

کاربرد تابع توزیع بتا برای تخمین الگوی توزیع آب در آبیاش های اسپری پاش سیستم دوار مرکزی

مجید رئوف^۱، احمد فاخری فرد^۲، سید علی اشرف صدرالدینی*^۳، داود فرسادی زاده^۴ و علی حسین زاده دلیر^۵
^۱، ^۲، ^۳، ^۴، ^۵ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 (تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۱۰ - تاریخ تصویب: ۸۷/۸/۱)

چکیده

الگوی آب پخش شده از آبیاش های سیستم آبیاری بارانی به شدت تحت تاثیر سرعت و جهت باد قرار می گیرد. برای نیل به یکنواختی پخش مطلوب لازم است که الگوی توزیع حاصل از یک آبیاش منفرد در شرایط متفاوت باد قابل پیش بینی باشد. با ترکیب الگوی توزیع آبیاش های منفرد می توان آرایش مناسب سیستم آبیاش ها را برای حصول یکنواختی مطلوب شناسایی نمود. در این تحقیق با فرض اینکه پخش آب در اطراف آبیاش مه پاش از تابع توزیع احتمالاتی بتا پیروی می کند نحوه تاثیرات سرعت و جهت های مختلف باد روی الگوی توزیع بررسی شد. آبیاش مه پاش مدل PROS-04 با شعاع پاشش ۹ متر و زاویه پخش ۱۸۰ درجه که معمولا در سیستمهای آبیاری دوار مرکزی مورد استفاده می باشد در فاصله سه متری از سطح زمین تقریبا معادل ارتفاع متوسط بهره برداری، نصب گردید. فشار کارکرد مناسب برای آبیاش بر اساس متوسط فشار سیستم آبیاری دوار مرکزی ۲۶ psi انتخاب شد. در کل ۱۷ آزمایش در محدوده سرعت های باد ۰ تا ۶ متر بر ثانیه ثبت و برای مدل کردن مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا تابع توزیع بتا با الگوی توزیع حاصله در شرایط بدون باد تطبیق داده شد و ضرایب معادله استخراج گردید سپس نحوه تغییر الگوی توزیع ناحیه آبیاری شده در شدت های متفاوت باد مورد بررسی قرار گرفت و روابط احتمالاتی مناسب هر حالت تعیین گردید. در سرعت باد ۰-۳ متر بر ثانیه الگوی توزیع نسبتا یکنواختی حاصل می شود و در این حالت مقادیر حاصله از مدل احتمالاتی با مقادیر اندازه گیری شده، تطابق خوبی را نشان داد و حداکثر خطای نسبی حاصله برابر ۴٪ بود. با افزایش سرعت باد به حدود ۳-۶ متر بر ثانیه یکنواختی الگوی توزیع کاهش و خطای نسبی افزایش یافت که حداکثر مقدار آن کمتر از ۷٪ بود. در سرعت باد بیشتر از ۶ متر بر ثانیه به دلیل افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی و نیز تاثیر باد روی الگوی توزیع آب بیشترین خطای نسبی بین ارقام حاصل از مدل احتمالاتی و ارقام مشاهداتی حاصل گردید که حداکثر مقدار آن کمتر از ۱۰٪ بود.

واژه های کلیدی: آبیاش مه پاش، الگوی توزیع، تابع احتمالاتی بتا، دوار مرکزی، شعاع پخش

مقدمه

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

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

تقریباً شبیه داده های اندازه گیری شده صحرایی بودند. مول و لیگیت با استفاده از نرم افزار آماری SAS/STAT و روش حداقل سازی غیر خطی خطا تجزیه و تحلیل خود را بر مبنای تکرار انجام داده و مدل مورد نظر خود را در هر سری آزمایش با به دست آوردن P_d ، P_p ، P_u ، P_0 ، b ، a 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 از آبیاش های ضربه ای بدلیل نیاز به فشار کارکرد بالا و مصرف انرژی بیشتر کمتر استفاده می شود و آبیاش های اسپری پاش مورد توجه بیشتری می باشد. لذا در این تحقیق امکان پیش بینی الگوی توزیع آب حاصل از آبیاش های اسپری پاش با استفاده از تابع توزیع احتمالاتی بتا مورد بررسی قرار داده شد. برای تعیین ضرائب این تابع روش حداقل سازی خطای نسبی بین ارقام مشاهداتی و ارقام حاصل از مدل توزیع بتا، مشابه روش مول و لیگیت (II ۲۰۰۰) بکار گرفته شد.

توزیع احتمالاتی بتا

در آبیاش ضربه ای با زاویه پخش 360° درجه و شرایط بدون باد فرض می شود که توزیع مقادیر آب در تمام جهات پخش یکسان است. زیرا در این حالت در پروفیل پخش آب بهم خوردگی ناشی از نیروی باد وجود ندارد (۸). بنابر این حجم نسبی آب اسپری شده یکنواخت بر روی حلقه ای به شعاع r و عرض dr عبارتست از:

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

که در آن $g(r)$ نسبت حجم آب ریخته شده در حلقه ای به شعاع r و عرض dr ، به کل آب پاشیده شده روی زمین در هر آزمایش است (شکل ۱).

حاصل از هر آبیاش تاثیر گذار هستند اولین عامل چگونگی ساخت و کارکرد مکانیکی آبیاش است که بستگی به طراحی و دقت ساخت کارخانه دارد. عامل دوم تاثیر باد می باشد. باد مهمترین عامل محیطی تاثیر گذار در الگوی توزیع آب است. برای طراحی صحیح و پیش بینی الگوی توزیع منفرد هر آبیاش 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 متفاوت 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.

کارملی (۱۹۷۸) برای سیستم های جابجائی خطی، هرمان و همکاران (۱۹۹۲) برای سیستم دوار مرکزی و سولومان و الیوت (۱۹۸۰) از توابع توزیع احتمالاتی برای پیش بینی الگوی توزیع آب آبیاش 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 آبیاش توسعه داد. وی الگوهای های توزیع آب را در چهار جهت باد (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه نسبت به شمال) تحت یک آبیاش 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 آبیاش برآزش داده شد که نتایج حاصل، رضایت بخش بود.

مهمترین بررسی در مورد تابع توزیع بتا به عنوان مدل الگوی توزیع آب در یک آبیاش ضربه ای، متعلق به مول و لیگیت (I ۲۰۰۰) می باشد. آنها رابطه ای با ترکیب سه تابع توزیع بتا برای یک آبیاش 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 آبیاش شبیه سازی گردید. عمق های به دست آمده از مدل،

قطرات آب تولید شده توسط مه پاش مورد نظر شاخص درشتی قطرات از رابطه متداول زیر محاسبه گردید (۶):

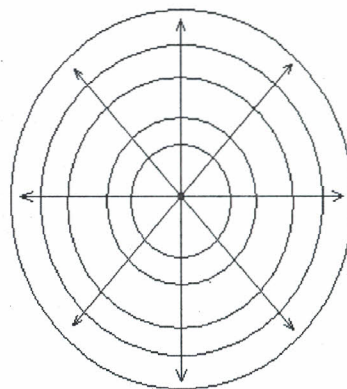
$$CI = k \frac{p^{1.3}}{D} = \frac{1}{64} \times \frac{26^{1.3}}{\left(\frac{4}{64}\right)} = 17.27 \quad (۴)$$

در این رابطه D قطر روزنه آبپاش (in.)، P فشار کارکرد آبپاش (psi) و k ضریب تبدیل واحد می باشند. به دلیل اینکه $CI > 17$ می باشد ذرات تولیدی از جامعه ریز می باشد (۶). در نتیجه عملاً ذرات با قطر متوسط و درشت قابل چشم پوشی است. لذا برای مه پاش مورد نظر n برابر ۱ در نظر گرفته شد و در نتیجه τ برابر یک به دست می آید و داریم:

$$g(r) = \beta\left(\frac{r}{p}, a, b\right) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} \quad (۵)$$

برای آبپاش هایی که دور کامل (۳۶۰ درجه) می زند 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 (۷).

در مورد آبپاش های با دور کامل باید این نکته را در نظر گرفت که نحوه قرار گیری آبپاش و جهت باد که در حین آزمایش نسبتاً ثابت فرض می شود بدلیل وجود تقارن مرکزی در شکل نهائی ناحیه آب پخش شده تأثیری ندارند. زیرا در هر صورت یک ناحیه دایره ای در شرایط بدون باد، تبدیل به یک ناحیه بیضی شکل در شرایط وجود باد خواهد شد. در این آبپاش ها حلقه های دایره ای متناسب با سرعت باد تبدیل به حلقه های بیضی شکل می گردد. بر اساس فرضیات مول و لیگیت (I, II, ۲۰۰۰) مرکز بیضی منطبق بر مرکز جرم آب پخش شده روی ناحیه بیضی شکل است. این مرکز در صورت وجود باد قاعدتاً منطبق بر آبپاش 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 معادله ۵ می تواند بعنوان مدل الگوی توزیع آب بکار برده شود (۷).



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

$g(r)$ می تواند با استفاده از ترکیبی از n تابع توزیع بتا حاصل شود. در عمل مقدار n برابر ۱، ۲، یا ۳ در نظر گرفته می شود. منظور از تابع بتا، تابع بتای کامل بوده و بصورت

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

فاصله نقطه مورد نظر از آبپاش، p حداکثر شعاع پخش آب توسط آبپاش در یک آزمایش و a و b پارامتر های تابع توزیع بتا هستند (۱، ۷).

می توان نوشت:

$$g(r) = \sum_{k=1}^n \tau_k \beta\left(\frac{r}{p}, a_k, b_k\right) \quad (۲)$$

که در آن:

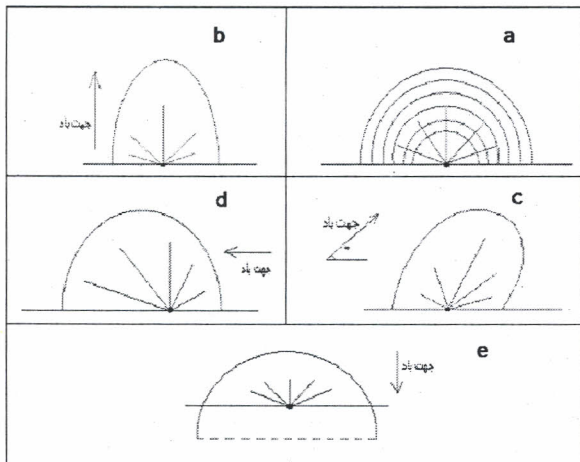
$$\beta(x, a, b) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} L_{[0,1]}(x) \quad (۳)$$

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

در این رابطه $L_{[0,1]}$ ، نشان می دهد که اگر $r \leq p$ باشد $L = 1$ و اگر $r > p$ باشد $L = 0$ خواهد بود.

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 آبپاش از هر سه نوع باشد $n=3$ 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 n برابر ۲ یا ۱ خواهد بود و مدل با ترکیبی از ۲ یا ۱ تابع توزیع بتا حاصل می شود. برای تعیین درشتی

۲- اگر جهت باد با جهت جت آب خروجی در راستای محور مرکزی آبپاش هم جهت باشند، ناحیه نیم دایره قدری کشیده تر شده و تبدیل به نیم بیضی می گردد (شکل ۴-b).



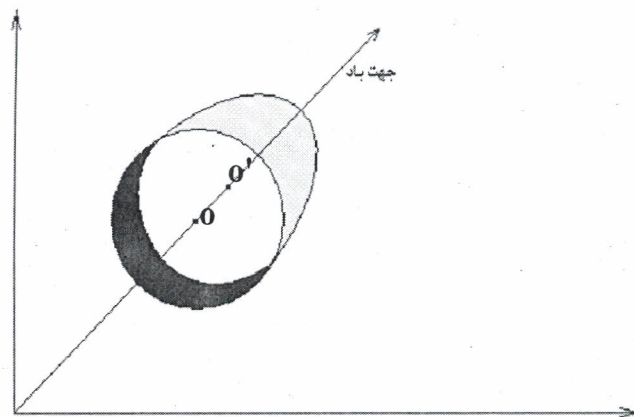
شکل ۴- انواع حالت های قرار گیری آبپاش با توجه جهت باد (محل تلاقی خطوط شعاعی: موضع استقرار آبپاش)

۳- اگر جهت باد با جهت جت آب خروجی در راستای محور مرکزی آبپاش زاویه ۴۵ درجه بسازد آب پخش شده یک نیم بیضی خوابیده را ایجاد خواهد کرد (شکل ۴-c).

۴- اگر جهت باد عمود بر جهت جت آب خروجی در راستای محور مرکزی آبپاش باشد بیشترین جرم آب پخش شده نسبت به آبپاش در جهت باد متمایل گردیده و تقریباً الگویی شبیه شکل ۴-d را ایجاد خواهد نمود.

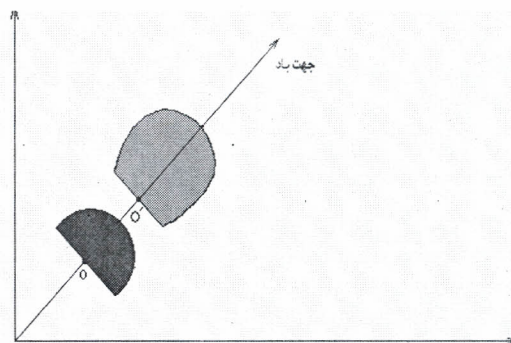
۵- اگر جهت باد در خلاف جهت جت آب خروجی در راستای محور مرکزی آبپاش باشد آب پخش شده تقریباً الگویی شکل ۴-e را دارا خواهد بود.

البته با تغییر زاویه جهت باد نسبت به جهت جت آب خروجی، شکل ناحیه ای که در آن آب پخش شده متفاوت خواهد بود. چون تعداد حالات به ازای تغییر زاویه زیاد است لذا از پنج حالت ذکر شده چهار مورد بررسی گردید. چهار مورد، حالت های ۱، ۲، ۳ و ۴ می باشند. مورد پنجم به دلیل پیچیده بودن بایستی بیشتر مورد بررسی قرار گیرد زیرا بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات میدانی در حالتی که جهت باد خلاف جهت جت آب خروجی بود به ازای سرعت های مختلف باد مدل سازی مقدر نگردید. تجارب حاصله بویژه در شرایط سرعت باد بیشتر از ۶ متر بر ثانیه نشان داد



شکل ۲- ناحیه پخش آب در شرایط کنترل شده (بدون باد) به مرکز O و شرایط کنترل نشده (وجود باد) به مرکز O' برای آبپاش با چرخش کامل

در مورد آبپاش هایی که زاویه پخش آنها کمتر از ۳۶۰ درجه است (دور کامل نمی زنند) قضیه متفاوت است. در شکل ۳ تغییر شکل الگوی توزیع برای زاویه پخش ۱۸۰ درجه مربوط به آبپاش مه پاش در شرایط وجود باد بطور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۳- نمایش شماتیک ناحیه پخش آب در شرایط کنترل شده (بدون باد) با استقرار آبپاش در O، و شرایط کنترل نشده (وجود باد) با استقرار آبپاش در O'

مه پاش مورد آزمایش دارای زاویه باز شدگی ۱۸۰ درجه (نیم دایره) می باشد. با توجه به شرایط باد و نحوه قرار گیری مه پاش چندین حالت می توان در نظر گرفت: ۱- در شرایط بدون باد ناحیه پخش آب نیم دایره است و در تمام زوایای پخش، جرم پخش شده تقریباً یکسان است (شکل ۴-a).

مقادیر \hat{F}_{xy} را برای تک تک قوطی ها در هر آزمایش با مدل تابع بتا به ازای یک a و b معین محاسبه نمود. بعد از تعیین F_{xy} و \hat{F}_{xy} در هر آزمایش مقدار خطای نسبی از رابطه زیر محاسبه می شود (۷):

$$ER = \frac{\sqrt{\sum (F_{xy} - \hat{F}_{xy})^2}}{n\bar{F}} \quad (9)$$

ER: خطای نسبی آزمایش، F_{xy} حجم آب جمع آوری شده نسبی در قوطی به مختصات (x,y) ، \hat{F}_{xy} حجم آب نسبی تخمین زده شده از مدل، n تعداد قوطی هایی که آب دریافت کرده اند و \bar{F} متوسط حجم نسبی آب دریافت شده توسط قوطی های جمع آوری کننده آب می باشد.

برای تعیین مقادیر \hat{F}_{xy} از روش حداقل سازی خطای نسبی استفاده گردید. برای این کار با تغییر مقادیر a و b در هر آزمایش مقادیر \hat{F}_{xy} برای تک تک قوطی ها به گونه ای یافته شدند که خطای نسبی ارائه شده در معادله ۹ مینیمم گردد. به علت حجم زیاد محاسبات از برنامه موجود در فایل کتابخانه ای نرم افزار *Matlab 6.1* استفاده شد و مشخص شد که در کلیه آزمایش ها مقادیر a و b بین ۱ تا ۵ می باشند. مقادیر بهینه a و b مقادیری هستند که به ازای آنها خطای نسبی آزمایش مینیمم باشد. بعد از معین شدن مقادیر a و b معادله کلی مدل در نهایت به صورت زیر به دست می آید.

(۱۰)

$$\hat{F}_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\pi \rho^2}{\pi(R+\rho)^2 - \pi(R-\rho)^2} \int_{R-\rho}^{R+\rho} \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \left(\frac{r}{p}\right)^{a-1} \left(1-\frac{r}{p}\right)^{b-1} dr$$

مواد و روش ها

این پژوهش در اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کیلومتر ۱۲ جاده تبریز-باسمنج با عرض و طول جغرافیایی به ترتیب ۳۸ درجه و ۱ دقیقه و ۴۶ درجه و ۳ دقیقه و ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا انجام شد (۱ و ۲). در محل آزمایش یک سیستم دوار مرکزی به طول ۱۸۰ متر حدود ۱۰/۲ هکتار از اراضی را آبیاری می کند. محوطه مورد نظر که آزمایشها در آنجا انجام گردیدند به عرض ۲۰ و طول ۴۰ تا ۵۰ متر و پوشیده از چمن به ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی متر بود که در مجاورت

که به دلیل به هم خوردگی شدید الگوی توزیع و افزایش تلفات بادی به بیش از ۵۰٪ تطبیق مدل توزیع بتا به جواب قابل قبول منجر نمی شود.

درحالتی که سرعت باد صفر است (شرایط کنترل شده) نیم حلقه های منظم حول آبیاش ایجاد می گردد (۳). در موارد ۲، ۳ و ۴ برای برآزش مدل فرض گردید که باد تنها باعث انبساط یا انقباض حلقه ها می گردد و احتیاجی به جابجایی مرکز مختصات نیست و مرکز مختصات برای نشان دادن توزیع مکانی آب پخش شده منطبق بر محل استقرار آبیاش در نظر گرفته می شود.

در آبیاش هایی که دایره کامل را آبیاری می کنند نسبت حجم آب دریافتی توسط هر یک از قوطی های جمع آوری کننده آب به حجم کل آب پاشیده شده در هر آزمایش از رابطه زیر تخمین زده می شود (۸):

$$\hat{F}_{xy} = \frac{\pi \rho^2}{\pi(R+\rho)^2 - \pi(R-\rho)^2} \int_{R+\rho}^{R-\rho} g(r) dr \quad (6)$$

که در آن:

\hat{F}_{xy} : حجم آب جمع آوری شده در قوطی به مختصات (x,y) نسبت به مبدا مختصات که محل آبیاش در نظر گرفته می شود.

ρ : شعاع قوطی های جمع آوری کننده آب

R_{xy} : فاصله نقطه (x,y) از آبیاش یا از مرکز جرم که

عبارت است از:

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

و $g(r)$ رابطه ارائه شده در معادله ۵ می باشد.

در آبیاش های با زاویه پخش ۱۸۰ درجه نیز رابطه ۶ صادق بوده و حجم آب دریافتی توسط هر یک از قوطی ها نسبت به حجم کل آب پخش شده می تواند توسط این رابطه محاسبه شود. در مورد این آبیاش ها داریم (۸):

$$g(r) = \int_0^\pi f(r, \theta) d\theta \quad (8)$$

برای به دست آوردن \hat{F}_{xy} برای زاویه ۱۸۰ درجه لازم است مقدار $g(r)$ حاصل از رابطه ۸ در معادله ۶ قرار داده شود. در هر آزمایش مقادیر نسبت حجم آب جمع آوری شده در هر قوطی به حجم کل آب پاشیده شده (F_{xy}) با اندازه گیری به دست می آید. از طرف دیگر می توان

آزمایش چنان قرار داده شد که حداکثر بعد خیس شدگی آن در امتداد طول زمین باشد. همچنین طی آزمایش ها قوطی ها چنان چیده می شدند که تمام سطح تحت آبیاری را پوشش دهند.

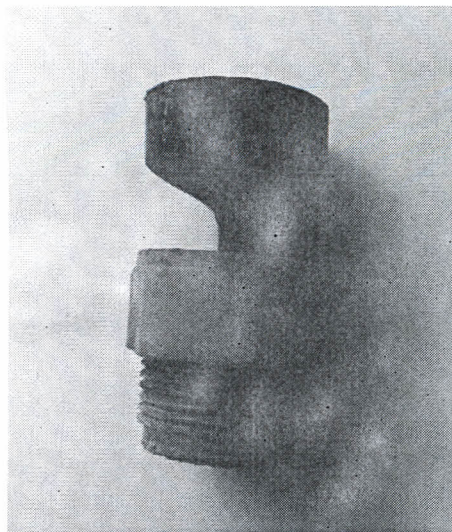
پس از راه اندازی پمپ، آبیاش مه پاش شروع به پخش آب کرده و مدت زمان آزمایش برای پخش آب یک ساعت در نظر گرفته شد. پس از اتمام مدت آزمایش پمپ خاموش و مقادیر آب جمع آوری شده در هر قوطی اندازه گیری و یادداشت گردید. مقدار تبخیر توسط یک قوطی شاهد طی آزمایشات اندازه گیری می گردید ولی بدلیل ناچیز بودن از مقادیر حاصله صرف نظر گردید. همچنین در ابتدای آزمایش ها مدت زمانی در حد چند ثانیه طول می کشید تا فشار به حد مورد نظر برسد لذا با توجه به مدت زمان انجام آزمایش (یک ساعت) خطای حاصله از این تاخیر بسیار ناچیز بود.

برخی از آزمایشات به دلیل سرعت بسیار بالای باد و افزایش تلفات تبخیر و باد بردگی به مقدار بسیار زیاد یا به دلیل تغییرات زیاد جهت باد در طول آزمایش از اطمینان کافی برخوردار نبود و از محاسبات حذف شد.

نتایج و بحث

در باد های غالب منطقه که از شمال شرقی به جنوب غربی می وزد، با توجه به حالت های مختلف قرارگیری آبیاش مه پاش نسبت به جهت باد نتایج متفاوتی برای الگوی توزیع به دست آمد. شکل ۶ نمایی از محل قرار گیری آبیاش، جهت باد و امتدادهای مختلفی که تابع بتا در آنها پیاده می شود را نشان می دهد. نحوه تغییرات مقادیر ضرایب a و b روی هر یک از امتدادهای الف، ب و ج که در شکل مشخص شده اند، با توجه به تغییرات سرعت باد مورد ارزیابی قرار داده شد. نتایج ارزیابی نشان داد که مقادیر a و b بسته به مقادیر سرعت باد تغییر می یابند نحوه تغییرات a و b با توجه به سرعت باد در جدول ۱ نشان داده شده است.

قطعه زمین تحت پوشش سیستم دوار مرکزی انتخاب گردید. جهت انجام آزمایشات یک دستگاه آبیاش مه پاش مدل PROS-04 با شعاع موثر ۹ متر نظیر آبیاش های نصب شده روی سیستم های دوار مرکزی، روی رایزری به ارتفاع ۳ متر از سطح زمین تقریباً برابر متوسط فاصله آبیاش های سیستم دوار مرکزی، نصب گردید. شکل ۵ نمایی از آبیاش مه پاش مورد استفاده در تحقیق مورد نظر را نشان می دهد. طی چهار آزمایش حداکثر شعاع پخش آبیاش در شرایط وجود باد با سرعت های متفاوت در حدود ۱۰ الی ۱۱ متر به دست آمد (شکل ۱). فشار کارکرد آبیاش های سیستم دوار مرکزی در محدوده ۲۰-۳۰ psi اندازه گیری گردید و فشار متوسط آن ۲۶ psi محاسبه گردید. لذا آزمایشات بر مبنای فشار متوسط ۲۶ psi انجام پذیرفت.



شکل ۵- نمایی از آبیاش مه پاش مدل PROS-04

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 ۱۴ متر و عرض ۸ متر انتخاب گردید. قطعه زمین انتخاب شده را به صورت شبکه های ۲ در ۲ متر شبکه بندی نموده و قوطی های جمع آوری کننده آب به قطر ۲۰ سانتیمتر روی گره ها قرار داده شدند. آبیاش در طی

جدول ۱- مقادیر ضرایب a و b در سه امتداد به ازای سرعت های مختلف باد

سرعت باد		۲/۵		۲/۶۷		۴/۳۲۵		۵/۵		۶	
امتداد انتخابی برای تطبیق											
تابع بتا											
		b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
امتداد الف (صفر درجه)											
		۳/۴	۳/۷	۳/۴	۳/۸	۳/۴	۳/۷	۳/۵	۳/۶	۳/۳	۳/۵
امتداد ب (۴۵ درجه)											
		۴/۵	۴/۶	۴/۳	۴/۳	۳/۹	۳/۹	۳/۵	۳/۴	۳/۶	۳/۵
امتداد ج (۹۰ درجه)											
		۳/۵	۳/۶	۳/۱	۳/۴	۳/۱	۳/۵	۳/۴	۳/۲	۳/۲	۳/۲

دارند و نشان می دهند که پارامترهای تابع توزیع بتا کاملا وابسته به سرعت باد هستند.

بنابراین در بادهای غالب منطقه با معلوم بودن سرعت باد و زاویه جهت باد با امتداد مورد نظر با استفاده از روابط بالا می توان a و b مربوط به تابع بتا را به دست آورد. با داشتن پارامترهای تابع بتا رابطه ۸ تکمیل شده و می توان حجم های نسبی در هر نقطه را با استفاده از رابطه ۶ به دست آورد. حاصل ضرب حجم نسبی در حجم کل آب پخش شده برابر حجم نظیر آب جمع شده در قوطی جمع آوری است که با توجه به سطح مقطع افقی قوطی براحتی به عمق آب معادل تبدیل می شود.

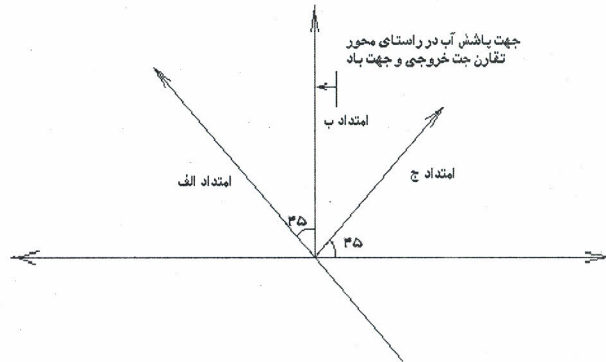
در تابع احتمالاتی بتا تاثیر مقادیر a و b روی منحنی فراوانی توزیع از قوانین شناخته شده پیروی می کنند که در اینجا ۲ نمونه مهم از این قوانین ذکر می گردد.

۱- به ازای b ثابت با افزایش a نقطه اوج منحنی از مبدا مختصات (آبپاش یا مرکز جرم) دور می شود و مقدار ماکزیمم منحنی با سرعت بسیار کم کاهش می یابد.

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

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

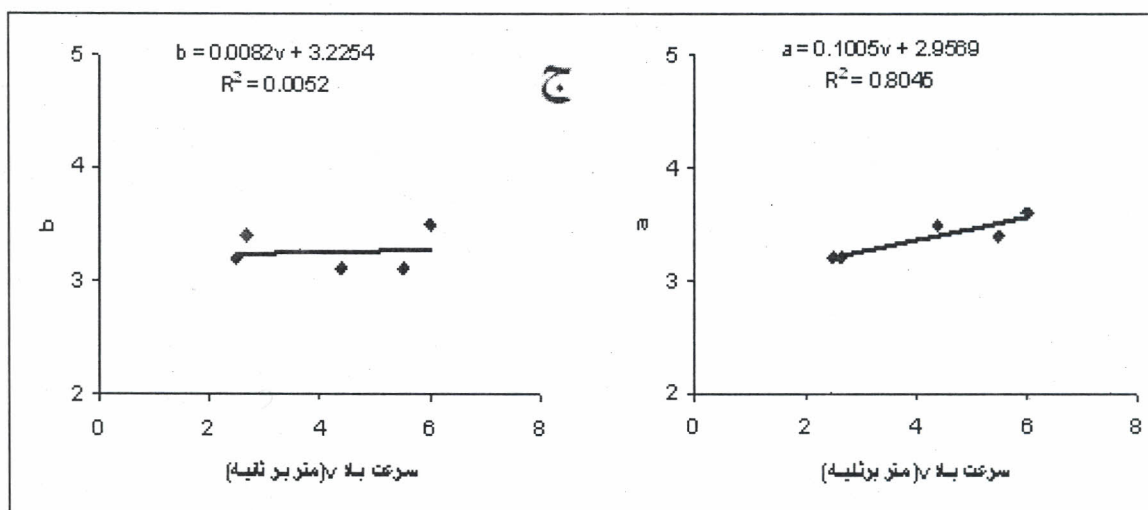
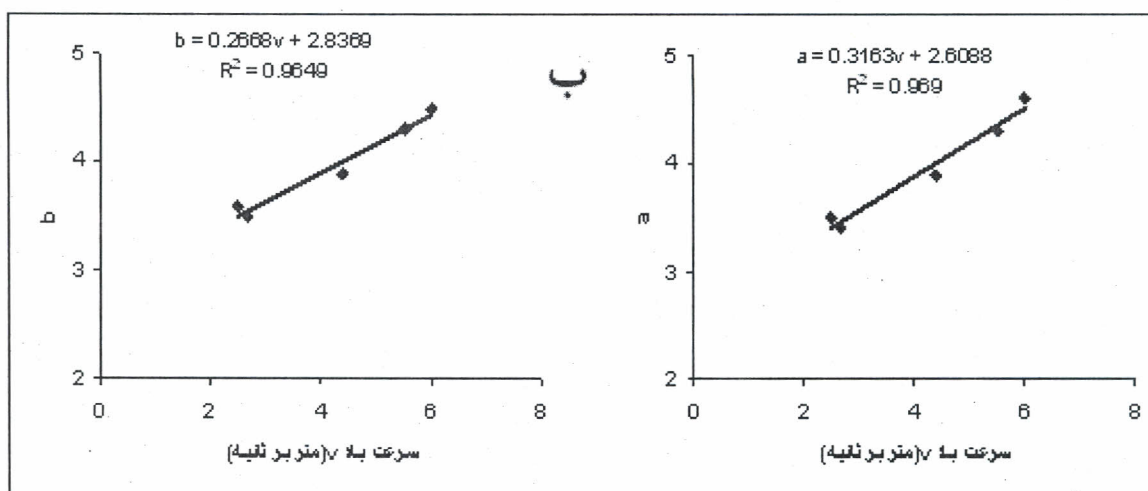
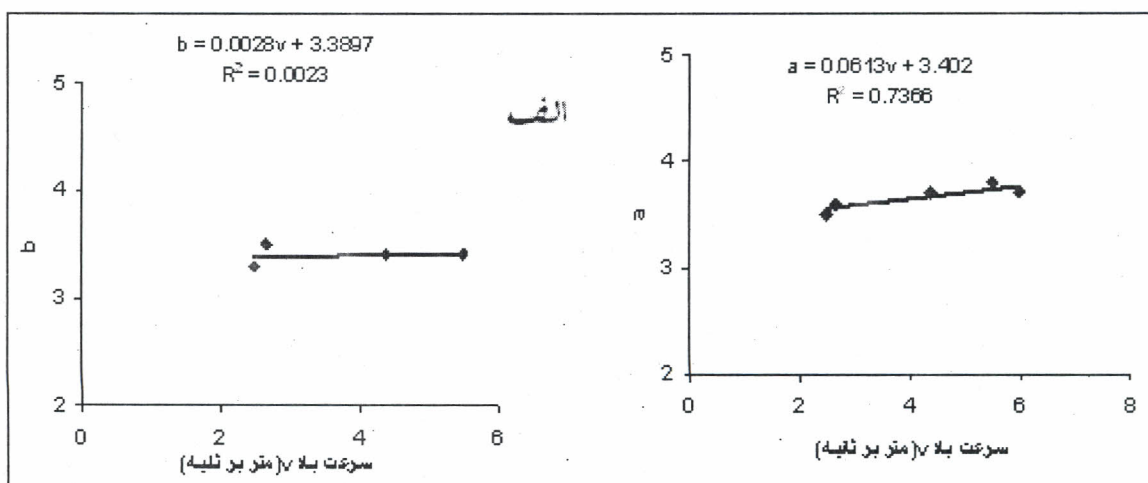
الف- در امتداد الف، با افزایش سرعت باد مقدار b تقریبا ثابت می ماند ولی مقدار a افزایش می یابد. بنابراین با افزایش سرعت باد، نقطه اوج منحنی از آبپاش دور می گردد و مقدار ماکزیمم منحنی نیمرخ بارش در محدوده ۲/۷ تا ۴/۵ متر از آبپاش ثابت می ماند (شکل ۸).



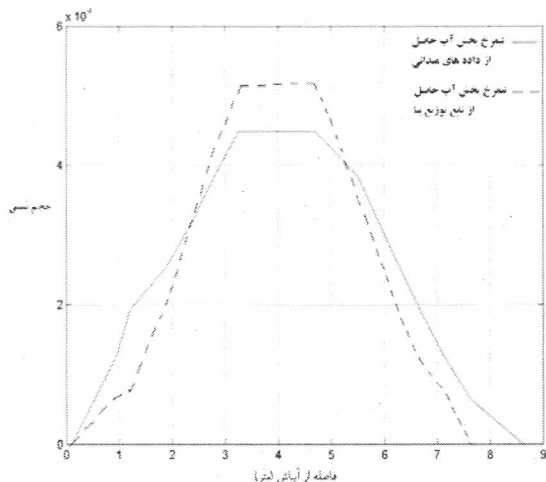
شکل ۶- نمایش شماتیک جهت باد، جهت جت آب خروجی و امتدادهای انتخابی برای تطبیق تابع توزیع بتا

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

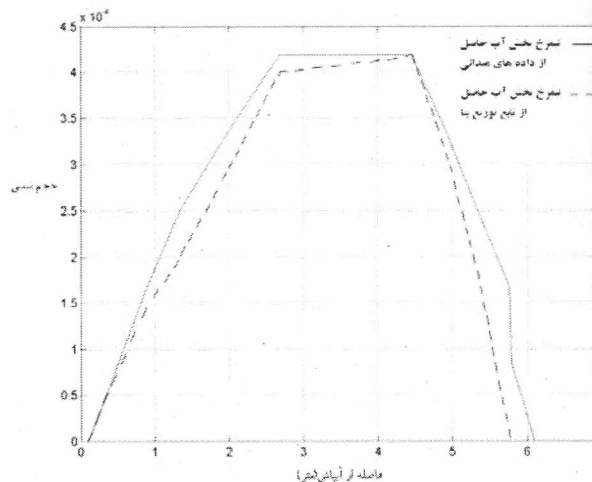
در اشکال ۷ الف تا ۷ ج به ترتیب رابطه بین سرعت های مختلف باد و مقادیر پارامترهای a و b برای بررسی سه امتداد انتخابی نشان داده شده است. بعلاوه رابطه رگرسیونی مربوط به هر مورد و ضرایب همبستگی نیز مشخص گردیده اند. در اشکال ۷ الف و ۷ ج ضرایب همبستگی حاصله مقادیر کوچکی را دارند بنابراین در این مسیرها مقادیر b تقریبا مستقل از سرعت باد می باشد. مقدار b در شکل ۷ الف تقریبا ثابت و در دامنه ۳/۳ تا ۳/۵ و در شکل ۷ ج مقدار آن بین ۳/۱ تا ۳/۵ می باشد. مقادیر کوچک ضریب سرعت در روابط رگرسیونی مذکور در اشکال ۷ الف و ۷ ج برای محاسبه مقدار b نیز تائیدی بر این موضوع است و نشان می دهد که تا سرعت های باد ۶ متر بر ثانیه تاثیر افزایش سرعت باد در افزایش مقدار b با توجه به مقادیر نسبتا بزرگ پارامترهای ثابت این معادلات ناچیز است. در سایر موارد ضرایب همبستگی مقادیر قابل قبولی را



شکل ۷- رابطه بین پارامترهای a و b با سرعت باد (الف)، برای امتداد با زاویه ۴۵ درجه شرقی نسبت به جهت باد (امتداد الف)، ب، برای امتداد با زاویه ۰ درجه نسبت به جهت باد (امتداد ب) و ج، برای امتداد با زاویه ۴۵ درجه غربی نسبت به جهت باد (امتداد ج)



شکل ۹ - نیمرخ پخش آب با توجه به شرایط ذکر شده در بند ب (برای سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه)



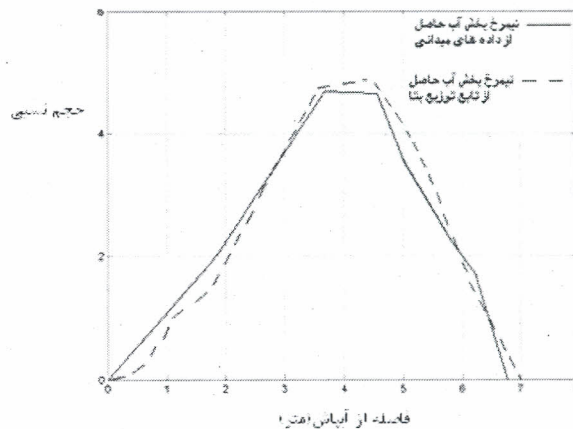
شکل ۸ - نیمرخ پخش آب با توجه به شرایط ذکر شده در بند الف (برای سرعت باد ۳/۲۵ متر بر ثانیه)

دو جهت ذکر شده تقریبا مشابه می باشند (شکل های ۸ و ۱۰). تغییرات جزئی در نتایج دو جهت الف و ج به این علت است که نیمرخ های استخراج شده در شکل های ۸ و ۱۰، برای دو سرعت باد مختلف می باشند. در این جهت نیز با افزایش سرعت باد، مقدار b ثابت مانده و مقدار a افزایش می یابد و در نتیجه نقطه اوج منحنی از آبپاش دور می گردد و مقدار ماکزیمم منحنی نیمرخ بارش با سرعت بسیار کم کاهش می یابد (شکل ۱۰). ماکزیمم منحنی در فاصله تقریبی ۴ متر از آبپاش قرار دارد در حالی که حداکثر شعاع پخش کمتر از ۷ متر است.

سه نیمرخ پخش آب ارائه شده در شکل های ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب برای باد های با سرعت ۴/۵، ۳/۲۵ و ۵ متر بر ثانیه به دست آمده است. داده های حاصل از اندازه گیری های نظیر این سه نیمرخ پخش در استخراج ضرائب تابع توزیع بتا بکار نرفته و تنها برای تعیین اعتبار مدل از آن استفاده شده است. مقادیر خطای نسبی برای این سه حالت به ترتیب ۳/۲۹، ۶/۲۳ و ۷/۲۹ درصد می باشند.

نتیجه گیری

تابع توزیع بتا به دلیل انعطاف پذیری زیاد یک مدل توانمند برای شبیه سازی انواع نیمرخ های بارش حاصل از آبپاش 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



شکل ۱۰- نیمرخ پخش آب با توجه به شرایط ذکر شده در بند ج (برای سرعت باد ۵ متر بر ثانیه)

ب- در امتداد b با افزایش سرعت باد a و b هر دو افزایش می یابند ولی شدت افزایش a بیشتر از شدت افزایش b است. لذا با افزایش سرعت باد نقطه اوج منحنی از آبپاش دورتر می گردد. مقدار ماکزیمم منحنی در محدوده ای کمتر از حالت الف یعنی از فاصله ۳/۲ الی ۴/۷ متر از آبپاش ثابت می ماند (شکل ۹). در این حالت منحنی تقارن بیشتری نسبت به شکل ۸ دارد.

ج- در امتداد ج شرایط مشابه امتداد الف می باشد، یعنی در هر دو حالت زاویه بین مسیر فرضی (که تابع بتا در آن پیاده می شود) با جهت باد، ۴۵ درجه می باشد بنابراین انتظار می رود نتایج مشابهی به دست آید. نتایج حاصله در

زیادتر باد نسبت به حالت الف می باشد که جرم آب پخش شده در بخش ماکزیمم را افزایش می دهد و در ناحیه محدودتری متمرکز می شود که می تواند علت کوچک تر شدن بخش ماکزیمم را توجیه نماید. در امتداد ج قاعدتا باید پروفیل مشابه با پروفیل امتداد الف داشته باشیم اما سرعت زیاد باد در موقع آزمایش اختلافاتی را به وجود آورده است. محدوده ماکزیمم از $1/8$ ($4/5-2/7=1/8$) متر به $1/1$ ($4/7-3/6=1/1$) متر کاهش یافته و این محدوده $0/9$ ($3/6-2/7=0/9$) متر در جهت باد انتقال یافته است که سرعت زیاد باد آن را توجیه می کند. افزایش حجم نسبی دریافتی در بخش اوج می تواند به تلاقی بیشتر پاشش جت خروجی در جهت های مختلف ارتباط پیدا کند اما کاهش محدوده ماکزیمم نسبت به راستای الف می تواند به سرعت باد نسبت داده شود.

برای تعیین اعتبار مدل از خطای نسبی استفاده شد. بر اساس یافته های مول و لیگیت (۸ و ۹) مقدار خطای نسبی باید کمتر از 10% باشد. با توجه به اینکه مقادیر خطای نسبی در تمامی آزمایشات و در تمامی جهات کمتر از 10% می باشد می تواند دلیلی بر صحت مدل باشد.

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

۱- تغییرات مقادیر پارامترهای تابع توزیع بتا (a و b) در کلیه آزمایش ها به نحوی بودند که $0.928 < \frac{a}{b} < 1.619$ می باشد. یعنی نسبت $\frac{a}{b}$ در همه آزمایش ها تقریباً برابر ۱ می باشد.

۲- در غالب آزمایش هایی که جهت جت آب خروجی در راستای محور تقارن جت خروجی، در امتداد جهت باد یا عمود بر جهت باد بود، نیمرخ به دست آمده از آزمایش های صحرائی و مدل دارای نقطه اوج تیز است (شکل ۱۰).

امتدادهای انتخابی پیش بینی می کند. با توجه به خطاهای به دست آمده، حداکثر خطای نسبی در مجموع ۱۶ آزمایش (غیر از آزمایش انجام شده در شرایط کنترل شده) برابر $9/28$ درصد و حداقل آن $1/83$ درصد است. الگوی توزیع آب حاصل از آبیاش های اسپری پاش 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 قابل تطبیق است.

آبیاش مورد آزمایش دارای باز شدگی 180° درجه و از نوع اسپری پاش است. برای این نوع آبیاش با توجه به نحوه قرارگیری آبیاش و جهت باد چندین نیمرخ پخش آب حاصل می شود که قبلاً به حالات مختلف آن اشاره شد. در امتداد الف که در زاویه 45° درجه غربی نسبت به محور تقارن پاشش و باد قرار دارد، علت دور شدن بخش ماکزیمم پاشش از مرکز آبیاش، انتقال اسپری 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 جهت وزش باد در امتداد محور تقارن آبیاش است تقارن مشهود بوده و ماکزیمم تقریباً در وسط شعاع پاشش روی می دهد در حالیکه قاعدتا بایستی ماکزیمم قدری نزدیک به آبیاش روی دهد علت این امر انتقال یکنواخت الگوی پاشش در جهت باد می باشد. 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 ولی حجم آب دریافتی در بخش ماکزیمم بیش از حالت الف است که علت آن سرعت

REFERENCES

1. Carlson, W. L., & Thorne, B. 1999. Applied statistical methods. Second Edition, Oxford University Press Inc., New York. P: 542.
2. Han, S. 1994. Drop size distribution measurement problems using a laser unit. Trans. AM. Geo. Phys. Un., 24: 452-460.

3. Herman, D., H. R. Duk, A. M. Serafim, & L. J. Dawson. 1992. Distribution functions to represent center pivot water distribution. *Trans. ASAE*: 1465-1472.
4. Jafarzadeh, A.A., R. Kasraiee, & M. R. Nishabori. 1995. Semi detailed study of 18 hectare lands and farms of Karkaj Research Station: final report. University of Tabriz Inc.
5. Karmeli, D. 1978. Estimating sprinkler distribution patterns using linear regression. *Trans. ASAE*, 21(4): 682-685.
6. Keller, J., & R. D. Blisner. 1990. Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold Inc. New York. P: 86-122.
7. Molle, B., & Y. Legate. 2000. Model of water application under pivot sprinkler I: theoretical grounds. *J. Irrig. and drain. Engrg. ASCE*, 126(12): 343-347.
8. Molle, B., & Y. Legate. 2000. Model of water application under pivot sprinkler II: calibration and results. *J. Irrig. and drain. Engrg., ASCE*, 126(12): 348-354.
9. Naseri, A. 1995. Study of mathematical and empirical models of evaporation and wind drift losses of a single sprinkler. Msc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
10. Richards, S. P., & Weatherhead, E. K. 1993. Prediction of rain gun application patterns in windy conditions. *J. Agric. Engrg. Res.*, 54: 281-291.
11. Soloman, K., & R. Elliott. 1980. Variability of sprinkler coefficient of uniformity tests results. *Trans. ASAE*, 22(5): 53-55.