعی منظم و ربع ضریب وزن تجمعی باید محاسبه و مشخص شود. در مرحله بعد عمق وزن دار قوطی‌ها $(d \times w)$ و عمق تجمعی وزن دار قوطی‌ها $(\sum d \times w)$ را محاسبه و از نسبت $\frac{\sum d \times w}{\sum w}$ ربع مشخص شده به $\frac{\sum d \times w}{\sum w}$ کل، ضریب DU محاسبه می‌شود.

در تحقیقات متعددی رولبط رگرسیون مختلف با توجه به توزیع آماری آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها برای تخمین DU و CU در آبیاری جارانی کلاسیک ارائه شده است. یکی از رایج‌ترین فرمول‌ها استفاده از روابط ۷ و ۸ است (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$CU = 100 - 0.63(100 - DU) \quad (۷)$$

$$DU = 100 - 1.59(100 - CU) \quad (۸)$$

ضریب رایج و متداول ارزیابی آبیاری تحت فشار می‌باشند. ضریب یکنواختی پخش یا ضریب کریستینسن از معادله شماره ۱ تعیین می‌شود (Christiansen., 1942).

$$CU = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |d_i - \bar{d}|}{n\bar{d}} \right) \right] \quad (۱)$$

که در آن d_i عمق آب جمع شده در قوطی i ام، \bar{d} میانگین آب جمع شده در قوطی‌ها و n تعداد قوطی‌ها است. از رابطه فوق می‌توان در سیستم آبیاری کلاسیک و یا دستگاه خطی لینیر استفاده نمود زیرا فاصله مکانی قوطی‌ها یکسان است. در سیستم عقربه‌ای هر چه از مرکز سیستم به سمت انتهای باله حرکت کنیم مساحت تحت شرب آن نقطه بزرگ‌تر می‌شود. (Heermann and Hein., 1968) به قوطی‌ها در راستای شعاعی وزن داده و رابطه ذیل را جهت تخمین ضریب CU در آبیاری عقربه‌ای پیشنهاد کردند:

$$CU = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n \left(w_j \left| d_j - \frac{\sum_{k=1}^n (d_k w_k)}{\sum_{k=1}^n w_k} \right| \right)}{\sum_{k=1}^n d_k w_k} \right] \quad (۲)$$

که در آن w پارامتر وزن برای آب جمع شده در قوطی است. رابطه فوق برای ارزیابی دستگاه عقربه‌ای در استاندارد مهندسی آمریکا نیز آمده است (ASABE., 1996)؛ (Heermann and Hein., 1968) فاصله شعاعی از مرکز دستگاه را برای پارامتر وزن پیشنهاد کردند، که در این روش فاصله قوطی‌ها در راستای شعاعی یکسان است. در صورتی که فاصله بین قوطی‌ها در راستای شعاعی یکسان نباشد پیشنهاد می‌شود مساحت حلقوی تحت شرب دستگاه به عنوان پارامتر وزنی متغیر در نظر گرفته شود. برای مثال در قوطی مشخصی که به فاصله r از مرکز دستگاه قرار گرفته است و نصف فاصله آن با قوطی بعدی در راستای شعاعی برابر Δr_o و نصف فاصله آن با قوطی داخلی در راستای شعاعی برابر Δr_i باشد پارامتر وزن اختصاص یافته به این قوطی برابر مساحت حلقوی (A_a) محدود به شعاع $r + \Delta r_o$ و $r - \Delta r_i$ می‌باشد:

$$A_a = \pi[(r + \Delta r_o)^2 - (r - \Delta r_i)^2] = \pi[2r(\Delta r_o + \Delta r_i) + \Delta r_o^2 - \Delta r_i^2] \quad (۳)$$



دایره‌ای به شعاع $38/73$ متر، دومین قسمت حلقه‌ای به شعاع بیرونی $54/77$ و شعاع داخلی $38/73$ متر و سومین قسمت حلقه‌ای به شعاع بیرونی $67/08$ و شعاع داخلی $54/77$ متر و به همین ترتیب ادامه می‌یابد. قوطی‌ها در حد واسط شعاع بیرونی و داخلی قرار می‌گیرد. در سناریو دوم اولین قوطی در شعاع $19/36$ ، دومین قوطی در فاصله $46/75$ ، سومین قوطی در فاصله $60/93$ متری قرار گرفت. در سناریو سوم 15 قوطی اول به فاصله یک سان 10 متر، 20 قوطی دوم فاصله یکسان 5 متر و 25 قوطی سوم به فاصله یکسان 2 متر در راستای شعاعی مستقر شد. برای هر سناریو ضریب CU محاسبه شد. در حالت دوم به منظور ارزیابی و کنترل بیشتر ضریب CU و DU در هر کدام از سناریوها، 30 آبپاش که هر کدام به فاصله 10 متر از یکدیگر قرار داشتند مسدود شد. بدیهی است که با مسدود شدن آبپاش‌ها ضرایب CU و DU کاهش خواهد یافت. هدف از مسدود نمودن آبپاش‌ها بررسی تأثیر ناهمگونی پخش آب روی هر کدام از سه سناریو ذکر شده می‌باشد. در این حالت نیز ضریب CU و DU نیز برای هر کدام از سناریوها تعیین شد. تحقیق در زمانی صورت گرفت که سرعت وزش باد در منطقه به استناد پیش‌بینی هواشناسی منطقه کمتر از 2 متر بر ثانیه بود. برای در نظر گرفتن عوامل محیطی هر تیمار با 2 تکرار صورت پذیرفت و سرعت حرکت دستگاه 45 در صد تنظیم شد. مراحل اجرایی ارزیابی مشابه تحقیق (کریمی و جلیلی، ۱۳۹۴) صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

برای ارزیابی دستگاه عقربه‌ای با فواصل متغیر قوطی‌های جمع‌آوری‌کننده ضرایب CU و DU برای هر کدام از سناریوها اندازه‌گیری شد. خلاصه نتایج در جدول (۱) آمده است. همان‌طور که در جدول مشخص است اختصاص دادن مساحت تحت آبیاری هر قوطی به‌عنوان پارامتر وزن مناسب خواهد بود. در حالت اول سناریو دوم و سوم، ماکزیمم اختلاف CU و DU به

در آبیاری عقربه‌ای از آنجا که قوطی‌ها دارای وزن می‌باشند نمی‌توان از فرمول‌های روش آبیاری بارانی کلاسیک برای محاسبه CU و DU استفاده نمود. در برخی مواقع به علت عوامل محیطی نمی‌توان فاصله قوطی‌های جمع‌آوری‌کننده را یکسان تنظیم نمود بنابراین برای فواصل غیر یکسان قوطی‌ها بایستی راهکاری مدنظر قرار گرفته شود. هدف از این تحقیق ارائه یک دستورالعمل جهت ارزیابی آبیاری عقربه‌ای با فواصل غیر یکسان قوطی‌ها، ارزیابی روش جدید ارائه شده و تعیین رابطه رگرسیون بین CU و DU برای کاهش حجم محاسبات DU در آبیاری عقربه‌ای است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرکت کشت و صنعت مگسال، واقع در دشت قزوین، در محدوده 36 درجه و 9 دقیقه عرض جغرافیایی و 50 درجه و 10 دقیقه طول جغرافیایی انجام شد. دستگاه عقربه‌ای مورد استفاده دارای طول 300 متر، فاصله از محور تا برج آخر 294 متر (7 اسپن 42 متری) و طول بال معلق 6 متر بود. آبپاش‌های نصب شده از نوع کم‌فشار با فشار کارکرد $1/5$ اتمسفر و شعاع پاشش 5 متر بود. آبپاش‌ها با فاصله یکسان $2/5$ متر نصب شد. برای بررسی یکنواختی پخش از 120 قوطی فلزی (دوریدیف 60 تایی) استفاده شد. قوطی‌ها دارای قطر 11 و ارتفاع 15 سانتی‌متر بودند که در دوراستای شعاعی به زاویه 3 درجه قرار گرفتند. تحقیق در دو حالت و در هر حالت برای 3 سناریو انجام شد. در حالت اول تمام آبپاش‌ها در انجام تحقیق دخیل بودند. در سناریو اول قوطی‌ها به فاصله یکسان 5 متر در امتداد شعاعی نصب شدند. در سناریو دوم فاصله‌ها به‌گونه‌ای مشخص شد که مساحت حلقوی مختص به هر قوطی در راستای شعاعی یکسان باشد. کل مساحت تحت آبیاری دستگاه 282743 مترمربع بود و مساحت اختصاص یافته به هر قوطی برابر 4712 مترمربع بود. به عبارت دیگر دایره‌ای به شعاع 300 متر، به 60 حلقه مساوی متحدالمرکز به مساحت 4712 مترمربع تقسیم شد. اولین قسمت

بسیار به سناریو اول یا همان استاندارد مدون و رایج مورد استفاده (ASABE., 1996) نزدیک می‌باشد.

ترتیب کمتر از ۴/۲ و ۷ در صد می‌باشد. استفاده از پارامتر وزن مساحت آبیاری قوطی‌ها، برای سناریویی که فواصل قوطی‌ها در راستای شعاعی متغیر باشد

جدول (۱): مقادیر اندازه‌گیری شده میانگین عمق آب پاشیده شده، CU و DU

سناریو	حالت اول				حالت دوم			
	DU	CU	$\overline{D_w}^*$	$\overline{D_m}^*$	DU	CU	$\overline{D_w}^*$	$\overline{D_m}^*$
سناریو اول	۷۸/۹۸	۸۴/۴	۲۲۰/۵	۲۲۷/۵	۶۵/۲	۷۵/۱	۱۸۹/۵	۱۹۵/۱
سناریو دوم	۷۴/۷۸	۸۳/۸۵	۲۲۸/۸	۲۲۸/۹	۶۴/۸	۷۷/۸۲	۲۰۶/۲	۲۰۶/۲
سناریو سوم	۷۳/۴۹	۸۰/۸۸	۲۳۲/۶	۲۳۲/۴	۷۳/۶۵	۸۲/۴۲	۲۱۰/۵	۲۰۹/۵

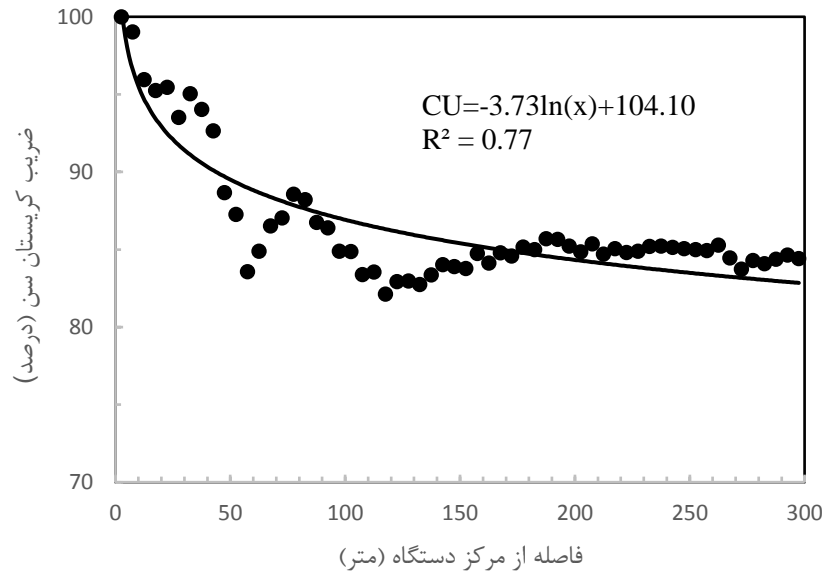
*: میانگین حسابی آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها

*: میانگین وزنی آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها

قوطی‌ها محسوس نبود. قوطی‌های انتهایی دارای وزن بیشتری می‌باشد و نقش بیشتری در مقدار نهایی CU و DU ایفا می‌کنند (Heermann and Hein., 1968).

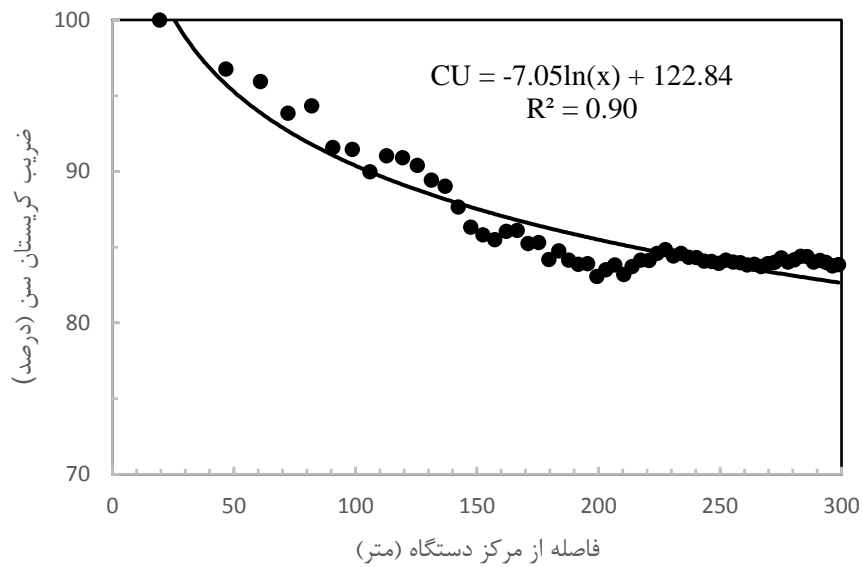
ضریب CU پراکندگی داده‌ها حول میانگین نشان می‌دهد هر چه داده‌ها به مقدار میانگین نزدیک‌تر باشند ضریب CU بزرگ‌تر و نزدیک به ۱۱۰۰ است و هر چه پراکندگی داده‌ها بیشتر باشد ضریب CU کاهش می‌یابد. در شکل ۱ تا ۶ مقادیر ضریب CU در امتداد باله دستگاه و در راستای شعاعی نشان داده شده است. پارامتر CU در امتداد شعاعی دستگاه عقربه‌ای از توزیع لگاریتمی پیروی می‌کند که برای هر ۶ تیمار در شکل‌های ۱ تا ۶ که از بهترین برآزش با نقاط به دست آمده است مشخص شده است

میانگین آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها نیز در سه سناریو حالت‌های اول و دوم بسیار به یکدیگر نزدیک بودند. در این تحقیق آرایش چیدمان قوطی‌ها در راستای شعاعی تأثیر چندانی در میانگین عمق آب جمع‌آوری شده نداشت. در حالت دوم کاهش مقادیر CU و DU بدیهی می‌باشد در واقع هدف از حالت دوم بررسی چگونگی تغییرات CU و DU برای سناریوهای دوم و سوم بود. مسدود نمودن آبپاش‌ها در سناریو اول برای CU و DU به ترتیب باعث کاهش ۱۱ و ۱۷ درصدی و در سناریو دوم باعث کاهش ۷ و ۱۳ درصدی شد ولی در سناریو سوم کاهش CU و DU مشاهده نشد. در سناریو سوم قوطی‌هایی که در انتهای باله قرار گرفته‌اند دارای فاصله بسیار نزدیکی (۲ متر) به یکدیگر می‌باشند و عدم یکنواختی آبپاش‌ها به علت همپوشانی آبپاش‌ها چندان در آب جمع‌آوری شده در

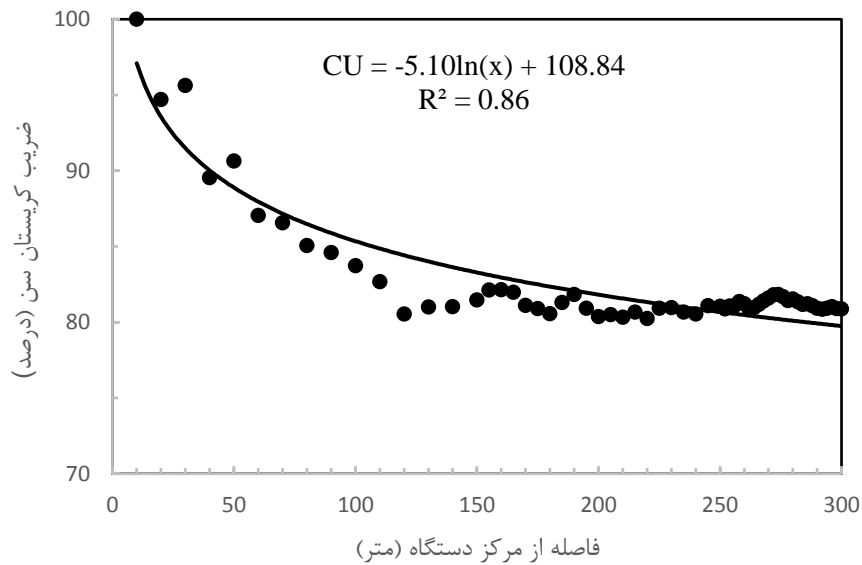


شکل (۱): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو اول حالت اول

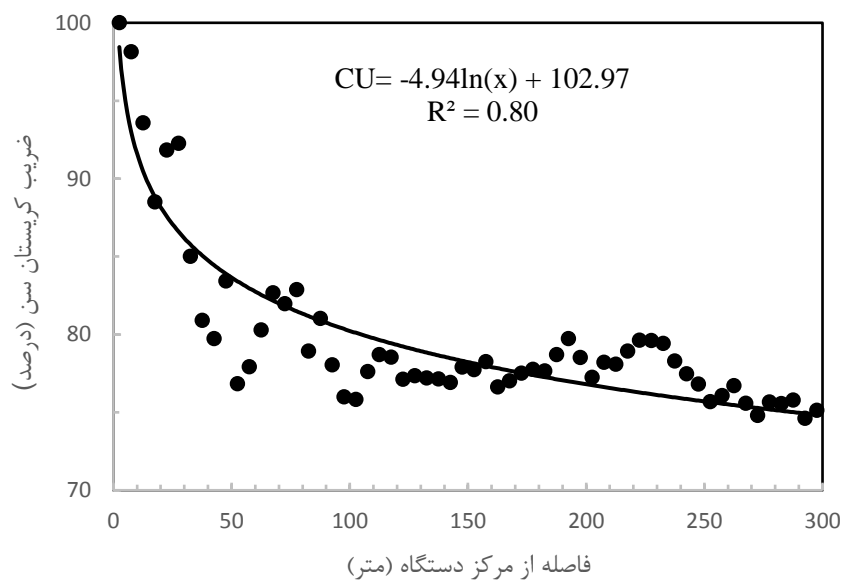
♦: x فاصله از مرکز دستگاه در راستای شعاعی می‌باشد



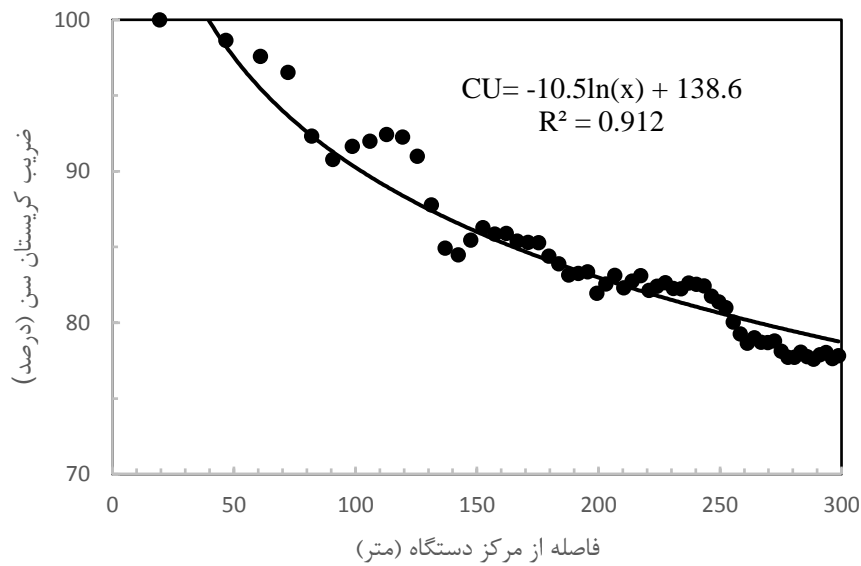
شکل (۲): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو دوم حالت اول



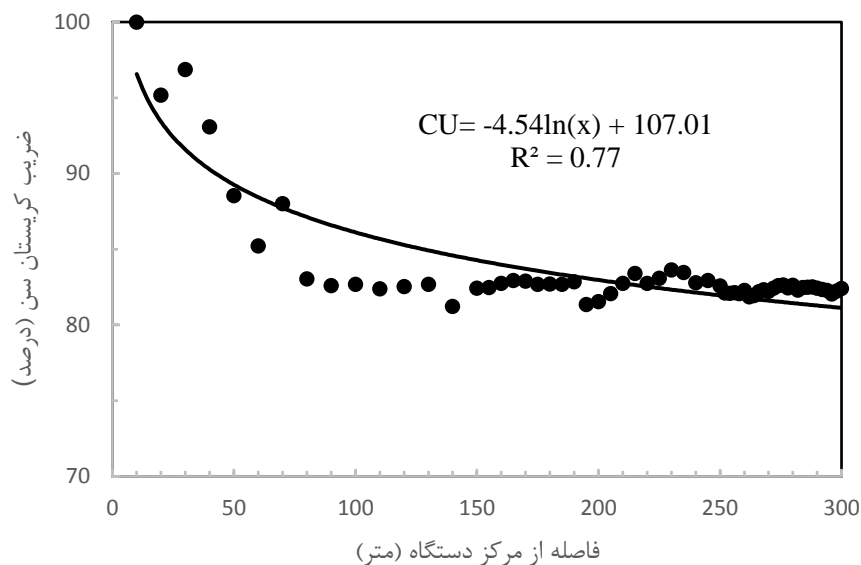
شکل (۳): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو سوم حالت اول



شکل (۴): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو اول حالت دوم



شکل (۵): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو دوم حالت دوم



شکل (۶): تغییرات ضریب CU در طول باله دستگاه عقربه‌ای در سناریو سوم حالت دوم

CU_{min} و به تبع آن افزایش طولی که در آن تغییرات CU کمتر از ۱ و ۵ در صد مقدار نهایی CU با شد م مشاهده می شود. در حالت دوم سناریو سوم مقدار CU_{min} مقدار جزئی افزایش داشته و طولی که تغییرات CU کمتر از ۱ و ۵ در صد مقدار نهایی CU با شد، کاهش جزئی یافت. به طور کلی در حالت دوم سناریو سوم روندی متفاوت با سناریوهای اول و دوم داشت. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد فواصل قوطی‌ها اثر

از نمودارهای ترسیم شده می‌توان حداقل مقدار CU_{min} یا محل روی دادن (L_{min}) آن را مشخص نمود. از روابط رگرسیون برآزش داده شده می‌توان طولی را که روند تغییرات CU کمتر از ۱ ($L_{1\%}$) و ۵ ($L_{5\%}$) در صد مقدار نهایی CU باشد را مشخص نمود. این نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. برای سناریوهای اول و دوم، حالت دوم در جدول ۲ کاهش مقدار

اول کمتر می‌باشد که آن را نیز می‌توان به کاهش فاصله قوطی‌ها از یکدیگر در راستای شعاعی نسبت داد. در سناریو دوم کاهش فاصله قوطی‌ها تدریجی صورت گرفت.

در هر دو حالت سناریو دوم که مساحت تحت آبیاری دستگاه به حلقه‌های مساوی متحدالمرکز تقسیم شده بود، طولی که تغییرات CU کمتر از ۱ و ۵ درصد مقدار نهایی CU باشد، از سناریوهای دیگر بزرگتر است. در سناریو دوم طول مؤثر و مفید باله در قیاس با دو سناریو دیگر بزرگتر است.

معنی‌داری در CU و DU دارند. م سدود شدن ۳۰ آبپاش باعث افزایش فشار کارکرد و آبدهی دیگر آبپاش‌ها و به تبعیت از آن افزایش شعاع خیس شده آبپاش‌های سالم می‌شود. در سناریو سوم هر چه از مرکز دستگاه به انتها نزدیک‌تر شویم فاصله قوطی‌ها در ۲ مرحله به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. در قوطی‌های انتهایی که دارای ضریب وزن بیشتری نیز بودند اثر ناهمگونی تصنعی در آب جمع‌آوری شده مشخص نبود. در حالت دوم سناریو دوم نیز کاهش پارامترهای CU و DU در مقایسه با حالت دوم سناریو

جدول (۲): مقادیر حداقل CU، طول روی دادن آن و طول رویداد تغییرات CU کمتر از ۵ و ۱ درصد مقدار نهایی آن

سناریو	حالت اول				حالت دوم			
	L1%	L5%	Lmin	CUmin	L1%	L5%	Lmin	CUmin
	(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(m)	(m)	(%)
سناریو اول	۲۴۵	۱۰۰	۱۱۷/۵	۸۲/۱	۲۶۰	۱۴۰	۲۹۲/۵	۷۴/۶
سناریو دوم	۲۷۰	۱۷۰	۱۹۹/۴	۸۳/۱	۲۸۰	۲۱۰	۲۸۸/۵	۷۷/۶
سناریو سوم	۲۶۰	۱۴۰	۲۲۰	۸۰/۲	۲۵۵	۱۲۵	۱۴۰	۸۱/۲

سامانه عقربه‌ای مورد مطالعه و همچنین استفاده از تحقیقات دیگر محققین که در جدول ۳ ارائه شده است یک رابطه رگرسیون جهت تخمین DU تعیین شد. (رابطه ۹).

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد در آبیاری عقربه‌ای از آنجا که قوطی‌ها دارای وزن می‌باشد نمی‌توان از فرمول‌های روش آبیاری بارانی کلاسیک استفاده نمود. بنابراین با استفاده از اندازه‌گیری‌های CU و DU در

جدول (۳): مقادیر گزارش شده توسط محققین برای CU و DU در آبیاری عقربه‌ای

منبع	محل انجام تحقیق	CU (%)	DU (%)
(سهرابی و اصیل منش، ۱۳۷۳)	کرج	۸۹	۸۴
(قائمی، ۱۳۸۳)	دانشکده کشاورزی شیراز	۷۵	۶۳
(چقا و قائمی، ۱۳۸۶)	دانشکده کشاورزی شیراز	۷۶/۴	۶۷/۳
(Merjang et al., 2012)	اسپانیا	۸۷/۴	۷۷/۵
(Al_Ghobari., 2014)	عربستان	۸۵/۲	۷۳/۷
		۸۲/۶	۷۸
		۷۳/۲	۶۶/۸
(دوست محمدی و همکاران، ۱۳۹۲)	قم	۶۳/۵۵	۴۷/۸۶
(امین ثنایی و همکاران، ۱۳۹۴)	کرمان	۹۶/۵۳	۸۴/۴۳
		۹۱/۱۴	۷۹/۶۹

$$DU = 1.1 \times CU - 17.9, R^2 = 0.89$$



ناهمگونی مصنوعی ایجاد شده را نشان دهند. سناریو دوم یا همان تقسیم مساحت تحت شرب د ستگاه به حلقه‌های مساوی متحدالمرکز توانست اثر ناهمگونی مصنوعی ایجاد شده را روی CU و DU نشان دهد. در سناریو دوم طولی که بعد از آن تغییرات CU از حد مشخص ۱ و ۵ درصد مقدار نهایی CU کمتر باشد، از سناریو اول بزرگ‌تر است. به عبارت دیگر آرایش چیدمان قوطی‌ها در سناریو دوم نیز می‌تواند یک آرایش مناسب جهت ارزیابی دستگاه عقربه‌ای باشد. روند تغییرات CU در امتداد شعاعی دستگاه از توزیع لگاریتمی پیروی می‌کند. از رابطه رگرسیون برازش یافته بین CU و فاصله شعاعی دستگاه می‌توان جهت تعیین طولی که بعد از آن طول تغییرات CU نسبت به مقدار نهایی CU از حد مشخصی کمتر باشد را تعیین نمود. روند تغییرات CU و DU در آبیاری عقربه‌ای به صورت خطی می‌باشد. با افزایش هر یک درصد مقدار CU، ضریب DU به مقدار ۱/۱ درصد در آبیاری عقربه‌ای افزایش می‌یابد.

مشابه رابطه موجود برای آبیاری کلاسیک بارانی، رابطه رگرسیون برازش داده شده در آبیاری عقربه‌ای نیز به صورت خطی می‌باشد. رابطه ۹ (۶) با تحقیق (ثنایی و همکاران، ۱۳۹۴) مطابقت دارد، این رابطه بیانگر این است که با افزایش راندمان یکنواختی پخش، یکنواختی توزیع آب افزایش پیدا خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش یک راهکار جدید به منظور تخمین CU و DU با فواصل مختلف قوطی‌های جمع‌آوری‌کننده در امتداد شعاعی ارائه شد. طبق استاندارد مدون موجود (ASABE., 1996)، باید فاصله قوطی‌ها از یکدیگر مساوی باشد. اگر در امتداد شعاعی دستگاه موانع محیطی قرار داشته باشد یا به علت حرکت چرخ‌های دستگاه نیاز به جابجایی جزئی قوطی باشد می‌توان اثر این جابجایی را در محاسبه CU و DU لحاظ نمود. آرایش نامنظم قوطی‌ها در سناریو سوم مناسب نبود زیرا CU و DU نتوانستند اثر

منابع

- اوجاقلو، ح. ز، بیگدلی و ع. شیردلی. ۱۳۹۶. بررسی اثر سرعت باد بر عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان زنجان. نشریه مهندسی آب و آبیاری، سال پنجم، شماره ۷، ص ۹۷-۱۰۷.
- چقا، ی. و ع. ا. قائمی. ۱۳۸۶. بررسی تلفات ناشی از تبخیر و باد بردگی سیستم بارانی عقربه‌ای. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه باهنر کرمان.
- ثنایی، ا. ز، ایزدپناه، و س. برومند. ۱۳۹۴. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری عقربه‌ای اجرا شده در شهرستان‌های بردسیر و راین استان کرمان. مجله علوم و مهندسی آبیاری، شماره ۳۸ (۲)، ص ۱۷۱-۱۸۰.
- دوست محمدی، م. م. سلطانی محمدی و ه. رضایی راد. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری دوار مرکزی (مطالعه موردی استان قم) اولین همایش ملی بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.
- سهرابی، ت. و ر. ا. صیل منش. ۱۳۷۷. ارزیابی آبیاری بارانی عقربه‌ای در کرج. علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرج، شماره ۲ (۲)، ص ۱-۱۴.
- قائمی، ع. ا. ۱۳۸۳. ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری عقربه‌ای ساخت داخل کشور و بررسی مشکلات فنی آن. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۵ (۱۹)، ص ۲۷-۴۸.
- کریمی، م. و م. جلیلی. ۱۳۹۴. دستورالعمل ارزیابی عملکرد دستگاه آبیاری دوار مرکزی (سنتریوت). مجله آب و توسعه پایدار، شماره ۲ (۲)، ص ۸۵-۹۱.



- گنجی، ف.، ح. پیری، م. بهزاد و س. برومند نسب. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی سه نوع قطرهچکان در سیستم آبیاری قطره‌ای. نشریه مهندسی آب و آبیاری، سال سوم، شماره ۱۱، ص ۶۹-۸۵.
- هزارجریبی، ا.، ح. شریفان، ح. انصاری و ب. سهرابی، ۱۳۸۹. ارزیابی یکنواختی توزیع آب با شدت متغیر از یک دستگاه آبیاری سنتریپوت اصلاح شده. نشریه حفاظت آب و خاک، شماره ۱۷ (۱)، ص ۱۲۹-۱۴۳.
- Al-Ghobari H.M. 2014. Effect of Center Pivot System Lateral Configuration on Water Application Uniformity in an Arid Area. *J. Agr. Sci. Tech*, 16: 77-589.
- ASABE .1996.Standards. 43 rd Ed. American Soc. of Agric.And Biological Engineers.St. Joseph, MI 864 pp.
- Christiansen JE .1942. Irrigation by sprinkling.California Agricultural Experiment Station Bulletin 670.University of California, Berkeley.
- Heermann D, Fand P. R. Hein. 1968. Performance characteristics of selfpropelled center-pivot sprinkler irrigation system. *Trans ASAE* ,11(1): 11-15.
- Liu, H., L. Yu., Y. Luo., X. Wang., and G. Huang. 2011. Responses of winter wheat evapotranspiration and yield to sprinkler irrigation regimes. *Agricultural water management*, 98: 483-492.
- Marjang, N., G. P. Merkley and M. Shaban. 2012. Center-pivot uniformity analysis with variable container spacing. *Irrig. Sci*, 30: 149-156.
- Perez-Ortola, M., A. Daccache., T.M. Hess., and J.W. Knox. 2015. Simulating impacts of irrigation heterogeneity on onion (*Allium cepa* L.) yield in a humid climate. *Irrigation Science*, 33: 1-14.
- Salmeron, M., Y.F. Urrego., and J. Cavero. 2012. Effect of non-uniform sprinkler irrigation and plant density on simulated maize yield. *Agricultural water management*, 113: 1-9.
- Sanchez, I., N. Zapata., and J.M. Faci. 2010. Combined effect of technical, meteorological and agronomical factors on solid-set sprinkler irrigation: I. Irrigation performance and soil water recharge in alfalfa and maize. *Agricultural water management*, 97: 1571-1581.
- Talebnejad, R., and A.R. Sepaskhah. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agricultural Water Management*, 148: 177-188.
- Wright, J., Bergsrud, F., Rehm, G., Malzer, G. and B. Montgomery. 2002. Nitrogen Application with Irrigation Water-Chemigation. College of Agriculture, Food, and Environmental Sciences. University of Minnesota
- Yan, H.J., G. Bai., J.Q. He., and Y.J. Li. 2010. Model of droplet dynamics and evaporation for sprinkler irrigation. *Biosystems Engineering*, 106: 440-447.



The behavior of water uniformity distribution in center pivot irrigation with varied distances

Vahid shahabizad¹, Arash Kaghazlo², Ali Dindarlo³

Abstract:

Uniformity of water distribution is one of the most important factors in the evaluation of irrigation systems. The aim of this study was to investigate the uniformity of distribution (CU) and distribution uniformity coefficient (DU) in center pivot irrigation system with different distances of cans in radial direction and to obtain the relationship between these two coefficients. In this regard, three scenarios in the layout arrangement of cans were considered for evaluating the center pivot irrigation system in the Qazvin Megsal Cultivation-Industry. In the first scenario, the distance of 60 cans in a radial direction of 5 meters, in the second scenario, the area under irrigation of the system was divided into 60 equal concentric circles, and the location of each can placed middle of distance of circles, and in the third scenario, 15 cans were spaced 10 meters, 20 second cans The distance of 5 meters and 25 cans was spaced 2 meters in a radial direction. In the first case, all sprinklers were healthy and in the second case, 30 sprinklers was blocked to examine the effect of cans arrangement on CU and DU coefficients. The results showed that in the first case, the CU and DU coefficients for the first scenario were 84.4 and 79 for the second scenario, 83.9 and 74.8 and for the third scenario it was 80.9 and 73.5, respectively, and in the second case The CU and DU coefficients for the first scenario were 75.1 and 65.3, respectively, for the second scenario, 77.8 and 64.8, respectively, for the second scenario 82.8 and 73.7, respectively. It is not possible to use the formulas of the classical sprinkler irrigation method because the cans are weighed. In this study, using the measurements of CU and DU in the center pivot system and as well as the findings of other researchers, a linear regression relationship with a coefficient of 0.89 between CU and DU in irrigation was obtained. . Using this relationship, we can reduce the volume of Du calculations in irrigation.

Keywords: Center pivot Irrigation, Uniformity Coefficient, Distribution Uniformity

¹ Phd Student, Department of water engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

² Msc, Department of water engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

³ Assistant Professor of Water Science Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.