

شبیه سازی الگوی پخش آب در زیر آبیاش ضربه‌ای مدل NELSON-F80AP با استفاده از تابع توزیع بتا

مجید رئوف^۱ *

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی؛

majidraoof2000@yahoo.co.uk

چکیده

برای طراحی مناسب سیستم‌های آبیاری بارانی لازم است آرایش آبیاش‌ها در هر سیستم طوری باشد که بیشترین یکنواختی حاصل گردد. جهت اینکار لازم است الگوی پخش آب زیر آبیاش منفرد در شرایط مختلف استخراج و سپس با در نظر گرفتن اثرات عوامل محیطی و همپوشانی آبیاش‌ها به کل سیستم تعمیم داده شود. در این تحقیق با استفاده از تابع توزیع احتمالاتی بتا نحوه تاثیر سرعت های مختلف باد روی الگوی توزیع آب بررسی شد. آبیاش مورد آزمایش آبیاش ضربه ای مدل NELSON-F80AP با قطر نازل 5/8 اینچ، متوسط فشار کارکرد 40 PSI، شعاع پرتاب 22/86 متر (75 ft)، دبی متوسط 4/4 لیتر بر ثانیه و زاویه چرخش 360 درجه می باشد. آبیاش مورد نظر ابتدا در شرایط کنترل شده (بدون باد) و در سه تکرار و سپس در شرایط سرعت های باد مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. محدوده سرعت باد در آزمایش های مورد نظر 0 تا 7/05 متر بر ثانیه می باشد. ابتدا ضرایب تابع توزیع بتا در شرایط بدون باد استخراج گردید سپس نحوه تغییر ضرایب تابع توزیع بتا در شدت های متفاوت باد مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت روابط احتمالاتی مناسب هر حالت تعیین و در نتیجه الگوی پخش آب تخمین زده شد. در سرعت باد 0 تا 3 متر بر ثانیه الگوی توزیع نسبتاً یکنواختی حاصل گردید و در این حالت حداکثر خطای نسبی حاصله از مدل احتمالاتی بتا تطابق خوبی را با مقادیر اندازه گیری شده نشان داد. در این حالت حداکثر خطای نسبی حاصله برابر 3/53٪ بود. با افزایش سرعت باد به محدوده 3 تا 6 متر بر ثانیه یکنواختی الگوی توزیع کاهش و خطای نسبی افزایش یافت که حداکثر مقدار آن 4/65٪ بود. در سرعت باد بیشتر از 6 متر بر ثانیه مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی افزایش یافته و به دلیل تاثیر شدید باد روی الگوی توزیع آب بیشترین خطای نسبی بین ارقام حاصل از مدل احتمالاتی و ارقام مشاهداتی حاصل گردید که حداکثر مقدار آن 8/48٪ بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاش ضربه‌ای، الگوی توزیع، تابع احتمالاتی بتا، فشار کارکرد، شعاع پخش

مقدمه

الگوی توزیع هر آبیاش و منظور نمودن تداخل و ترکیب الگوهای توزیع آبیاش های منفرد الگوی توزیع کل سیستم حاصل می شود. الگوی توزیع کل کیفیت آبیاری یا عملکرد سیستم را نشان می دهد. عوامل مهم

هدف اصلی از طراحی سیستم های آبیاری بارانی پخش عمق آب مورد نیاز به صورت یکنواخت و با شدت مورد نظر در سطح مزرعه می باشد. با شناخت

۱. آدرس نویسنده مسؤول: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

* دریافت: مهر، ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۱

در الگوی توزیع حاصل از هر آپاش عبارتند از:

- ۱- چگونگی ساخت و کارکرد مکانیکی آپاش که بستگی به طراحی و دقت ساخت کارخانه سازنده دارد.
- ۲- فشار کارکرد سیستم و سرعت و جهت وزش باد که مهمترین عامل محیطی تاثیر گذار در الگوی توزیع آب است.

برای طراحی صحیح و پیش بینی الگوی توزیع منفرد هر آپاش و نیز الگوی توزیع سراسری لازم است که نحوه تغییرات الگوی توزیع در اثر باد پیش بینی گردد. با توجه به اینکه اندازه گیری الگوی توزیع آب تحت شرایط انواع سرعت های مختلف باد توسط آزمایش های میدانی به دلیل تعدد حالت های ممکن عملاً امکان پذیر نیست، لذا استفاده از مدل های ریاضی یا آماری برای پیش بینی الگوی توزیع در شرایط متفاوت باد توجیه پذیر است.

رئوف و همکاران (۱۳۸۷) طی پژوهشی الگوی پخش آب زیر آپاش مه پاش ستر پیوت با زاویه بازشدگی ۱۸۰ درجه را بررسی نمودند. آنها تعداد ۱۷ آزمایش پخش آب را در مزرعه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز و در سرعت های باد مختلف صورت داده و در نهایت با تنها یک تابع توزیع بتای ساده (به دلیل کم ریز بودن قطرات تولیدی از آپاش) الگوی پخش آب زیر آپاش را در سه جهت عمود بر جهت بتد، مخالف جهت باد و جهت باد مدل سازی نمودند.

رئوف و همکاران نتیجه گیری نمودند که در جهت باد امکان شبیه سازی وجود داشته و مقدار خطای بین مقادیر عمق آب شبیه سازی شده و اندازه گیری شده کم است، در جهت عمود بر باد نیز مدل تابع بتا قادر به شبیه سازی الگوی پخش آب می باشد اما خطای موجود بیشتر از حالت قبل است، در خلاف جهت باد مدل دارای ضعف بوده و خطای بین داده های شبیه سازی شده و اندازه گیری شده بسیار زیاد می باشد. در هر سه حالت ذکر شده با افزایش سرعت باد از کارایی مدل کاسته شده

و بعنوان نمونه در سرعت باد زیاد (بالتر از ۶ متر بر ثانیه) مدل سازی در خلاف جهت باد غیر ممکن شد. در سرعت های باد کم خطای نسبی شبیه سازی الگوی پخش آب در تمام حالات کمتر از ۴٪، در سرعت های باد متوسط کمتر از ۷٪ و در سرعت های باد زیاد کمتر از ۱۰٪ می باشد.

هرمان و همکاران (۱۹۹۲) برای سیستم دوار مرکزی و سولومان و الیوت (۱۹۸۰) از توابع توزیع احتمالاتی برای پیش بینی الگوی توزیع آب آپاش منفرد استفاده نمودند و دقت و قابلیت این توابع را مورد تأیید قرار دادند.

هان (۱۹۹۴) یک مدل شبیه سازی را برای توزیع آب در اطراف آپاش توسعه داد. وی الگوهای های توزیع آب را در چهار جهت باد (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه نسبت به شمال) تحت یک آپاش خاص و در شرایط متفاوت سرعت باد به دست آورد. تعداد ۱۷۰ آزمایش مختلف در ۱۰ گروه طبقه بندی شد و میانگین هر گروه محاسبه گردید. درستی مدل و تطابق اعداد به دست آمده از مدل با اعداد اندازه گیری شده در مزرعه مورد آزمون قرار گرفت. این آزمایش، مکمل تحقیقات ریچارد و ودرهد (۱۹۹۳) می باشد. در این تحقیق تابع توزیع بتا روی پروفیل پخش آپاش برآزش داده شد که نتایج حاصل، رضایت بخش بود.

مول و لیگیت (۲۰۰۰a) با استفاده از تابع توزیع بتا مدل الگوی توزیع زیر یک آپاش منفرد را شبیه سازی نمودند. آنها رابطه ای با ترکیب سه تابع توزیع بتا برای یک آپاش منفرد ارائه دادند، این سه تابع توزیع جرم آب به ترتیب مربوط به قطرات ریز، متوسط و درشت بودند. از ترکیب سه منحنی بتا نیمرخ پخش آب آپاش شبیه سازی گردید. عمق های به دست آمده از مدل تطابق زیادی با داده های اندازه گیری شده صحرايي نشان داد. مول و لیگیت با استفاده از نرم افزار آماری SAS/STAT و

که در آن $g(r)$ نسبت حجم آب ریخته شده در حلقه ای به شعاع r و عرض dr به کل آب پخش شده روی زمین در هر آزمایش و θ زاویه چرخش آبیاش مورد نظر است (شکل ۱). $g(r)$ می تواند با استفاده از ترکیبی از n تابع توزیع بتا شبیه سازی گردد. در عمل مقدار n برابر ۱، ۲ یا ۳ در نظر گرفته می شود. تابع توزیع احتمالاتی بتا عبارتست از

$$\beta(x, a, b) = \beta\left(\frac{r}{p}, a, b\right) \quad (2)$$

که در آن r فاصله نقطه مورد نظر از آبیاش، p حداکثر شعاع پخش آب توسط آبیاش در یک آزمایش و در یک امتداد معین و a و b پارامترهای تابع توزیع بتا هستند (۳ و ۸).

جهت شبیه سازی حجم نسبی آب پخش شده در حلقه ای به شعاع r و عرض dr می توان نوشت

$$g(r) = \sum_{k=1}^n \tau_k \beta\left(\frac{r}{p}, a_k, b_k\right) \quad (3)$$

که در آن

$$\beta(x, a, b) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} L_{[0,1]}(x) \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n \tau_k = 1 \quad \text{و} \quad \tau_k \in [0,1]$$

در این روابط τ_k ($k=1,2,3$) ضرایب وزنی مربوط به جامعه قطرات تولید شده ریز، متوسط و درشت و $L_{[0,1]}$ تابع پله ای بوده و نشان می دهد که اگر $r \leq p$ باشد $L=1$ و اگر $r > p$ باشد $L=0$ خواهد بود. همچنین x فاصله نسبی از آبیاش (فاصله قوطی از آبیاش نسبت به حداکثر شعاع پخش آبیاش) و Γ تابع توزیع گاما می باشد.

در معادله $g(r)$ هر کدام از k ها مربوط به یک جامعه قطرات (ریز، متوسط و درشت) می باشد. اگر جامعه قطرات تولیدی از آبیاش از هر سه نوع باشد $k=3$ است بنابراین مدل سازی می تواند با ترکیبی از سه تابع توزیع بتا انجام گردد و به همین ترتیب اگر جامعه قطرات تولیدی از ۲ یا ۱ نوع باشد k برابر ۲ یا ۱ خواهد بود و

روش حداقل سازی غیر خطی^۱ تجزیه و تحلیل خود را بر مبنای تکرار انجام داده و مدل مورد نظر خود را در هر سری آزمایش با به دست آوردن a, b, P_0, P_u, P_p و P_d که به ترتیب a و b پارامترهای تابع توزیع بتا، P_0 حداکثر شعاع پخش آب در شرایط کنترل شده، P_u حداکثر شعاع پخش آب در شرایط وجود باد و خلاف جهت آن، P_p حداکثر شعاع پخش آب در شرایط وجود باد و عمود بر جهت باد و بالاخره P_d حداکثر شعاع پخش آب در شرایط کنترل نشده و در جهت باد می باشند، مشخص نمودند. از بین حالت های مختلف، حالتی که جواب مدل با آزمایشات میدانی کمترین اختلاف را داشت به عنوان گزینه مطلوب انتخاب گردید.

در حال حاضر در بسیاری از سیستم های آبیاری بارانی مرسوم در دشت رزن استان همدان از قبیل سیستم های ویلمو و کلاسیک ثابت از آبیاش های ضربه ای ساخت کارخانه نلسون استفاده می گردد. در این تحقیق با استفاده از تابع توزیع بتا الگوی توزیع آب زیر آبیاش NELSON-F80AP شبیه سازی گردید. برای تعیین ضرائب تابع توزیع بتا از روش حداقل سازی خطا بین ارقام مشاهداتی و ارقام حاصل از مدل توزیع بتا استفاده شد.

توزیع احتمالاتی بتا

در آبیاش های ضربه ای با زاویه پخش ۳۶۰ درجه و شرایط بدون باد، بهم خوردگی حجم آب پخش شده که ناشی از وجود نیروی باد می باشد وجود نداشته و در نتیجه توزیع مقادیر آب در تمام جهات پخش یکنواخت و پروفیل پخش آب در تمام جهت های پخش یکسان خواهد بود (۹). در این حالت حجم نسبی آب پخش شده بصورت یکنواخت بوده و بر روی حلقه ای به شعاع r و عرض dr عبارتست از:

$$g(r) = \int_0^{2\pi} f(r, \theta) d\theta \quad (1)$$

¹ . NLIN Procedure

مدل با ترکیبی از ۱ یا ۲ تابع توزیع بتا حاصل می شود. برای تعیین درشتی قطرات آب تولید شده توسط آپاش شاخص درشتی قطرات از رابطه متداول زیر محاسبه گردید (۷):

$$CI = k \frac{P^{1.3}}{D} \quad (5)$$

که در آن CI شاخص درشتی قطرات، D قطر روزنه آپاش (in)، P فشار کارکرد آپاش (psi) و k ضریب تبدیل واحد می باشند. برای یک آپاش چنانچه $CI \geq 17$ قطرات تولیدی از جامعه ریز، اگر $7 < CI < 17$ قطرات تولیدی ترکیبی از دو جامعه ریز و متوسط و در صورتیکه $CI \leq 7$ قطرات تولیدی ترکیبی از سه جامعه قطرات ریز، متوسط و درشت خواهد بود (۷).

برای آپاش هایی که دور کامل (۳۶۰ درجه) میزند آب پخش شده در شرایط بدون باد یک ناحیه دایره ای را ایجاد می کند. جرم پخش شده نیز در این حالت در تمام زوایا یکسان خواهد بود. حال اگر شرایط کنترل نشده باشد (شرایط وجود باد) جرم پخش شده در تمام زوایا یکسان نبوده و ناحیه دایره ای مطابق شکل ۲ تبدیل به یک ناحیه بیضی شکل می گردد. علت این امر انقباض ناحیه دایره ای در خلاف جهت باد و انبساط آن در جهت باد است (۸). در آپاش های با دور کامل نحوه قرار گیری آپاش و جهت باد که در حین آزمایش نسبتاً ثابت فرض می شود بدلیل وجود تقارن مرکزی در شکل نهائی ناحیه آب پخش شده تاثیری ندارند. در این آپاشها یک ناحیه دایره ای در شرایط بدون باد، تبدیل به یک ناحیه بیضی شکل در شرایط وجود باد خواهد شد. گستردگی شکل بیضوی در جهت باد متناسب با سرعت باد می باشد. در ناحیه پخش آب توسط آپاش مرکز بیضی منطبق بر مرکز جرم آب پخش شده روی ناحیه بیضی شکل است (رثوف و همکاران ۱۳۸۷). این مرکز در صورت وجود باد منطبق بر آپاش نخواهد بود ولی حلقه ها به طور منظم در اطراف مرکز جرم پخش شده قرار خواهند گرفت. در این حالت مرکز بیضی بعنوان مرکز

مختصات در نظر گرفته می شود و الگوی توزیع آب می تواند با استفاده از تابع توزیع بتا شبیه سازی گردد (۸). درحالتی که سرعت باد صفر است (شرایط کنترل شده) حلقه های منظم حول آپاش ایجاد می گردد (۵). در شرایط وجود باد برای برازش مدل فرض می گردد که باد باعث انبساط یا انقباض حلقه ها و تغییر مرکز جرم آب پخش شده در ناحیه پخش آب می گردد. نسبت حجم آب دریافتی توسط هر یک از قوطی های جمع آوری کننده آب به حجم کل آب پاشیده شده در هر آزمایش می تواند از رابطه زیر تخمین زده شود (۹):

(۶)

$$\bar{F}_{xy} = \frac{\pi \rho^2}{\pi(R+\rho)^2 - \pi(R-\rho)^2} \int_{R+\rho}^{R-\rho} g(r) dr$$

که در آن \bar{F}_{xy} حجم آب جمع آوری شده در قوطی به مختصات (x,y) نسبت به مبدا که مرکز جرم آب پخش شده در نظر گرفته می شود، ρ : شعاع قوطی های جمع آوری کننده آب، R_{xy} فاصله نقطه (x,y) از مرکز جرم آب پخش شده بوده و عبارت است از

$$R_{xy} = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (7)$$

و $g(r)$ تابع توزیع بتا یا ترکیبی از توابع توزیع بتا برای آپاش مورد نظر می باشند.

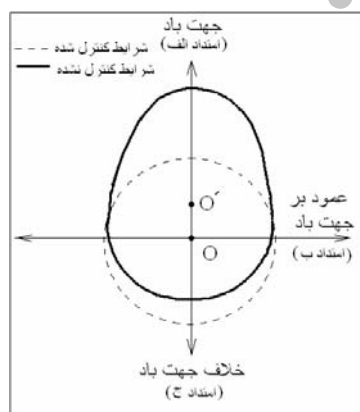
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت کرفس از توابع استان همدان با موقعیت طول جغرافیایی $49^{\circ}, 12'$ تا $49^{\circ}, 52'$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}, 23'$ تا $35^{\circ}, 51'$ و ارتفاع متوسط ۱۹۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد در شمال شرق شهرستان رزن استان همدان واقع گردیده است. این دشت دارای مساحت کل حدود ۱۶ هزار هکتار بوده که از شمال به رشته کوه های اوج - نوبران، از شرق به دشت قلعه، از جنوب به دشت سنگر آباد و از غرب به دشت عین آباد منتهی می گردد. کل اراضی منطقه شامل سه قسمت اراضی مسکونی، باغات-جنگلها و اراضی کشاورزی می باشد. تعداد ۳۰ حلقه چاه عمیق که دبی

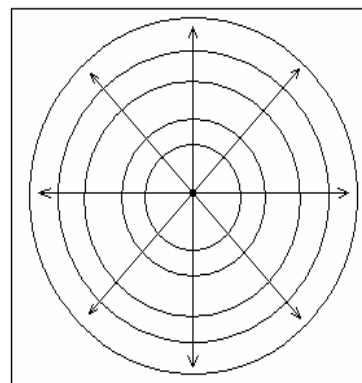
و عرض بیشتر از ۲۰۰ متر و پوشیده از گیاه زراعی گندم به ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی متر بود. جهت انجام آزمایشات از یک دستگاه آبیاش ضربه ای مدل ذکر شده در ارتفاع ۱ متری (ارتفاع رایج نصب آبیاش در محل) استفاده گردید. طی ۱۰ آزمایش حداکثر شعاع پخش آبیاش در شرایط وجود باد با سرعت های متفاوت حدود ۳۰ متر به دست آمد. آزمایشات بر مبنای فشار متوسط ذکر شده انجام پذیرفت. نحوه انجام آزمایشات به شرح زیر است:

پس از آماده کردن وسایل لازم، ابتدا در محوطه فوق الذکر برای هر آزمایش قطعه زمینی مستطیلی شکل به طول و عرض ۶۰ متر انتخاب می گردید. قطعه زمین انتخاب شده به صورت شبکه های ۲ متر در ۲ متر شبکه بندی شده و قوطی های جمع آوری کننده آب به قطر ۲۰ سانتیمتر روی گره ها قرار داده شدند. چینش قوطی ها بر اساس استاندارد ایزو ۷۷۴۹/۲ صورت گرفت (بی نام ۱۹۹۰). آبیاش در طی هر آزمایش چنان قرار داده می شد که بعد

متوسط هر یک ۳۰ لیتر بر ثانیه می باشد حدود ۳ هزار هکتار از اراضی منطقه را تحت پوشش قرار داده و آبیاری می نمایند. با اجرای طرح توسعه سیستم های آبیاری بارانی از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۸۸ حدود ۲۵۰۰ هکتار از اراضی آبی مجهز به سیستم آبیاری بارانی (شامل کلاسیک ثابت، ویلمو و قرقره ای) شده و در حال حاضر نیز تبدیل سیستم های سطحی به بارانی در منطقه ادامه دارد. نوع آبیاش مورد استفاده در دو سیستم کلاسیک ثابت و ویلمو آبیاش مدل NELSON-F80AP ساخت کارخانه نلسون می باشد. بنابراین آبیاش مورد آزمایش دارای قطر نازل 5/8 اینچ، متوسط فشار کارکرد ۴۰ PSI، شعاع پرتاب ۳۶۰ ft، دبی متوسط ۴/۴ لیتر بر ثانیه و زاویه چرخش ۷۵ درجه می باشد (شکل ۳). فاصله آبیاش ها از همدیگر در سیستم کلاسیک ثابت و ویلمو برابر ۲۰ متر و فاصله لترال ها نیز در هر دو سیستم برابر ۲۰ متر می باشد. محوطه مورد نظر که آزمایشها در آنجا انجام گردیدند دارای طول



شکل ۲- ناحیه پخش آب در شرایط کنترل شده به مرکز O و شرایط کنترل نشده به مرکز O' برای آبیاش با چرخش کامل



شکل ۱- نحوه توزیع آب پخش شده در شرایط بدون باد و زاویه پخش ۳۶۰ درجه

MODEL F80AP — FLOWRATE (GPM) & THROW RADIUS (FEET)																				
BASE PSI	11/32"			3/8"			13/32"			7/16"			15/32"			1/2"				
	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.				
40	21.8	61	26.0	62	30.5	64	34.5	66	39.9	68	45.0	69	50.7	71	57.0	72	62.9	73	69.0	75
50	24.6	64	29.1	66	34.1	68	38.9	70	44.7	71	50.5	73	56.8	75	63.4	76	70.4	78	77.4	79
60	27.0	67	32.1	69	37.6	71	43.0	73	49.3	75	55.7	76	62.5	78	70.0	80	77.3	81	85.4	83
70	29.0	69	34.8	72	40.7	74	46.7	76	53.2	78	60.4	79	67.7	81	75.8	83	83.8	84	92.8	85
80	31.0	72	37.3	74	43.7	76	50.0	78	57.0	80	64.7	82	72.5	84	81.3	85	89.9	87	99.2	89
90	32.2	74	39.4	76	46.2	78	52.9	81	60.8	82	68.5	84	76.8	86	85.9	88	95.3	90	104	91
100	33.0	76	41.5	78	48.8	80	55.8	83	64.0	85	72.6	87	81.0	88	90.9	90	101	92	110	94

MODEL F80APV — FLOWRATE (GPM) & THROW RADIUS (FEET)																				
BASE PSI	11/32"			3/8"			13/32"			7/16"			15/32"			1/2"				
	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.	GPM	RAD. FT.				
40	21.8	65	26.0	68	30.4	71	34.4	73	39.4	76	44.6	78	50.2	80	56.2	82	62.2	84	68.1	86
50	24.2	71	28.8	74	33.8	76	38.5	79	44.1	81	50.1	84	56.3	87	62.8	89	69.5	91	76.2	93
60	26.5	75	31.5	78	37.2	81	42.5	84	48.6	87	55.1	89	61.8	92	69.0	94	76.4	97	83.9	99
70	28.6	79	34.0	82	40.1	86	46.0	89	52.5	91	59.6	94	66.9	97	74.7	99	82.6	102	90.6	104
80	30.6	83	36.4	86	42.8	89	49.3	92	56.2	96	63.8	98	71.7	101	80.0	104	88.4	107	96.9	109
90	32.6	86	38.6	90	45.4	93	52.3	96	60.0	100	67.6	102	75.9	105	85.0	108	93.7	111	102	113
100	34.4	89	40.7	93	47.9	97	55.1	100	63.2	103	71.2	106	80.0	109	89.6	112	98.8	115	108	118

NOTE: STATED PERFORMANCE @ BASE PRESSURE. Sprinkler performance data has been obtained under ideal test conditions and may be adversely affected by wind, poor hydraulic conditions, or other factors. Babcock Brinley Corporation makes no representation regarding display conditions, uniformity or application rate. The F80A and F80APV are available with secondary nozzle sizes of 7/64" to 5/16". Consult NHC for double nozzle performance information. Sprinkler tested on 12" riser. Please see warranty for disclaimer statement.



شکل ۳ آبیاش مورد استفاده در سیستم های کلاسیک ثابت و ویلمو در دشت کرفس و مشخصات آن

برخی از آزمایش‌ها به دلیل تغییرات زیاد جهت باد در طول آزمایش از اطمینان کافی برخوردار نبود و از محاسبات حذف گردید و تنها ۵۰ آزمایش برای تحقیق مورد نظر استفاده گردید. جهت تخمین قطر قطرات و تعیین تعداد جوامع ذرات تولیدی شاخص درشتی قطرات برای آبیاش مورد آزمایش عبارتست از:

$$CI = k \frac{P^{1.3}}{D} = \frac{1}{64} \times \frac{40^{1.3}}{(5/8)} = 3.02$$

به دلیل اینکه $CI < 7$ می‌باشد ذرات آب تولیدی از آبیاش مورد نظر ترکیبی از سه جامعه ریز، متوسط و درشت می‌باشد (جهت تعیین تعداد جامعه ذرات قطرات تولیدی از آبیاش از شاخص درشتی قطرات، CI استفاده شد). لذا برای آبیاش مورد نظر n برابر ۳ بوده و در نتیجه بایستی ۳ ضریب وزنی τ_1 ، τ_2 و τ_3 به ترتیب برای جوامع قطرات ریز، متوسط و درشت $(\sum_{k=1}^n \tau_k = 1)$ در نظر گرفته شود و لذا خواهیم داشت:

$$g(r) = \sum_{k=1}^3 \tau_k \beta \left(\frac{r}{p}, a_k, b_k \right) = \quad (8)$$

$$\tau_1 \frac{\Gamma(a_1+b_1)}{\Gamma(a_1)\Gamma(b_1)} x^{a_1-1} (1-x)^{b_1-1} + \tau_2 \frac{\Gamma(a_2+b_2)}{\Gamma(a_2)\Gamma(b_2)} x^{a_2-1} (1-x)^{b_2-1} + \tau_3 \frac{\Gamma(a_3+b_3)}{\Gamma(a_3)\Gamma(b_3)} x^{a_3-1} (1-x)^{b_3-1}$$

در هر آزمایش مقادیر نسبت حجم آب جمع آوری شده در هر قوطی به حجم کل آب پاشیده شده

زمین مورد نظر در خلاف جهت وزش باد برابر شعاع پخش آبیاش و در جهت وزش باد بیشتر از شعاع پخش آبیاش (با در نظر گرفتن نیروی باد) باشد تا تمام منطقه‌ای که در آن آب پخش می‌گردد تحت پوشش قوطی-های جمع آوری کننده آب قرار گیرد. پس از راه‌اندازی پمپ، آبیاش مورد نظر شروع به پخش آب کرده و بعد از پخش آب به مدت یک ساعت شیر مربوطه بسته شده و حجم آب جمع‌آوری شده در هر قوطی اندازه‌گیری و یادداشت می‌گردد. جهت اندازه‌گیری میزان تلفات تبخیر و بادبردگی در حین انجام آزمایش‌های پخش آب مقدار دبی آبیاش نیز اندازه‌گیری می‌گردد. همچنین از تلفات تبخیر از قوطی در زمان اندازه‌گیری آب آنها به دلیل ناچیز بودن صرفنظر گردید.

در هر آزمایش علاوه بر مقادیر حجم آب جمع آوری شده در قوطی‌ها مقادیر سرعت باد و رطوبت نسبی محیط آزمایش به ترتیب با استفاده از یک دستگاه بادسنج و یک دستگاه رطوبت‌سنج هر ۱۰ دقیقه یکبار اندازه‌گیری می‌گردد. در کل ۵۰ آزمایش پخش آب در سرعت‌های باد مختلف انجام و ثبت گردید که ۲۰ آزمایش در سرعت‌های باد کم (۳-۰ متر بر ثانیه)، ۲۰ آزمایش در سرعت‌های باد متوسط (۶-۳ متر بر ثانیه) و ۱۰ آزمایش در سرعت‌های باد زیاد (بالتر از ۶ متر بر ثانیه) انجام شد. به دلیل کم بودن تعداد داده‌های با سرعت زیاد تنها ۱۰ آزمایش در این محدوده سرعت باد انجام و ثبت گردید. انجام آزمایش‌های ذکر شده در تابستان ۱۳۸۸ صورت گرفت.

نتایج

با دهای غالب منطقه در دشت کرفس (منطقه مورد مطالعه) از شمال غربی می‌وزد. متوسط سرعت باد در آزمایش‌های انجام شده، در محدوده سرعت باد کم ۱/۹۶ متر بر ثانیه، در محدوده سرعت باد متوسط ۴/۳۶ متر بر ثانیه و در محدوده سرعت باد زیاد ۶/۴۵ متر بر ثانیه برآورد گردید. جهت شبیه سازی الگوی پخش آب در زیر آبیاش مورد نظر سه امتداد جهت باد (الف)، عمود بر جهت باد (ب) و خلاف جهت باد (ج) در نظر گرفته شد (شکل ۲). ابتدا مقادیر بهینه P ، a_i ، b_i و τ_i ($i=1,2,3$) برای شرایط کنترل شده (بدون باد) استخراج و سپس برای شرایط بادهای مختلف تخمین و نحوه تغییرات ضرایب مذکور با تغییرات سرعت باد تعیین شد. برای امتدادها و سرعت های باد مختلف نتایج متفاوتی برای الگوی پخش آب بدست آمد. مقادیر متوسط بهینه شده حداکثر شعاع پخش آب در یک آزمایش و در امتدادهای مختلف، P برای محدوده سرعت-های باد کم، متوسط و زیاد در جدول شماره ۱ آورده شده است.

متوسط مقادیر بهینه شده τ_1 ، τ_2 و τ_3 برای امتدادهای مختلف الف، ب و ج و سرعت های باد مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین متوسط مقادیر بهینه شده a_1 ، a_2 و a_3 در جدول ۳ و متوسط مقادیر بهینه شده b_1 ، b_2 و b_3 در جدول ۴ آورده شده است. با افزایش سرعت باد:

۱- در امتداد الف مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 افزایش، مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 ثابت، مقادیر τ_1 ، τ_2 افزایش و مقادیر τ_3 کاهش می‌یابد.

۲- در امتداد ب مقادیر a_1 ، a_2 ، a_3 ، b_1 ، b_2 و b_3 افزایش، مقادیر τ_1 ، τ_2 کاهش و مقادیر τ_3 افزایش می‌یابد.

۳- در امتداد ب مقادیر a_1 ، a_2 ، a_3 ، b_1 ، b_2 و b_3 افزایش، مقادیر τ_1 ، τ_2 کاهش و مقادیر τ_3 افزایش می‌یابد.

(F_{xy}) با اندازه‌گیری به دست می‌آید. از طرف دیگر می‌توان مقادیر \hat{F}_{xy} را برای تک تک قوطی‌ها در هر آزمایش با مدل تابع بتا به ازای یک a و b معین محاسبه نمود. جهت تعیین دقت مدل توزیع بتا در تخمین منحنی الگوی پخش آب در زیر آبیاش و در جهات مختلف می‌توان از دو محک آماری زیر استفاده نمود.

۱- خطای نسبی^۱: در هر آزمایش مقدار خطای نسبی از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد (۸):

$$RE = \frac{\sqrt{\sum (F_{xy} - \hat{F}_{xy})^2}}{nF} \times 100 \quad (9)$$

که در آن RE خطای نسبی اعداد تخمین زده شده نسبت به اندازه‌گیری شده (%).
n تعداد قوطی‌هایی که آب دریافت کرده‌اند و \bar{F} متوسط حجم نسبی آب دریافت شده توسط قوطی‌های جمع‌آوری کننده آب می‌باشد.

۲- ریشه مربع میانگین خطا^۲ که می‌تواند از رابطه زیر تخمین زده شود

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (F_{xy} - \hat{F}_{xy})^2}{n-1}} \quad (10)$$

برای تعیین مقادیر بهینه P ، a_i ، b_i و τ_i ($i=1,2,3$) در هر آزمایش و هر امتداد از روش حداقل سازی خطای بین مقادیر \hat{F}_{xy} و F_{xy} استفاده گردید. جهت انجام محاسبات مربوطه از کد نوشته شده در فایل کتابخانه-ای نرم افزار *Matlab 6.1* استفاده شد و مشخص شد که در کلیه آزمایش‌ها مقادیر a_i و b_i بین ۱ تا ۵ می‌باشند. مقادیر بهینه مقادیری هستند که به ازای آنها خطای نسبی آزمایش مینیمم باشد. بعد از معین شدن مقادیر P ، a_i ، b_i و τ_i معادله کلی مدل در نهایت به صورت زیر به دست می‌آید.

(۱۱)

$$\hat{F}_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\pi \rho^2}{\pi(R+\rho)^2 - \pi(R-\rho)^2} \int_{R-\rho}^{R+\rho} \sum_{k=1}^n \tau_k \beta\left(\frac{r}{P}, a_k, b_k\right) dr$$

۱. Relative Error

۲. Root Mean Square Error

جدول ۱- مقادیر متوسط بهینه شده P برای محدوده سرعت بادهای مختلف (متر)

امتداد			
محدوده سرعت باد	الف	ب	ج
بدون باد (کنترل شده)	۲۲/۸	۲۲/۸	۲۲/۸
کم	۲۴/۷	۲۲/۲	۲۱/۶
متوسط	۲۶/۷	۲۱/۳	۱۹/۱
زیاد	۲۹/۹	۱۹/۹	۱۶

جدول ۲ مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 برای امتدادها و سرعت های باد مختلف

محدوده سرعت باد	امتداد الف			امتداد ب			امتداد ج		
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_1	τ_2	τ_3	τ_1	τ_2	τ_3
بدون باد (کنترل شده)	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۵۲
کم	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۱	۰/۳۶	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۵۵
متوسط	۰/۲	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۶۳
زیاد	۰/۲۲	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۳	۰/۶۳	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۷

جدول ۳ متوسط مقادیر ضرایب a_1 ، a_2 و a_3 تابع بتا برای محدوده سرعت های باد مختلف

محدوده سرعت باد	امتداد الف			امتداد ب			امتداد ج		
	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3
بدون باد (کنترل شده)	۳/۷	۳/۴	۳/۶	۳/۷	۳/۴	۳/۶	۳/۷	۳/۴	۳/۶
کم	۴/۱	۳/۸	۳/۹	۴	۳/۷	۳/۸	۳/۸	۳/۶	۳/۷
متوسط	۴/۳	۴	۴/۳	۴/۲	۳/۸	۴/۱	۴	۳/۸	۳/۹
زیاد	۴/۴	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴	۴/۴	۴/۱	۳/۹	۳/۹

جدول ۴ مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 برای امتدادها و سرعت های باد مختلف

محدوده سرعت باد	امتداد الف			امتداد ب			امتداد ج		
	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3
بدون باد (کنترل شده)	۴/۱	۳/۸	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۳/۹
کم	۴	۳/۷	۳/۹	۴/۲	۴/۱	۴/۱	۴/۳	۴/۲	۴/۲
متوسط	۴	۳/۸	۳/۸	۴/۴	۴/۳	۴/۳	۴/۵	۴/۵	۴/۴
زیاد	۴/۱	۳/۷	۳/۹	۴/۶	۴/۵	۴/۶	۴/۹	۴/۷	۴/۶

بنابراین با افزایش سرعت باد توزیع و پخش جامعه ذرات درشت در جهت باد کاهش و در جهت های عمود بر باد و خلاف جهت باد افزایش می یابد.

نحوه تغییرات مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 در سه امتداد الف، ب و ج به ترتیب در اشکال ۸، ۹ و ۱۰ و نحوه تغییرات مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 در سه امتداد الف، ب و ج به ترتیب در اشکال ۱۱، ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. با توجه به این اشکال و قوانین حاکم بر تابع توزیع بتا می توان نتیجه گیری نمود که با افزایش سرعت باد:

۱- در امتداد الف با توجه به افزایش مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 و ثابت بودن مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 نقطه اوج منحنی پخش آب از آبپاش (مرکز جرم) فاصله گرفته و مقدار عمق آب پخش شده در نقطه اوج با سرعت کمی کاهش می یابد. هر چند با افزایش سرعت باد حجم بیشتری از قطرات به این امتداد انتقال یافته، اما از آنجا که سطح پخش به شدت افزایش می یابد در کل عمق آب پخش شده در این امتداد کاهش نسبی می یابد.

۲- در دو امتداد ب و ج با توجه به افزایش a_1 ، a_2 ، a_3 ، b_1 ، b_2 و b_3 نقطه اوج منحنی به آبپاش (مرکز جرم) نزدیکتر شده و نقطه اوج منحنی کاهش می یابد. شدت افزایش مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 در امتداد ب بیشتر از ج و شدت افزایش مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 در امتداد ب کمتر از ج می باشد که باعث می شود شدت نزدیک شدن نقطه اوج به آبپاش (با افزایش سرعت باد) در امتداد ب کمتر از ج و شدت کاهش نقطه اوج در امتداد ب کمتر از ج گردد.

همچنین همبستگی بین پارامترهای a_1 ، a_2 ، a_3 ، τ_1 ، τ_2 و τ_3 با سرعت باد در تمام جهات بالا بوده و بیانگر این موضوع است که این پارامترها در هر سه جهت با افزایش سرعت باد دچار تغییرات (افزایشی یا کاهش) می گردد. همبستگی بین پارامترهای b_1 ، b_2 و b_3 در امتدادهای ب و ج بالا بوده اما در جهت الف بسیار پایین می باشد. بنابراین با افزایش سرعت باد مقادیر

در تابع احتمالاتی بتا تاثیر مقادیر a و b روی منحنی فراوانی توزیع از قوانین شناخته شده پیروی می کنند که در اینجا ۲ نمونه مهم از این قوانین ذکر می گردد. ۱- به ازای b ثابت با افزایش a نقطه اوج منحنی از مبدا مختصات (آبپاش یا مرکز جرم) دور می شود و مقدار بیشینه منحنی با سرعت بسیار کم کاهش می یابد.

۲- هر گاه a و b هر دو افزایش یابند نقطه اوج منحنی از مبدا مختصات (آبپاش یا مرکز جرم) دور شده و بیشینه منحنی بسته به افزایش a و b کاهش پیدا می کند

برای استخراج روابط آماری که ارتباط بین ضرائب a و b با سرعت باد را نشان دهد از روش تحلیل رگرسیون استفاده گردید.

شکل ۴ نحوه تغییرات حداکثر شعاع پخش آب با تغییرات سرعت باد را برای سه امتداد الف (جهت باد)، ب (عمود بر جهت باد) و ج (خلاف جهت باد) نشان می دهد. چنانچه انتظار می رود با افزایش سرعت باد حداکثر شعاع پخش در امتداد الف به شدت افزایش، در امتداد ب کاهش و در امتداد ج به شدت کاهش می یابد. علت این امر اثر نیروی باد می باشد. نحوه تغییرات مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 در سه امتداد الف، ب و ج به ترتیب در اشکال ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. با افزایش سرعت باد:

۱- ضریب وزنی جامعه ذرات ریز (τ_1) در امتداد الف افزایش اما در امتدادهای ب و ج کاهش می یابد. بنابراین با افزایش سرعت باد توزیع و پخش جامعه ذرات ریز در جهت باد افزایش و در جهت های عمود بر باد و خلاف جهت باد کاهش می یابد.

۲- ضریب وزنی جامعه ذرات متوسط (τ_2) در امتداد الف افزایش اما در امتدادهای ب و ج کاهش می یابد. بنابراین با افزایش سرعت باد توزیع و پخش جامعه ذرات متوسط نیز در جهت باد افزایش و در جهت های عمود بر باد و خلاف جهت باد کاهش می یابد.

۳- ضریب وزنی جامعه ذرات درشت (τ_3) در امتداد الف کاهش اما در امتدادهای ب و ج افزایش می یابد.

τ_2 کاهش می یابند. لذا با افزایش سرعت باد نقطه اوج منحنی از آپاش دورتر می گردد. مقدار ماکزیمم منحنی در محدوده ای کمتر از حالت ب یعنی در فاصله ۳ الی ۱۲ متر از آپاش تغییر می نماید (اشکال ۲۰ تا ۲۲). خطای نسبی برای اشکال ۱۷، ۱۸ و ۱۹ نیز به ترتیب ۳/۲۴، ۴/۳۱ و ۸/۲۳ درصد محاسبه گردید.

نه نیمرخ پخش آب ارائه شده در اشکال ۱۴ تا ۲۲ به ترتیب برای باد های با سرعت ۱/۲۵ (سرعت باد کم)، ۳/۶۵ (سرعت باد متوسط) و ۶/۵ (سرعت باد زیاد) متر بر ثانیه به دست آمده است. داده های حاصل از اندازه گیری های نظیر این نه نیمرخ پخش در استخراج ضرائب تابع توزیع بتا بکار نرفته و تنها برای تعیین اعتبار مدل از آن استفاده شده است.

بحث

تابع توزیع بتا به دلیل انعطاف پذیری زیاد یک مدل توانمند برای شبیه سازی انواع نیمرخ های بارش حاصل از آپاش ها می باشد.

نتایج حاصل از آزمایشات میدانی در این تحقیق بیانگر آن است که تابع توزیع بتای حاصل شده در حد مطلوبی الگوی توزیع آب را در شرایط متفاوت باد و در امتدادهای انتخابی پیش بینی می کند. با توجه به خطاهای به دست آمده، حداکثر خطای نسبی در مجموع ۵۰ آزمایش (غیر از آزمایش انجام شده در شرایط کنترل شده) برابر ۸/۴۸

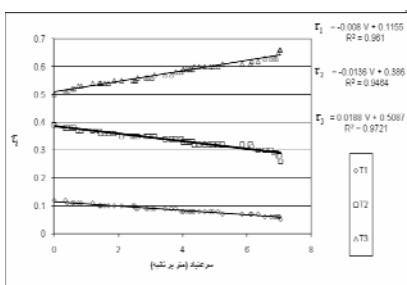
b_1 ، b_2 و b_3 در دو جهت ب و ج دچار تغییرات شده اما در امتداد الف مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 ثابت می باشند. در جهت الف مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 ثابت بوده و به ترتیب ۴/۰۵، ۳/۷۵ و ۳/۸۷۵ به دست آمد.

با توجه به ۳ امتداد انتخابی الف، ب و ج موارد زیر قابل استنتاج است.

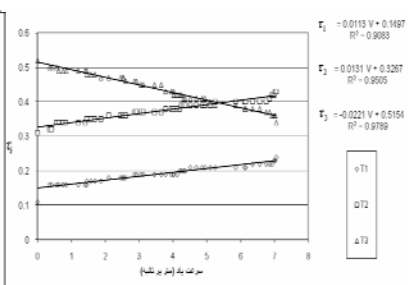
الف- در امتداد الف، با افزایش سرعت باد مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 تقریباً ثابت مانده، مقادیر a_1 ، a_2 ، a_3 ، τ_1 و τ_2 افزایش و مقدار τ_3 کاهش می یابد. بنابراین با افزایش سرعت باد نقطه اوج منحنی از آپاش دور می گردد و دامنه ماکزیمم منحنی نیمرخ بارش در محدوده ۵ تا ۲۰/۵ متر از آپاش تغییر می نماید (اشکال ۱۴ تا ۱۶). خطای نسبی برای اشکال ۱۴، ۱۵ و ۱۶ به ترتیب ۱/۹۴، ۲/۲۱ و ۳/۲۷ درصد محاسبه گردید.

ب- در امتداد ب با افزایش سرعت باد مقادیر a_1 ، a_2 ، a_3 ، b_1 ، b_2 ، b_3 و τ_3 افزایش و مقادیر τ_1 و τ_2 کاهش می یابند. لذا با افزایش سرعت باد نقطه اوج منحنی از آپاش دورتر می گردد. مقدار ماکزیمم منحنی در محدوده ای کمتر از حالت الف یعنی در فاصله ۴ الی ۱۴ متر از آپاش تغییر می نماید (اشکال ۱۷ تا ۱۹). در این حالت منحنی تقارن کمتری نسبت به شکل ۸ دارد. خطای نسبی برای اشکال ۱۷، ۱۸ و ۱۹ به ترتیب ۲/۳، ۳/۹۱ و ۵/۰۱ درصد محاسبه گردید.

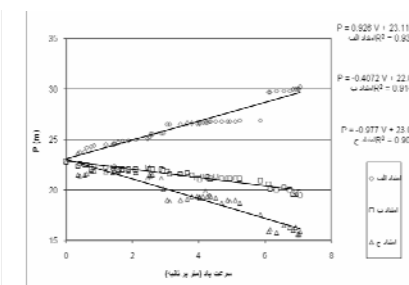
ج- در امتداد ج با افزایش سرعت باد مقادیر a_1 ، a_2 ، a_3 ، b_1 ، b_2 ، b_3 و τ_3 افزایش و مقادیر τ_1 و



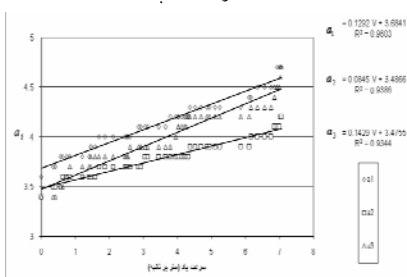
شکل ۴ نحوه تغییرات مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 در امتداد ب



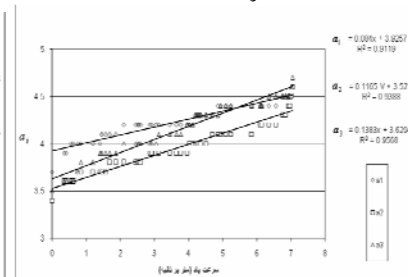
شکل ۵ نحوه تغییرات مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 در امتداد الف



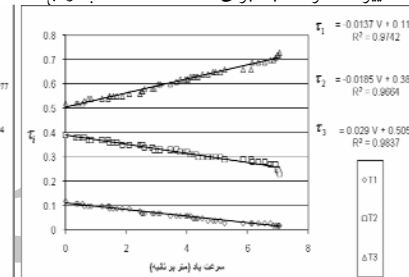
شکل ۶ تغییرات حداکثر شعاع پخش آب با تغییرات سرعت باد برای سه امتداد الف، ب و ج



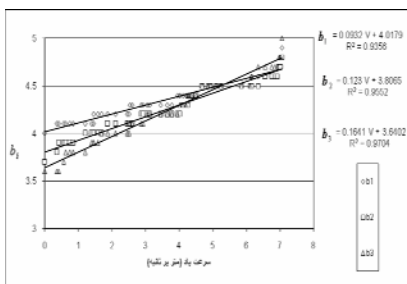
شکل ۷ نحوه تغییرات مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 در امتداد ج



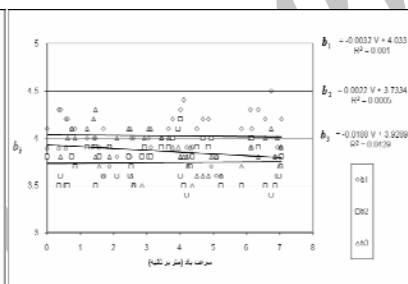
شکل ۸ نحوه تغییرات مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 در امتداد الف



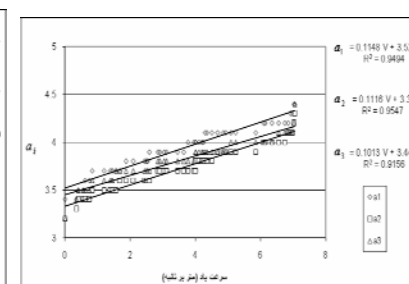
شکل ۹ نحوه تغییرات مقادیر a_1 ، a_2 و a_3 در امتداد ب



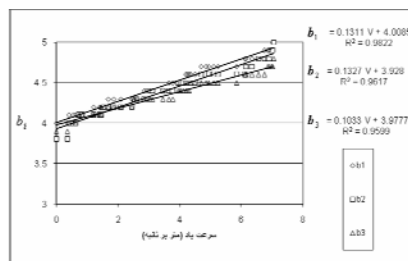
شکل ۱۰ نحوه تغییرات مقادیر τ_1 ، τ_2 و τ_3 در امتداد ج



شکل ۱۱ نحوه تغییرات مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 در امتداد الف



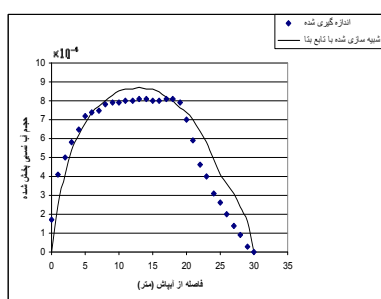
شکل ۱۲ نحوه تغییرات مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 در امتداد ب



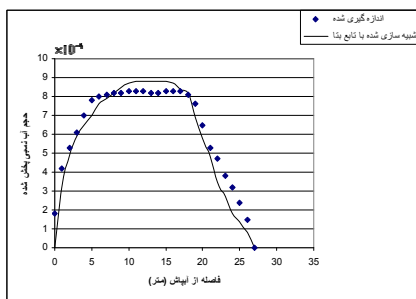
شکل ۱۳ نحوه تغییرات مقادیر b_1 ، b_2 و b_3 در امتداد ج

قابل تطبیق است. آبیاش مورد آزمایش دورانی ضربه ای با زاویه چرخش ۳۶۰ درجه می باشد. برای این نوع آبیاش در جهات مختلف نیمرخ های پخش مختلف حاصل می گردد که سه نمونه از آنها امتدادهای جهت باد (الف)، عمود بر جهت باد (ب) و

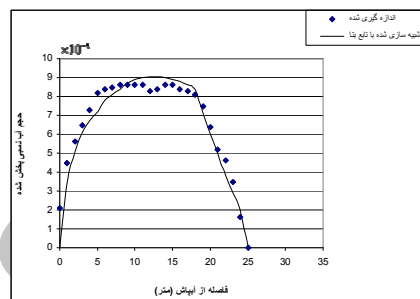
درصد و حداقل آن ۱/۳۸ درصد است. الگوی توزیع آب حاصل از آبیاش مورد آزمایش به شدت تحت تاثیر باد است. در شرایط بدون باد پیش بینی الگوی توزیع با الگوی توزیع بتا به خوبی قابل انجام است. باد به شدت الگوی توزیع را به هم می زند با افزایش زیاد سرعت باد الگوی در هم حاصل شده و به سختی با مدل های توزیع



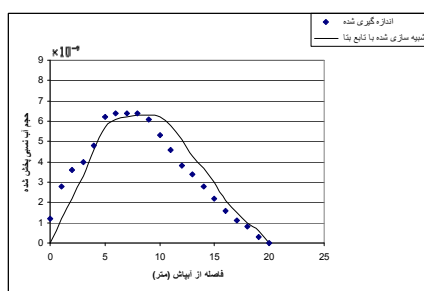
شکل ۱۶ نیمرخ پخش آب در امتداد الف و برای سرعت باد ۶/۵ متر بر ثانیه



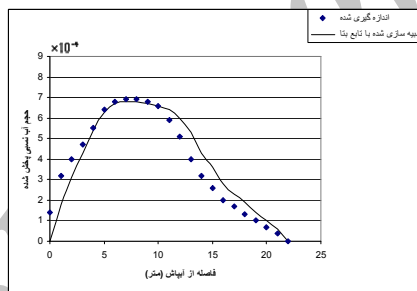
شکل ۱۵ نیمرخ پخش آب در امتداد الف و برای سرعت باد ۳/۶۵ متر بر ثانیه



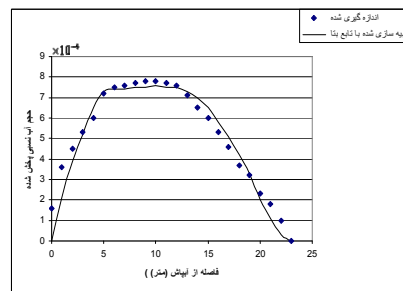
شکل ۱۴ نیمرخ پخش آب در امتداد الف و برای سرعت باد ۱/۲۵ متر بر ثانیه



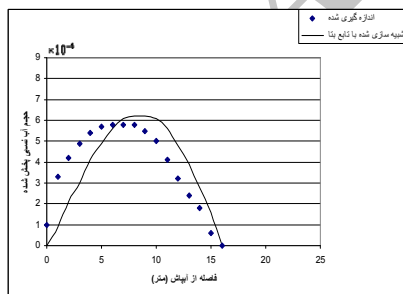
شکل ۱۹ نیمرخ پخش آب در امتداد ب و برای سرعت باد ۶/۵ متر بر ثانیه



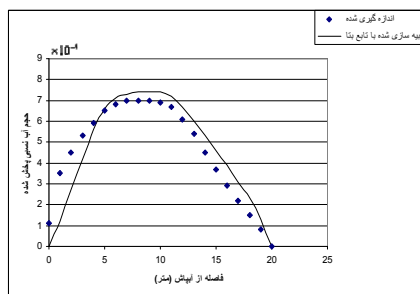
شکل ۱۸ نیمرخ پخش آب در امتداد ب و برای سرعت باد ۳/۶۵ متر بر ثانیه



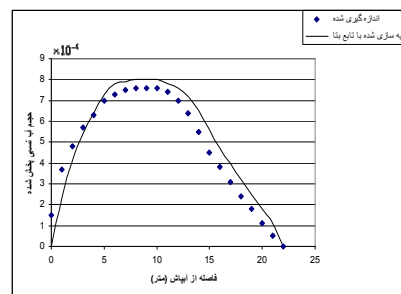
شکل ۱۷ نیمرخ پخش آب در امتداد ب و برای سرعت باد ۱/۲۵ متر بر ثانیه



شکل ۱۹ نیمرخ پخش آب در امتداد ج و برای سرعت باد ۶/۵ متر بر ثانیه



شکل ۱۸ نیمرخ پخش آب در امتداد ج و برای سرعت باد ۳/۶۵ متر بر ثانیه



شکل ۱۷ نیمرخ پخش آب در امتداد ج و برای سرعت باد ۱/۲۵ متر بر ثانیه

نتیجه گیری کلی

در فرآیند تحلیلی موارد قابل تاملی به شرح زیر استنتاج گردید:

۱- تغییرات مقادیر پارامترهای تابع توزیع بتا (a_i و b_i) در کلیه آزمایش ها به نحوی بودند که $0.82 < \frac{a_i}{b_i} < 1.26$ می باشد. یعنی نسبت $\frac{a_i}{b_i}$ در همه آزمایش ها تقریباً برابر ۱ می باشد.

۲- در غالب آزمایش هایی که سرعت باد بالا بود در جهات ب و ج، نیمرخ به دست آمده از آزمایش های صحرایی و مدل دارای نقطه اوج تیز و در جهت الف دارای نقطه اوج پهن می باشد.

در تمام اراضی کشاورزی که به صورت آبیاری بارانی آب دریافت می نمایند، باد به عنوان یک عامل محدود کننده آرایش آبپاش ها عمل نموده و این پارامتر را تحت تاثیر قرار می دهد. با توجه به بادهای موجود در منطقه مورد مطالعه، برای سرعت های باد مختلف فواصل آبپاش ها از همدیگر به صورت زیر پیشنهاد می گردد

۱- در سرعت های باد کم (۳-۰ m/s) و در خلاف جهت باد، با توجه به اینکه عدم یکنواختی پخش آب در اثر نیروی باد باعث گردیده است که یکنواختی پخش کاهش یابد توصیه می گردد در منطقه مورد مطالعه فواصل آبپاش های روی لترال ها از ۲۰ متر به حدود ۱۸ متر کاهش یابد تا همپوشانی لازم بین آبپاش های مجاور صورت گیرد.

۲- در سرعت های باد بالا که مدل سازی با خطای بالایی همراه است و یکنواختی پخش نیز به شده کاهش می یابد در حد امکان سیستم خاموش گردد و این زمان به عنوان زمان استراحت سیستم در نظر گرفته شود.

خلاف جهت باد (ج) می باشد. در امتداد الف علت دور شدن بخش ماکزیمم پاشش از مرکز آبپاش، انتقال حجم آب دریافتی نقاط نزدیک به نقاط دورتر در اثر نیروی باد است. از طرف دیگر پاشش جت خروجی در جهت های مختلف دیگر نیز به سمت جهت وزش باد تمایل پیدا می کنند در نتیجه نه تنها ماکزیمم آب دریافتی به انتهای زمین تمایل پیدا می کند بلکه محدوده ثابت منحنی توزیع در بخش ماکزیمم پهن تر می گردد. در امتداد ب که عمود بر جهت وزش باد است، ماکزیمم تقریباً در وسط شعاع پاشش روی می دهد. تلاقی جت های خروجی در جهات مختلف پاشش در این حالت کمتر بوده و در نتیجه محدوده ثابت بخش ماکزیمم نسبت به حالت الف کاهش پیدا می کند و حجم آب دریافتی در بخش ماکزیمم کمتر از حالت الف است که علت آن اثر زیادتر نیروی باد نسبت به حالت الف می باشد که جرم آب پخش شده در بخش ماکزیمم را به شدت کاهش می دهد و در ناحیه محدودتری متمرکز می شود که می تواند علت کوچک تر شدن بخش ماکزیمم را توجیه نماید. در امتداد ج اثر نیروی باد بیشتر از دو امتداد دیگر الف و ب می باشد. در این جهت محدوده پخش فشرده تر شده و اوج منحنی پخش آب نیز تیزتر می گردد. در این راستا حجم آب پخش شده با افزایش سرعت باد به شدت کاهش می یابد که علت آن انتقال ذرات جامعه ریز و تا حدودی متوسط در جهت وزش باد می باشد. برای تعیین اعتبار مدل از خطای نسبی استفاده شد. بر اساس یافته های مول و لیگیت (۸ و ۹) چنانچه مقدار خطای نسبی کمتر از ۱۰٪ باشد مدل قابل قبول می باشد. با توجه به اینکه مقادیر خطای نسبی در تمامی آزمایشات و در تمامی جهات کمتر از ۸/۴۸٪ می باشد می تواند دلیلی بر صحت مدل باشد.

منابع مورد استفاده

۱. جعفرزاده، ع. ا، کسرایی، ر. و نیشابوری، م. ر. ۱۳۷۴. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعه تفصیلی ۱۸ هکتار از اراضی و خاک های ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز. انتشارات اداره کل امور پژوهشی دانشگاه تبریز.

۲. ناصری، ا. ۱۳۷۴. بررسی مدل های ریاضی و تجربی تلفات تبخیر(و بادبردگی) از یک آبپاش. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۳. رئوف، م.، فاخری فرد، ا.، صدرالدینی، ع. ا.، فرسادی زاده، د. و حسین زاده دلیر، ع. ۱۳۸۷. کاربرد تابع توزیع بتا در تخمین مدل الگوی پخش آب زیر آبپاش مه پاش دستگاه دوار مرکزی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۳۹، شماره ۱، ص ۱۱۵-۱۰۵.
4. Anonymous. 1990. Uniformity of distribution and test methods. Agricultural irrigation equipment- Rotating sprinklers.
5. Carlson, W. L., and Thorne, B. 1999. Applied statistical methods. Second Edition. Oxford University Press Inc., New York. P: 542
6. Han, S. 1994. Drop size distribution measurement problems using a laser unit. Trans. AM. Geo. Phys. Un. 24: 452-460.
7. Herman, D., Duk, H. R., Serafim, A. M., and Dawson, L. J. 1992. Distribution functions to represent center pivot water distribution. Trans. ASAE: 1465-1472.
8. Karmeli, D. 1978. Estimating sprinkler distribution patterns using linear regression. Trans. ASAE. 21(4): 682-685.
9. Keller, J., and Blisner, R. D. 1990. Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand Rainhold Inc. New York. P: 86-122
10. Molle, B., and Legate, Y. 2000a. Model of water application under pivot sprinkler I: theoretical grounds. J. Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. 126(12): 343-347.
11. Molle, B., and Legate, Y. 2000b. Model of water application under pivot sprinkler II: calibration and results. J. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. 126(12): 348-354.
12. Richards, S. P., and Weatherhead, E. K. 1993. Prediction of rain gun application patterns in windy conditions. J. Agric. Engrg. Res. 54: 281-291.
13. Soloman, K., and Elliott, R. 1980. Variability of sprinkler coefficient of uniformity tests results. Trans. ASAE. 22(5): 53-55.