

## تحلیل خصوصیات باد در شب و روز و تأثیر آن بر عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی

یلدا سراج رضائی<sup>۱</sup>، رضا دلیر حسن نیا<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۷

### چکیده

در این مطالعه به منظور تعیین اثرات سرعت‌های مختلف باد در ساعات شب و روز بر عملکرد پنج نوع آبیاری ضربه‌ای طی دوره رشد گیاهان، با استفاده از مدل‌های سری زمانی به پیش‌بینی مقادیر سرعت باد سه سال پیش رو در منطقه تبریز پرداخته شد و مدل  $ARIMA(2,0,0)(0,1,1)_{24}$  برای هر دو سری داده‌های سرعت باد روز و شب مناسب تشخیص داده شد. در گام بعدی با استفاده از الگوهای توزیع حاصل از آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام یافته برای آبیاری‌های JRRILINE IR30، VYR 35 و RAINBIRD-40B و با لحاظ تأثیر همپوشانی آن‌ها در آرایش‌ها و ابعاد مختلف شبکه قرارگیری آبیاری‌ها، یکنواختی پخش آب در سه کلاس سرعت باد (۲-۴، ۴-۶ و بیش از ۴ متر بر ثانیه) طی دوره رشد گیاه مورد بررسی قرار گرفت. بعلاوه شبیه‌سازی الگوهای توزیع آب دو نوع آبیاری MEGA RC 130H و VYR 70 نیز با اجرای برنامه Ador-Sprinkler برای سرعت‌های مختلف باد و انواع آرایش آبیاری‌ها به انجام رسید. بر اساس نتایج، بین سرعت‌های باد روز و شب در فصل بهار اختلاف نسبتاً قابل توجهی وجود داشت اما در فصل تابستان این اختلاف قابل ملاحظه نبود. در طول دوره رشد، آبیاری شبانه ضریب یکنواختی پخش آبیاری‌های مورد استفاده در آزمایش را به طور متوسط ۳/۴۶ درصد نسبت به آبیاری در روز افزایش داد. در مورد آبیاری‌های شبیه سازی شده نیز، مقدار این افزایش به طور متوسط ۲/۸۴ درصد بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده، به طور کلی می‌توان بیان نمود که آبیاری شبانه در ماه‌های فصل بهار به دلیل کاهش تلفات بادردهی و در ماه‌های فصل تابستان به دلیل کاهش تلفات تبخیر نسبت به آبیاری در اوقات روز قابل توصیه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری ضربه‌ای، الگوی توزیع، سرعت باد، سری‌های زمانی، ضریب یکنواختی

### مقدمه

آبیاری بارانی به عنوان یکی از روش‌های متداول در آبیاری محصولات کشاورزی و فضاهای سبز شناخته می‌شود. مزایای مختلف استفاده از آبیاری بارانی باعث استقبال روز افزون بهره برداران و گسترش این سیستم‌ها شده است. بر این اساس پرداختن به موضوع افزایش راندمان و بهبود عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی در زمینه‌های مختلف مورد توجه محققان قرار گرفته است. باد به عنوان یکی از تأثیر گذارترین عوامل اقلیمی، به دلیل برهم زدن الگوی توزیع آب آبیاری‌ها اثر منفی بر عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی می‌گذارد. به گونه‌ای که با افزایش سرعت باد از یک محدوده معین، راه اندازی سیستم‌های بارانی به دلیل کاهش یکنواختی و راندمان آبیاری توصیه نمی‌شود. بررسی اثرات باد بر الگوی توزیع آب (Seginer 1969)

Han and et al. (1993)، Richards and Weatherhead (1993)، and et al. (1999) a,b، Kincaid and et al. (1996)، (1994) Carrion and et al. (2000) a,b، Tarjuelo (2001) (2003)، Granier and et al. (2003)، یکنواختی پخش و راندمان آبیاری (Pair 1968)، Tarjuelo and et al. (1999)، Clark and et al. (2003) a,b، Dechmi and et al. (2004) a,b، کانونی و هادی زاده (۱۳۸۶)، Zapata and et al. (2007)، Moazed and et al. (2010)، Sanchez and et al. (2011)، تلفات بادردهی و تبخیر (Kohl and et al. 1987)، Trimmer (1987)، Yazar (1984)، Kincaid (1996)، Seginer and et al. (1991) a,b، Playan and Tarjuelo and et al. (2000)، and et al. (1996) (2004) et al. از دهه‌های آغازین معرفی این سیستم‌ها به انجام رسیده است. در خصوص بررسی تفاوت‌های استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در ساعات شب و روز نیز تحقیقات چندی گزارش شده است. به عنوان مثال تارخوتلو و همکاران طی بررسی یکنواختی پخش آب در سیستم‌های آبیاری کلاسیک ثابت، عوامل مؤثر بر توزیع آب و

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: delearhassannia@yahoo.com)

آبیاری بارانی.

## مواد و روش‌ها

### اطلاعات آماری مورد استفاده

به منظور بررسی عملکرد سیستم آبیاری بارانی با توجه به وضعیت آبی سرعت باد در منطقه تبریز و تعیین یکنواختی پخش آبیاری‌های مورد استفاده در آزمایش در طول فصل زراعی از داده‌های سرعت باد ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه تبریز با طول جغرافیایی ۱۷° ۴۶ شرقی، عرض جغرافیایی ۰۵° ۳۸ شمالی و ارتفاع از سطح دریای ۱۳۶۱ متر استفاده گردید. داده‌های سرعت و جهت باد مورد استفاده در این مطالعه بصورت سه ساعت به سه ساعت ثبت گردیده و مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ تا اواسط ۱۳۹۱ شمسی می‌باشد. پس از کنترل و انجام دسته‌بندی‌ها، داده‌های سرعت باد در دو بازه روزانه و شبانه برای دهه‌های اول تا سوم ماه‌های زراعی سال یعنی اسفند تا مهر استخراج گردید. نحوه بدست آوردن سرعت‌های باد روز و شب بدین ترتیب بود که میانگین داده‌های مربوط به ساعت‌های ۶ و ۳۰ دقیقه بامداد تا ۱۸ و ۳۰ دقیقه بعد از ظهر به عنوان نماینده سرعت باد روز و میانگین داده‌های مربوط به ساعت‌های ۱۸ و ۳۰ دقیقه بعد از ظهر تا ۶ و ۳۰ دقیقه بامداد به عنوان نماینده سرعت باد شب همان شبانه روز برگزیده شد. سپس برای بدست آوردن سرعت باد روز و شب هر دهه از داده‌های ۱۰ روز متوسط گیری به عمل آمد.

### مدل‌های سری زمانی

در این تحقیق مدل‌های آماری سری زمانی برای برآورد سرعت-های باد آینده در طول دوره رشد گیاه مورد استفاده قرار گرفت. ساده-ترین شکل مدل‌های سری‌های زمانی که مشابه مدل رگرسیون خطی می‌باشد، مدل خود همبسته یا به اختصار  $AR^1$  نامیده می‌شود. Thomas and Fiering (1962) در دهه ۶۰ و Yevjevich (1972) این مدل‌ها را برای اولین بار به کار گرفتند. اساس این مدل بر پایه زنجیره مارکوف بنا شده است. یک سری زمانی از زنجیره مارکوف تبعیت می‌کند، اگر هر داده ثبت شده در زمان  $t$  با داده زمان قبل و یا زمان بعد از خود مرتبط باشد. شکل کلی مدل  $AR$  با مرتبه  $p$  به صورت زیر می‌باشد:

$$Z_t = \sum_{i=1}^p \phi_i Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن  $\phi_i$  ضرایب مدل  $AR$  و  $\varepsilon_t$  نیز سری تصادفی نرمال و استاندارد می‌باشند.

علاوه بر مدل‌های خود همبسته ( $AR$ )، مدل‌های میانگین

تلفات تبخیر و بادبردگی نظیر فشار کارکرد، سرعت باد و نوع آبیاری را مورد مطالعه قرار دادند (Tarjuelo and et al. (1999 a, b)). به وضوح مشاهده شد که سرعت باد تأثیر منفی بر روی یکنواختی پخش دارد و پیشنهاد آن‌ها جهت کاهش میزان تلفات تبخیر و بادبردگی و به تبع آن افزایش یکنواختی پخش در شرایط کاربرد آبیاری‌هایی با اندازه نازل متوسط، انجام آبیاری در طول شب و استفاده از کمترین فشار کارکرد توصیه شده برای آبیاری‌ها به دلیل کاهش میزان تلفات بادبردگی می‌باشد. در تحقیقی دیگر پلایان و همکاران تأثیر بهره برداری از سیستم‌های آبیاری ثابت و متحرک در شب و تفاوت آن با راه اندازی در روز از نظر میزان تلفات بادبردگی و تبخیر را در منطقه ساراگوسای اسپانیا مورد بررسی قرار دادند (Playan and et al. (2005)). این محققان تلفات بادبردگی و تبخیر در سیستم ثابت را در روز و شب به ترتیب ۱۵/۴ و ۸/۵ درصد و در سیستم متحرک به ترتیب ۹/۸ و ۵ درصد گزارش نمودند که حاکی از کاهش تلفات در بهره برداری شبانه در هر دو سیستم مورد بررسی می‌باشد. همچنین یاکوبی و همکاران تأثیر آبیاری بارانی شبانه را بر عملکرد سیستم آبیاری و تولید محصول گوجه فرنگی نسبت به آبیاری در هنگام روز تحت شرایط منطقه تونس مورد بررسی قرار دادند (Yacoubi and et al. (2010)). در این مطالعه از دو آرایش قرارگیری آبیاری‌ها به صورت مستطیلی و مربعی به ترتیب با فواصل ۲۴×۱۸ متر و ۱۸×۱۸ متر استفاده شده و دوره زمانی ساعت ۷ صبح تا ۱۹ بعد از ظهر، زمان آبیاری روز و بقیه ساعات، زمان آبیاری شبانه در نظر گرفته شده است. آنان طی این تحقیق نشان دادند که آبیاری در طول شب بدلیل کاهش چشمگیر میزان تلفات تبخیر و بادبردگی، عملکرد سیستم آبیاری بارانی را بهبود می‌بخشد؛ به طوری که آبیاری در طول شب نسبت به روز به طور متوسط باعث کاهش تلفات بادبردگی و تبخیر از ۲۴ به ۷ درصد و همچنین افزایش ضریب یکنواختی از ۵۰ به ۶۴ درصد در آرایش مستطیلی ۲۴×۱۸ متر گردید. در تحقیقات اشاره شده فوق به موضوع پیش بینی سرعت‌های باد و استفاده از آن در تحلیل-های عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی پرداخته نشده است. از طرفی دشت تبریز در شرف تبدیل شدن به یکی از مراکز مهم تولیدات کشاورزی و استفاده از سیستم‌های مختلف آبیاری می‌باشد. چنانچه در ادامه تشریح خواهد شد این منطقه جزو مناطق بادخیز به شمار می‌رود و بررسی اثرات باد بر سیستم‌های آبیاری بارانی و تعیین راهکارهایی برای بهبود راندمان این سیستم‌ها می‌تواند در مصرف هر چه صحیح-تر آب مفید باشد. بر این اساس در انجام پژوهش حاضر اهداف زیر مد نظر بوده است: ۱- پیش بینی سرعت‌های باد منطقه تبریز در سال-های آتی و بررسی روند تغییرات آن ۲- تحلیل بادهای این منطقه در ساعات شب و روز ۳- ارزیابی عملکرد چند نوع آبیاری مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری بارانی در شرایط مختلف باد ۴- برآورد میزان تأثیر آبیاری شبانه نسبت به آبیاری روزانه در عملکرد سیستم‌های

گشتاورها، حداقل مربعات و حداکثر درست‌نمایی می‌باشد. بررسی درستی مدل انتخابی: پس از شناسایی و برآورد الگوی مناسب سری زمانی، به منظور اطمینان از صحت انتخاب خود، بایستی به سنجش و ارزیابی مدل برازش داده شده به داده‌ها پرداخت. مهم‌ترین روش در این زمینه تجزیه و تحلیل باقیمانده‌های حاصل از برازش مدل می‌باشد.

در تحقیق حاضر جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی سری‌های زمانی سرعت باد روز و شب از نرم افزار آماری مینی تب نسخه ۱۶ استفاده شده است. کل تعداد داده‌ها برای هر یک از داده‌های شب و روز ۴۵۱ بوده که ۸۰٪ آن برای واسنجی و ۲۰٪ آن برای صحت‌سنجی در نظر گرفته شد. نمودار سری زمانی سرعت باد ابتدا برای داده‌های شب رسم شده و پس از بررسی رفتار سری و آزمون نرمال بودن داده‌ها، تبدیل باکس-کاکس برای رفع ناپایداری واریانس و نرمال‌سازی سری انجام گرفت. برای ایستا کردن میانگین سری نیز داده‌های تبدیل یافته در گام قبلی از خط روند برازش داده شده به آن کسر گردید. در مورد داده‌های مربوط به روز، واریانس نسبتاً پایدار تشخیص داده شده و تنها با برازش خط روند به سری و کسر آن از داده‌ها تبدیل میانگین صورت گرفت. پس از ترسیم نمودارهای ACF و PACF سری تبدیل یافته جدید برای داده‌های شب و روز و حدس درباره نوع و مرتبه مدل، مدل ARIMA برای هر یک از سری داده‌ها اجرا گردید. به منظور بررسی مناسبت مدل‌های اجرا شده، آزمون‌های مربوط به باقیمانده‌ها انجام گرفته و برای انتخاب بهترین مدل از بین آن‌ها ضرایب همبستگی مربوط به داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی مدل‌ها و همچنین معیار نش سانتکلیف<sup>۴</sup> محاسبه گردیده و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. این معیار که تعیین کننده قدرت و کارایی یک مدل در پیش‌بینی یک متغیر است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$NS = 1 - \frac{\sum_1^N (x_{ob} - x_m)^2}{\sum_1^N (x_{ob} - \bar{x}_{ob})^2} \quad (۶)$$

که در آن N تعداد داده‌ها؛  $\bar{x}_{ob}$  میانگین داده‌های مشاهداتی؛  $x_{ob}$  داده‌های مشاهداتی و  $x_m$  مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل می‌باشد. حداقل مقدار قابل قبول NS برابر ۰/۵ بوده و مقادیر بالای ۰/۷ نشان می‌دهد مدل از کارایی مناسب برخوردار است. پس از انتخاب مدل‌های نهایی برای داده‌های روز و شب، به تولید مقادیر سرعت باد سه سال آتی یعنی سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ شمسی پرداخته شد.

### آزمایش‌های میدانی

برای تعیین اثر باد بر روی الگوی توزیع حاصل از سیستم‌های بارانی نتایج آزمایش‌های انجام یافته توسط بزانه (۱۳۹۰) و الگوهای

متحرک (MA<sup>۱</sup>)، خود همبسته-میانگین متحرک (ARMA<sup>۲</sup>) و خود همبسته-میانگین متحرک تلفیق شده (ARIMA<sup>۳</sup>) که هر کدام با مرتبه‌های مختلف می‌توانند بر داده‌ها برازش داده شوند، قابل انتخاب می‌باشند. دلیل استفاده گسترده از این مدل‌ها را می‌توان مربوط به توانایی آن‌ها در ایجاد همبستگی بین مقادیر زمان حال با زمان‌های پیشین و همچنین سادگی ساختار این مدل‌ها دانست. مدل‌های نام برده به ترتیب بصورت زیر تعریف می‌گردند:

$$Z_t = \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (۲)$$

$$Z_t = \sum_{i=1}^p \phi_i Z_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (۳)$$

$$u_t = \sum_{i=1}^p \phi_i u_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (۴)$$

که در این روابط  $Z_t$  سری زمانی نرمال استاندارد،  $\varepsilon_t$  ترم تصادفی مستقل،  $\theta_j$  و  $\phi_i$  پارامترهای مدل، p و q مرتبه‌های مدل‌های خود همبسته و میانگین متحرک و u سری حاصل از تفاضل از تفاضل d ام سری اصلی می‌باشد.

Box and Jenkins (1976) با ترکیب مدل‌های فصلی (SARIMA) و غیر فصلی (ARIMA)، مدل‌های موسوم به آریمای فصلی مکثر را ارائه نمودند. این مدل در کل به صورت  $(P, D, Q)_{\omega}$  ARIMA(p, d, q) نشان داده می‌شود که عبارت (p, d, q) بخش غیر فصلی مدل و عبارت  $(P, D, Q)_{\omega}$  بخش فصلی مدل است.

در مدل‌سازی سری‌های زمانی به طور کلی چهار مرحله اساسی زیر دنبال می‌گردد:

آماده‌سازی اطلاعات: در درجه اول بایستی شرایط لازم از جمله ایستایی و نرمال بودن سری داده‌ها را برای انجام مدل‌سازی سری زمانی فراهم نمود. یکی از مهم‌ترین توابع تبدیل در سری‌های زمانی جهت آماده‌سازی داده‌ها تابع تبدیل Box and Cox (1964) می‌باشد. این تابع به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$T(x_t) = x_t^{(\lambda)} = \frac{x_t^{\lambda} - 1}{\lambda} \quad (۵)$$

در این رابطه  $T(x_t)$  تبدیل باکس-کاکس،  $x_t$  سری داده‌های اولیه و  $\lambda$  پارامتر تبدیل می‌باشد.

شناسایی مدل: اساسی‌ترین راه برای شناسایی نوع و مرتبه مدل، ارزیابی نمودارهای توابع خود همبستگی (ACF) و خود همبستگی جزئی (PACF) سری می‌باشد.

برآورد پارامترهای مدل: پس از آن که مدل مناسب و مرتبه آن برای برازش به سری زمانی تشخیص داده شد، پارامترهای مدل تعیین می‌گردد. از جمله روش‌های عمومی تخمین پارامترها، روش

۱- Moving Average

۲- Autoregressive Moving Average

۳- Autoregressive Integrated Moving Average

۴- Nash-Sutcliffe

یعنی سرعت و جهت باد و همچنین اطلاعات بهره برداری از جمله نوع و آرایش آبیاش‌ها، فشار کارکرد، ارتفاع نازل و زمان آبیاری نیاز دارد. مقدار فشار کارکرد برای شبیه‌سازی حدوداً برابر مقدار فشار به کار گرفته شده در آزمایش یعنی ۳۰۰ کیلوپاسکال و قطر نازل‌ها نیز مشابه شرایط آزمایش یعنی ۴/۴×۲/۴ میلی‌متر در نظر گرفته شد. مقادیر سرعت باد به کار رفته در ورودی برنامه برابر مقادیر پیش‌بینی شده حاصل از مدل سری‌های زمانی قرار داده شدند. جهت باد مورد استفاده نیز، جهت غالبی بود که از طریق رسم گلباد با استفاده از نرم افزار WRPLOT View برای هر کدام از دهه‌های ماه‌های مورد نظر بدست آمده بود. در تحقیق حاضر جهت لترال‌ها در امتداد جهت غالب وزش باد در فصل زراعی در نظر گرفته شد. به منظور انجام شبیه‌سازی‌ها در محیط نرم افزار مذکور برای هر یک از آبیاش‌های مفروض سه آرایش مستطیلی و مثلثی با فواصل ۱۲×۱۵، ۱۲×۱۸ و ۱۵×۱۸ متر و مربعی با فواصل ۱۲×۱۲، ۱۵×۱۵ و ۱۸×۱۸ متر در نظر گرفته شد. در نتیجه برای هر یک از آبیاش‌ها ۹ سری داده خروجی ضرایب یکنواختی کریستیانسن در شرایط مختلف باد حاصل گردید.

ضریب یکنواختی کریستیانسن (Christiansen (1942) برای ارزیابی یکنواختی پخش آبیاش‌ها به صورت زیر ارائه شده است:

$$CUC(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}}\right) \times 100 \quad (7)$$

که در آن CUC ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)،  $x_i$  عمق آب در هر یک از ظروف جمع‌آوری آب،  $\bar{x}$  میانگین عمق آب درون ظروف و  $n$  تعداد کل ظروف می‌باشد.

## نتایج و بحث

نمودارهای سری‌های زمانی سرعت باد روز و شب در نرم افزار مینی تب مطابق شکل‌های ۱ و ۲ تهیه گردید. همان گونه که ملاحظه می‌شود نمودار هر دو سری داده‌ها دارای خصلت فصلی می‌باشد. لازم به ذکر است که به جهت وجود محدودیت صفحات، در مقاله حاضر ارائه تمامی نتایج مدل‌سازی سری زمانی میسر نبوده و تنها به بررسی نمودارهای سری زمانی سرعت باد شب پرداخته شده و در مورد سرعت‌های باد روز فقط نتایج نهایی مدل‌سازی بیان گردیده است.

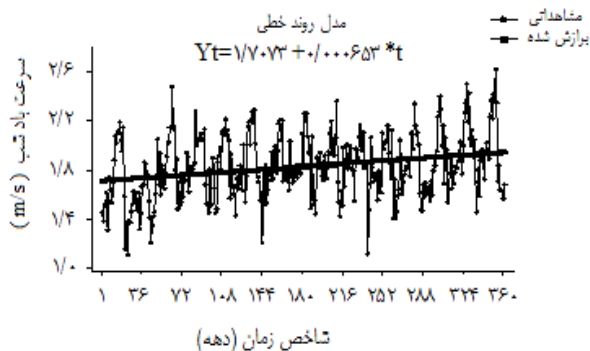
شبیه‌سازی شده توسط نرم افزار Ador- Sprinkler مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش‌های مذکور برای تعیین الگوهای توزیع آب آبیاش منفرد در اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کیلومتر ۱۲ جاده تبریز-باسمنج با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۵۷ متر از سطح دریا انجام گرفت. خلاصه مشخصات و شرایط انجام این آزمایش‌ها بدین شرح است که: شبکه‌ای از ظروف جمع‌آوری آب با فواصل ۱ متر از همدیگر در زمین مورد نظر قرار داده شده و سه نوع آبیاش ضربه‌ای با نام‌های تجاری RAINBIRD 40B و VYR 35، IRRILINE IR30 و اندازه نازل‌های ۴/۴×۲/۴ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. الگوی توزیع آب هر کدام از آبیاش‌های مذکور در شرایط مختلف باد با رعایت ضوابط و معیارهای مندرج در استانداردهای ASAE 330.1<sup>۱</sup> (بی‌نام، ۲۰۰۴) و ISO 8026<sup>۲</sup> (بی‌نام، ۲۰۰۹) حاصل گردید. جهت بررسی تأثیر سرعت‌های باد مختلف بر عملکرد هر یک از آبیاش‌ها، در تحقیقات بزانه (۱۳۹۰) بر اساس پیشنهاد (Bliesner and Keller سه محدوده سرعت باد ۰ تا ۲، ۲ تا ۴ و بیش از ۴ متر بر ثانیه برای ثبت داده‌ها در نظر گرفته شده و مدت زمان کلیه آزمایش‌ها ۱ ساعت گزارش شده است. در این تحقیق نتایج آزمایشات بزانه در خصوص اثر باد در آرایش‌های مستطیلی و مثلثی با فواصل ۱۲×۱۵، ۱۲×۱۸ و ۱۵×۱۸ متر و مربعی با فواصل ۱۲×۱۲، ۱۵×۱۵ و ۱۸×۱۸ متر مورد استفاده قرار گرفته است (برای اطلاعات بیشتر به بزانه (۱۳۹۰) رجوع شود).

## شبیه‌سازی اثر باد روی الگوی توزیع

علاوه بر آزمایش‌های مذکور، با استفاده از نرم افزار Ador- Sprinkler به شبیه‌سازی الگوی توزیع دو نوع آبیاش منفرد دیگر (MEGA RC 130H و VYR 70) با آرایش‌های مختلف و در سرعت‌های باد مورد نظر پرداخته شد. لازم به ذکر است که از آبیاش VYR 70 در منطقه مورد مطالعه استفاده می‌شود اما استفاده از آبیاش MEGA RC 130H در منطقه متداول نیست. اما به دلیل اینکه آبیاش مذکور در کلاس آبیاش‌های مورد مطالعه بوده و قابلیت شبیه‌سازی آن در نرم افزار Ador-Sprinkler گنجانده شده است، بررسی عملکرد آبیاش می‌تواند برای استفاده‌های آتی مفید واقع شود. بنابراین این آبیاش نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. برنامه کامپیوتری Ador-Sprinkler توسط (Dechmi and et al. (2004) a,b با هدف شبیه‌سازی بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی ارائه گردیده است. این مدل از روش بالستیک برای شبیه‌سازی الگوی توزیع آب آبیاش‌ها بهره‌جسته و به ترکیبی از اطلاعات هواشناسی

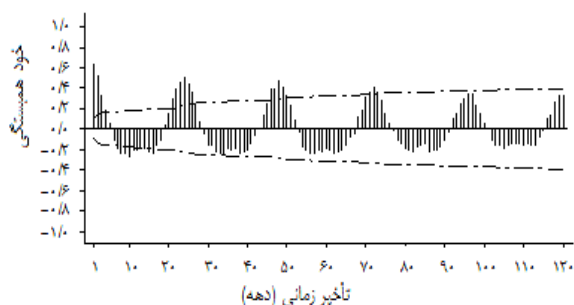
۱- American Society of Agricultural Engineering

۲- International Standard Organization

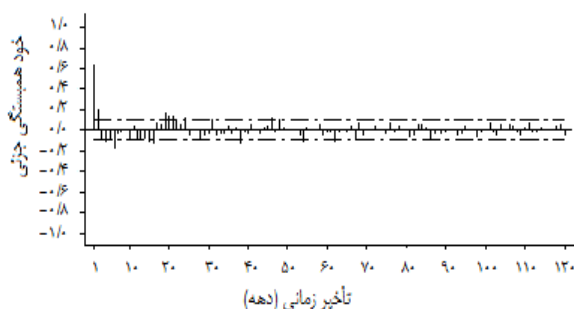


شکل ۴- نمودار روند داده‌های سرعت باد شب

پس از تبدیلات لازم و آماده‌سازی داده‌ها، نمودارهای ACF و PACF سری سرعت باد شب رسم گردید (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۵- نمودار تابع خودهمبستگی داده‌های سرعت باد شب

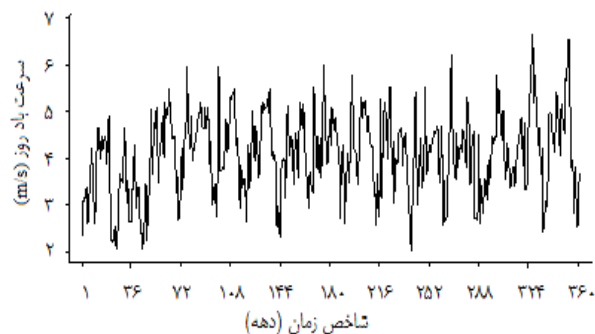


شکل ۶- نمودار تابع خودهمبستگی جزئی داده‌های سرعت باد شب

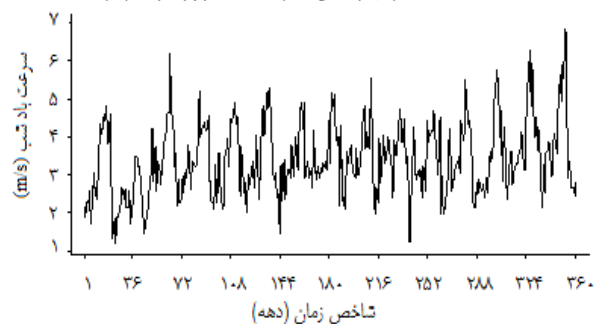
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نمودار ACF سری یک موج سینوس-کسینوس میرا با دوره تناوب ۲۴ را نشان می‌دهد. نمودار PACF خود همبستگی جزئی بسیار بزرگی را در تأخیر زمانی اول دارا بوده و در تأخیر دوم نیز مقدار آن معنادار است. بنابراین امکان تبعیت سری از یک الگوی خود همبسته AR(2) وجود دارد. برای اینکه خاصیت فصلی داده‌ها از بین رفته و سری ایستا گردد، یک دیفرانسیل‌گیری فصلی با دوره ۲۴ بر روی داده‌ها اعمال شده و در نهایت مدل  $ARIMA(2,0,0)(0,1,1)_{24}$  مناسب تشخیص داده شد. دیفرانسیل‌گیری از مرتبه ۲۴ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\nabla_{24} x_t = (1 - B^{24}) x_t = x_t - x_{t-24} \quad (A)$$

که در آن  $\nabla$  عملگر تفاضلی و B عملگر پسر و که روی شاخص

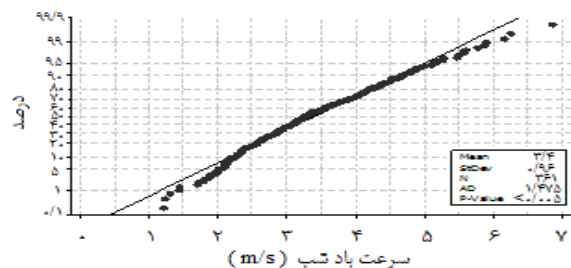


شکل ۱- سری زمانی سرعت باد روز در تبریز

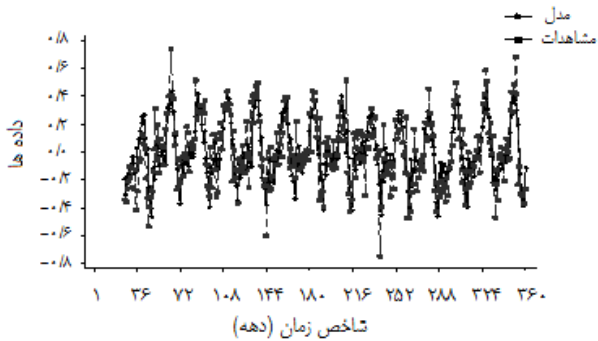


شکل ۲- سری زمانی سرعت باد شب در تبریز

پس از رسم نمودار سری زمانی، آزمون نرمال بودن به روش اندرسون-دارلینگ مطابق شکل ۳ انجام گرفت. به دلیل عدم انطباق خوب و کافی نقاط با خط احتمال نرمال، تبعیت داده‌های سرعت باد شب از توزیع نرمال قابل پذیرش نبود. بنابراین از تابع تبدیل باکس-کاکس استفاده گردید که در حین پایدار کردن واریانس سری، موجب نرمال شدن توزیع داده‌ها نیز می‌شود. پس از تأیید نرمال بودن داده‌های تبدیل یافته سرعت باد شب، به منظور مشخص شدن روند خطی طولانی مدت داده‌ها و بررسی چگونگی رفتار سری در زمان‌های آتی، تحلیل روند بر روی داده‌های سرعت باد شب مطابق شکل ۴ انجام گرفت. این نمودار یک روند افزایشی را هرچند با شیب رشد ملایم نشان می‌دهند. این بدان معنی است که در سال‌های آینده در منطقه تبریز امکان مشاهده سرعت بادهایی بیشتر نسبت به سال‌های قبل وجود دارد.

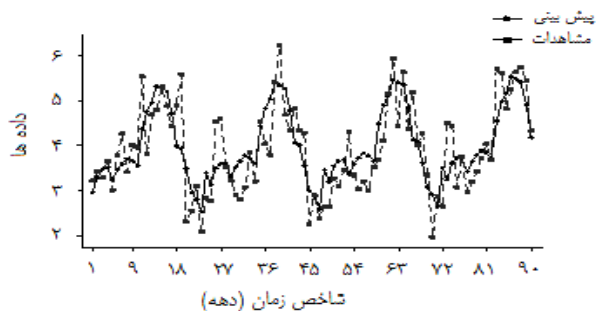


شکل ۳- نمودار طرح احتمال نرمال داده‌های سرعت باد شب



شکل ۹- نمودار مدل سری زمانی به همراه داده‌های مشاهداتی سرعت باد شب

نتایج بررسی نکویی برازش انواع مدل‌های سری‌های زمانی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هم در مورد داده‌های روز و هم در مورد داده‌های شب بهترین مدل  $ARIMA(2,0,0)(0,1,1)_{24}$  تشخیص داده شد.



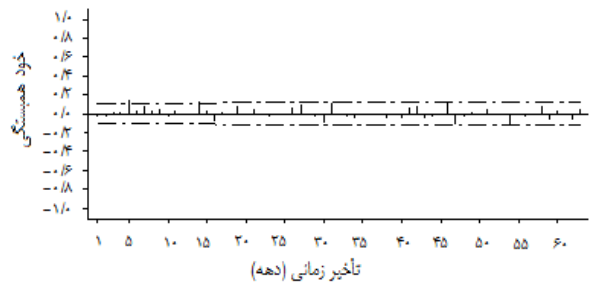
شکل ۱۰- نمودار سری زمانی داده‌های پیش‌بینی شده به همراه داده‌های مشاهداتی سرعت باد شب

نتایج نهایی پیش‌بینی مقادیر سرعت باد منطقه با استفاده از مدل سری زمانی در طول فصل زراعی به شرح جدول ۲ می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در اکثر دهه‌ها مقدار سرعت باد روز نسبت به سرعت باد شب بیشتر است. در دهه‌های ماه‌های تیر، مرداد و شهریور اختلاف بین سرعت باد شب و روز قابل توجه نمی‌باشد. در طول دوره، ماه‌های فصل تابستان بیشترین مقادیر سرعت باد را به خود اختصاص داده‌اند. چنانچه با استفاده از ارقام جدول ۲ کاهش سرعت باد در شب نسبت به روز به صورت درصد بررسی شود، می‌توان دریافت که درصد کاهش در ماه‌های اسفند، مهر و ماه‌های فصل بهار مقدار نسبتاً قابل توجهی داشته اما در اکثر ماه‌های فصل تابستان مقدار آن قابل اغماض می‌باشد. در برخی از دهه‌ها نیز مقادیر کوچک منفی را نشان می‌دهد. در طول کل دوره سرعت باد شب نسبت به سرعت باد روز به طور متوسط  $9/6$  درصد کاهش داشته است و بیشترین مقدار کاهش سرعت باد شب نسبت به سرعت باد روز برابر  $22/6$  درصد و مربوط به دهه دوم فروردین می‌باشد. در تحقیق حاضر با رسم گلبادهای منطقه توسط نرم افزار  $WRPLOT$  View، جهت-

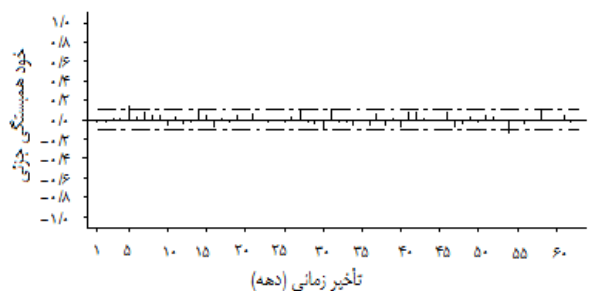
زمانی عمل کرده و آن را به اندازه یک واحد به عقب می‌برد. مدل  $ARIMA(2,0,0)(0,1,1)_{24}$  با معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B^{24})Z_t = (1 - \theta_1 B^{24})\varepsilon_t \quad (9)$$

که در آن  $\varepsilon_t$  متغیر تصادفی،  $B$  عملگر تفاضل،  $\phi_i$  پارامتر مدل خود همبسته غیر فصلی،  $\theta$  پارامتر مدل میانگین متحرک فصلی و  $Z_t$  سری زمانی مورد نظر می‌باشد. پس از برازش مدل انتخاب شده به سری داده‌ها به منظور بررسی عدم خود همبستگی باقیمانده‌ها و درستی مدل، نمودارهای  $ACF$  و  $PACF$  باقیمانده‌ها ترسیم شد (شکل‌های ۷ و ۸).



شکل ۷- نمودار تابع خودهمبستگی باقیمانده‌های مدل سری زمانی



شکل ۸- نمودار تابع خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌های مدل سری زمانی سرعت باد شب

چنانچه ملاحظه می‌شود همبستگی‌ها تقریباً در هیچ یک از تأخیرهای زمانی معنی‌دار نبوده و از باند اطمینان تجاوز نکرده‌اند و این به معنای مستقل بودن باقیمانده‌ها از هم و تصادفی بودن آن‌هاست. به منظور درک بهتر تطابق مدل با داده‌های مشاهداتی شب شکل ۹ برای داده‌های واستنجی رسم شد. همچنین شکل ۱۰ که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل را همراه با داده‌های صحت‌سنجی شب نشان می‌دهد، مناسب بودن مدل را تأیید می‌نماید.

به منظور دسترسی سریع و آسان به نتایج تحقیق حاضر در رابطه با ضرایب یکنواختی طول دوره رشد جدول ۳ تنظیم گردیده است. در این جدول سرعت‌های باد پیش‌بینی شده و ضرایب یکنواختی هر ماه از دوره رشد به صورت دهه به دهه و روز و شب آورده شده است. علاوه بر مقدار عددی سرعت باد و ضریب یکنواختی متوسط، در ستون‌هایی کلاس مربوط به هر یک از پارامترهای مذکور به صورت حروف انگلیسی مشخص شده‌اند.

های غالب باد برای هر دهه از ماه‌های دوره رشد تعیین گردید. نتایج در شکل ۱۱ برای برخی ماه‌ها به صورت نمونه ارائه شده است. با توجه به گلبادهای فوق می‌توان بیان نمود که جهت عمومی باد در روز در منطقه تبریز در بیشتر موارد غربی و گاهی شرقی و در ساعات شب شرقی یا شمال شرقی می‌باشد. با استفاده از این نتایج و در نظر گرفتن شرایط مناسب جهت‌گیری لترال‌های آبیاری برای رسیدن به حداکثر یکنواختی توزیع آب می‌توان تدابیر لازم را در این راستا اتخاذ نمود.

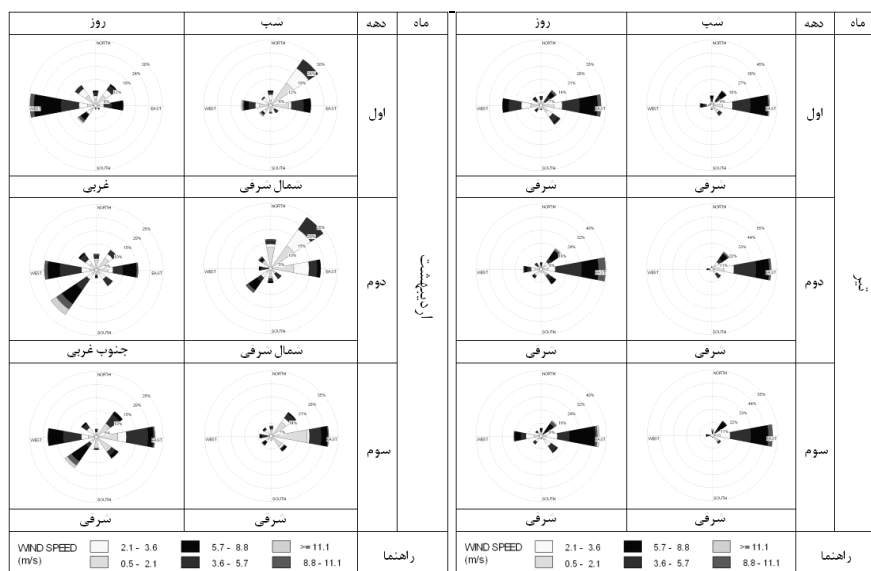
جدول ۱- نتایج بررسی نکویی برازش مدل‌های سری زمانی برای داده‌های سرعت باد روز و شب

بازه زمانی	مدل	ضریب همبستگی		بهرترین مدل
		ضریب		
		نش-ساتکلیف	صحت سنجی	
روز	ARIMA(2,0,0)(0,1,1)24	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۵۲
	ARIMA(2,0,0)(1,1,1)24	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۴۲
	ARIMA(2,0,1)(0,1,1)24	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۴۹
	ARIMA(0,1,1)(2,1,0)24	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۲۳
	ARIMA(2,0,0)(2,1,1)24	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۵۰
	ARIMA(1,1,1)(3,1,0)24	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۳۷
شب	ARIMA(2,0,0)(0,1,1)24	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۶۸
	ARIMA(2,0,0)(1,1,1)24	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۵۸
	ARIMA(2,0,1)(0,1,1)24	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۵۷
	ARIMA(0,1,1)(2,1,0)24	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۴۷
	ARIMA(1,0,1)(1,0,1)24	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۶۶
	ARIMA(0,1,1)(4,1,0)24	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۵۷

جدول ۲- سرعت‌های باد روز و شب پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های سری زمانی

ماه	دهه	سال				
		۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۲	۱۳۹۳
اسفند	۱	۳/۵۱	۳/۵۴	۳/۵۸	۳/۲۹	۳/۴۱
	۲	۴/۳۳	۴/۳۶	۴/۴۰	۳/۳۳	۳/۴۵
	۳	۴/۴۳	۴/۴۶	۴/۵۰	۳/۸۲	۳/۹۴
فروردین	۱	۴/۴۱	۴/۴۴	۴/۴۸	۳/۷۰	۳/۸۲
	۲	۴/۹۰	۴/۹۴	۴/۹۷	۳/۷۶	۳/۸۸
	۳	۴/۳۳	۴/۳۷	۴/۴۱	۳/۴۹	۳/۶۱
اردیبهشت	۱	۴/۲۰	۴/۲۴	۴/۲۸	۳/۵۶	۳/۶۸
	۲	۴/۵۰	۴/۵۴	۴/۵۷	۳/۶۶	۳/۷۸
	۳	۴/۴۶	۴/۴۹	۴/۵۳	۳/۷۵	۳/۸۷
خرداد	۱	۴/۵۳	۴/۵۷	۴/۶۰	۳/۸۶	۳/۹۸
	۲	۴/۵۵	۴/۵۹	۴/۶۲	۳/۷۵	۳/۸۷
	۳	۵/۱۹	۵/۲۲	۵/۲۶	۴/۷۵	۴/۸۸
تیر	۱	۴/۹۶	۵/۰۰	۵/۰۴	۴/۸۵	۴/۹۸
	۲	۵/۰۶	۵/۱۰	۵/۱۳	۵/۰۳	۵/۱۷
	۳	۵/۵۷	۵/۶۱	۵/۶۵	۵/۵۵	۵/۷۰

۵/۶۹	۵/۶۱	۵/۵۴	۵/۵۷	۵/۵۳	۵/۵۰	۱	مرداد
۵/۶۰	۵/۵۳	۵/۴۶	۵/۵۵	۵/۵۱	۵/۴۸	۲	
۵/۰۷	۵/۰۰	۴/۹۳	۵/۲۵	۵/۲۲	۵/۱۸	۳	
۴/۶۲	۴/۵۵	۴/۴۹	۴/۸۶	۴/۸۲	۴/۷۹	۱	شهریور
۴/۴۶	۴/۳۹	۴/۳۳	۴/۴۵	۴/۴۱	۴/۳۷	۲	
۳/۸۵	۳/۷۹	۳/۷۳	۳/۸۱	۳/۷۸	۳/۷۴	۳	
۳/۱۱	۳/۰۶	۳/۰۰	۳/۹۴	۳/۹۰	۳/۸۶	۱	مهر
۳/۰۱	۲/۹۶	۲/۹۰	۳/۰۷	۳/۰۳	۳/۰۰	۲	
۲/۸۱	۲/۷۶	۲/۷۰	۳/۴۳	۳/۴۰	۳/۳۶	۳	



شکل ۱۱- گلبادهای روز و شب ماههای اردیبهشت و تیر

مربوط به زمان‌های شب در کلاس B قرار دارند. به بیان دیگر مقادیر این پارامترها در شب نسبت به روز که در کلاس پایین‌تر C قرار دارند، وضعیت رضایت‌بخش‌تری را دارا هستند. بنابراین در این زمان‌ها می‌بایست آبیاری شبانه به آبیاری در اوقات روز ترجیح داده شود. کلاس B بدست آمده برای زمان‌های بعد از دهه دوم شهریور نشان-دهنده شرایط مناسب و قابل قبول برای آبیاری روز و شب می‌باشد. برای پی بردن به اینکه آبیاری شبانه در دهه‌هایی با کلاس روز و شب متفاوت (C برای روز و B برای شب) به چه میزان سودمند خواهد بود، میانگین سرعت باد (۴/۵۰ برای روز و ۳/۷۳ برای شب) و میانگین ضریب یکنواختی (۷۰/۶۱٪ برای روز و ۷۶/۴۶٪ برای شب) این دوره محاسبه گردیده و نتیجه گرفته شد که آبیاری شبانه در دوره زمانی مذکور (دهه‌هایی که در جدول با علامت ستاره مشخص شده- اند)، ضریب یکنواختی پخش آب را حدود ۸/۳٪ نسبت به آبیاری روزانه افزایش خواهد داد. در بررسی دیگر بر اساس ضرایب یکنواختی متوسط، آرایش بهینه انواع آبیاش‌ها برای هر کدام از دهه‌ها در سه ستون آخر جدول معرفی شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در کل دوره رشد، آرایش مربعی بهترین آرایش برای هر سه نوع آبیاش می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی توزیع آب با استفاده از نرم افزار Ador-

هدف از انجام طبقه‌بندی، سهولت در تشخیص وضعیت سرعت باد و ضریب یکنواختی در هر زمان می‌باشد. در نهایت آرایش‌های بهینه برای انواع آبیاش‌ها در طول دوره زراعی معرفی شده است. بازه‌های کلاس‌بندی برای سرعت باد شامل کلاس A برای سرعت باد کمتر از ۲ متر بر ثانیه (باد آرام)؛ کلاس B برای سرعت باد بین ۲ الی ۴ متر بر ثانیه (باد متوسط) و کلاس C برای سرعت‌های باد بیش از ۴ متر بر ثانیه (باد شدید) می‌باشد. ضرایب یکنواختی پخش نیز به همین ترتیب به صورت کلاس A مربوط به ضرایب یکنواختی بیش از ۸۴٪ (یکنواختی استاندارد)؛ کلاس B مربوط به ضرایب یکنواختی بین ۷۵٪ الی ۸۴٪ (یکنواختی رضایت‌بخش) و کلاس C مربوط به ضرایب یکنواختی کمتر از ۷۵٪ (یکنواختی کم) در نظر گرفته شد.

با توجه به جدول ۳ می‌توان دریافت که بدترین زمان‌ها از نظر سرعت و ضریب یکنواختی مربوط به دهه‌های سوم خرداد الی دهه دوم شهریور می‌باشد. در دهه‌های مذکور کلاس هر دو بازه زمانی روز و شب یکسان است. بدین معنی که می‌توان از تفاوت مقادیر دو پارامتر در شب و روز چشم پوشید. در دهه‌های قبل از دهه سوم خرداد (به جز دهه اول اسفند)، مقادیر سرعت باد و ضریب یکنواختی متوسط



متفاوت است، عبارت‌اند از دهه دوم اسفند، دهه سوم فروردین، دهه سوم اردیبهشت، دهه‌های دوم و سوم خرداد و دهه اول مهر. بایستی به این نکته توجه داشت که با وجود یکسان بودن کلاس یکنواختی شب و روز در سایر دهه‌ها، مقادیر ضریب یکنواختی شب اغلب بیشتر از روز بوده و بنابراین آبیاری در شب نسبت به روز منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

Sprinkler در جدول ۴ نیز مانند جدول ۳ جمع‌بندی شده است. محدوده‌های کلاس‌بندی برای سرعت باد و ضریب یکنواختی در بخش قبل ذکر گردیده است.

با توجه به جدول ۴ می‌توان دریافت که بدترین زمان‌ها از نظر سرعت باد مربوط به دهه‌های سوم خرداد الی دهه دوم شهریور و از نظر ضریب یکنواختی مربوط به دهه سوم تیر الی دهه دوم مرداد می‌باشد. بهترین زمان‌ها از نظر سرعت باد و ضریب یکنواختی نیز به آن‌هایی مربوط می‌شود که به ترتیب در کلاس‌های B و A قرار دارند. دهه‌هایی که در آن‌ها کلاس‌های روز و شب ضریب یکنواختی

جدول ۳- سرعت باد، ضریب یکنواختی متوسط و آرایش بهینه انواع آبیاری‌ها در طول دوره رشد

ماه	دهه	بازه زمانی	سرعت باد (متر بر ثانیه)	کلاس سرعت باد	ضریب یکنواختی متوسط (%)	کلاس یکنواختی	آرایش بهینه		
							IRRILINE 30	VYR 35	RAINBIRD 40B
اسفند	۱	روز	۳/۵۴	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۳۵	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۳۶	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۳۹	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۴۶	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۸۸	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
فروردین	۱*	روز	۴/۴۴	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۷۶	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۹۴	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۸۲	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۳۷	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۵۵	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
اردیبهشت	۱*	روز	۴/۲۴	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۲۶	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۵۴	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۷۲	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۴۹	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۸۱	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
خرداد	۱*	روز	۴/۵۷	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۹۲	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳*	روز	۴/۵۹	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۳/۸۱	B	۷۶/۵	B	مربعی	مربعی	مربعی
	۳	روز	۵/۲۲	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۴/۸۲	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
تیر	۱	روز	۵/۰۰	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۴/۹۱	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
	۲	روز	۵/۱۰	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۵/۱۰	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
	۳	روز	۵/۶۱	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۵/۶۲	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
مرداد	۱	روز	۵/۵۳	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۵/۶۱	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
	۲	روز	۵/۵۱	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۵/۵۳	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
	۳	روز	۵/۲۲	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۵/۰۰	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
شهریور	۱	روز	۴/۸۲	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۴/۵۵	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
	۲	روز	۴/۴۱	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی
		شب	۴/۳۹	C	۷۰/۶	C	مربعی	مربعی	مربعی

مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۳/۷۸	روز	۳	
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۳/۷۹	شب		
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۳/۹۰	روز	۱	
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۳/۰۶	شب		
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶,۵	B	۳/۰۳	روز	۲	مهر
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۲/۹۶	شب		
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۳/۴۰	روز	۳	
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۵	B	۲/۷۶	شب		
مربعی	مربعی	مربعی	C	۷۰/۶۱	C	۴/۵۰	روز		میانگین دهه‌های علامت‌دار
مربعی	مربعی	مربعی	B	۷۶/۴۶	B	۳/۷۳	شب		

\* دهه‌هایی که یکنواختی پخش آب در شب بیشتر از روز است.

جدول ۴- سرعت باد، ضریب یکنواختی متوسط و آرایش بهینه انواع آبیاریها در طول دوره رشد

ماه	دهه	بازه زمانی	سرعت باد (متر بر ثانیه)	کلاس سرعت باد	ضریب یکنواختی متوسط (%)	کلاس یکنواختی		آرایش بهینه
						RC 130H	VYR 70	
اسفند	۱*	روز	۳/۵۴	B	۸۵/۷	A	مستطیلی	مستطیلی
		شب	۳/۳۵	B	۸۶/۹	A	مستطیلی	مستطیلی
	۲*	روز	۴/۳۶	C	۸۰/۷	B	مربعی	مستطیلی
		شب	۳/۳۹	B	۸۵/۰	A	مستطیلی	مربعی
	۳*	روز	۴/۴۶	C	۷۹/۹	B	مستطیلی	مربعی
		شب	۳/۸۸	B	۸۲/۳	B	مستطیلی	مربعی
فروردین	۱*	روز	۴/۴۴	C	۸۰/۱	B	مستطیلی	مربعی
		شب	۳/۷۶	B	۸۳/۰	B	مستطیلی	مربعی
	۲*	روز	۴/۹۴	C	۷۷/۰	B	مثلثی	مربعی
		شب	۳/۸۲	B	۸۲/۷	B	مستطیلی	مربعی
	۳*	روز	۴/۳۷	C	۸۰/۶	B	مستطیلی	مربعی
		شب	۳/۵۵	B	۸۴/۲	A	مستطیلی	مربعی
اردیبهشت	۱*	روز	۴/۲۴	C	۸۱/۵	B	مثلثی	مستطیلی
		شب	۳/۲۶	B	۸۳/۶	B	مستطیلی	مربعی
	۲*	روز	۴/۵۴	C	۷۷/۲	B	مربعی	مربعی
		شب	۳/۷۲	B	۸۳/۲	B	مستطیلی	مربعی
	۳*	روز	۴/۴۹	C	۸۰/۰	B	مستطیلی	مربعی
		شب	۳/۸۱	B	۸۴/۲	A	مستطیلی	مستطیلی
خرداد	۱*	روز	۴/۵۷	C	۷۹/۶	B	مستطیلی	مربعی
		شب	۳/۹۲	B	۸۳/۵	B	مستطیلی	مستطیلی
	۲*	روز	۴/۵۹	C	۷۹/۲	B	مثلثی	مربعی
		شب	۳/۸۱	B	۸۴/۳	A	مستطیلی	مستطیلی
	۳*	روز	۵/۲۲	C	۷۴/۸	C	مثلثی	مربعی
		شب	۴/۸۲	C	۷۷/۷	B	مثلثی	مربعی
تیر	۱*	روز	۵/۰۰	C	۷۶/۳	B	مثلثی	مربعی
		شب	۴/۹۱	C	۷۷/۱	B	مثلثی	مربعی
	۲	روز	۵/۱۰	C	۷۵/۸	B	مثلثی	مربعی
		شب	۵/۱۰	C	۷۵/۸	B	مثلثی	مربعی
	۳*	روز	۵/۶۱	C	۷۲/۸	C	مستطیلی	مربعی
		شب	۵/۶۲	C	۷۳/۱	C	مستطیلی	مثلثی
مرداد	۱	روز	۵/۵۳	C	۷۳/۱	C	مستطیلی	مربعی
		شب	۵/۶۱	C	۷۲/۸	C	مستطیلی	مربعی

مستطیلی	مربعی	C	۷۳/۲	C	۵/۵۱	روز	۲	
مستطیلی	مربعی	C	۷۳/۱	C	۵/۵۳	شب		
مثلثی	مربعی	B	۷۵/۱	C	۵/۲۲	روز	۳*	
مثلثی	مربعی	B	۷۶/۳	C	۵/۰۰	شب		
مثلثی	مربعی	B	۷۷/۷	C	۴/۸۲	روز	۱*	
مستطیلی	مربعی	B	۷۹/۶	C	۴/۵۵	شب		
مستطیلی	مثلثی	B	۸۰/۵	C	۴/۴۱	روز	۲*	شهریور
مستطیلی	مربعی	B	۸۰/۷	C	۴/۳۹	شب		
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۴/۴	B	۳/۷۸	روز	۳	
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۴/۴	B	۳/۷۹	شب		
مستطیلی	مستطیلی	B	۸۳/۵	B	۳/۹۰	روز	۱*	
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۸/۳	B	۳/۰۶	شب		
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۸/۲	B	۳/۰۳	روز	۲	مهر
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۷/۴	B	۲/۹۶	شب		
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۶/۳	B	۲/۴۰	روز	۳*	
مستطیلی	مستطیلی	A	۸۸/۲	B	۲/۷۶	شب		
مستطیلی	مربعی	B	۷۹/۴	C	۴/۵۳	روز		میانگین دهه‌های
مستطیلی	مربعی	B	۸۲/۳	B	۳/۹۹	شب		علامت‌دار

\* دهه‌هایی که یکنواختی پخش آب در شب بیشتر از روز است.

متوسط ۲/۹۹ متر در ثانیه تعلق دارد.

اختلاف بین سرعت باد روز و شب در منطقه مورد مطالعه در طول دوره رشد به طور متوسط ۹/۶ درصد محاسبه گردید. این اختلاف در فصل بهار به بیشترین حد خود و در فصل تابستان به کمترین میزان می‌رسد. بیشترین مقادیر سرعت باد به دهه‌های فصل تابستان اختصاص دارد. بنابراین در فصل بهار سیستم‌های آبیاری بارانی به صورت نسبی دارای کمترین تأثیرپذیری از باد می‌باشند. بدیهی است که انتخاب تاریخ کشت به نوع محصول، شرایط آب و هوایی و شرایط رطوبت و دمای خاک بستگی دارد و شروع فصل آبیاری نیز به شرایط رشد محصول وابسته است. اما یافته فوق می‌تواند راهنمایی برای طراحان، بهره برداران و ارزیابان سیستم‌های آبیاری از این منظر باشد که کدام فصل دارای بیشترین یکنواختی و کمترین تلفات بادبردگی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه، سرعت باد در شب در اکثر دهه‌های دوره رشد معمولاً کمتر از روز مشاهده گردید. افزایش یکنواختی پخش آب به این دلیل می‌تواند عامل دیگری برای ارجحیت بهره برداری از سیستم‌های آبیاری بارانی در شب باشد. در این تحقیق مشخص شد که به طور متوسط و در طول فصل رشد، آبیاری در شب ضریب یکنواختی پخش آب‌پاش‌های به کار رفته در آزمایش را به میزان ۳/۴۶ درصد نسبت به آبیاری در روز افزایش می‌دهد.

به منظور ارزیابی، مقایسه و بررسی تأثیر باد بر کارکرد آب‌پاش‌های ضربه‌ای، سه نوع آب‌پاش IRRILINE IR30، VYR 35 و RAINBIRD 40B انتخاب و الگوهای توزیع آب به دست آمده در

برای پی بردن به اینکه آبیاری شبانه در دهه‌هایی با درصد افزایش مثبت ضریب یکنواختی شب نسبت به روز در کل به چه میزان سودمند خواهد بود، میانگین ضریب یکنواختی (۷۹/۴۰٪) برای روز و (۸۲/۳۱٪) برای شب) این دوره محاسبه گشته و نتیجه گرفته شد که آبیاری شبانه در دوره زمانی مذکور (دهه‌هایی که در جدول با علامت ستاره مشخص شده‌اند)، ضریب یکنواختی پخش آب را حدود ۳/۶۷٪ نسبت به آبیاری روزانه افزایش خواهد داد. میانگین درصد افزایش یکنواختی شب نسبت به روز در طول کل دوره رشد نیز برابر ۲/۸۴٪ حاصل گردید. در بررسی دیگر بر اساس ضرایب یکنواختی متوسط، آرایش بهینه انواع آب‌پاش‌ها برای تک تک دهه‌ها در سه ستون آخر جدول معرفی شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود به طور متوسط برای آب‌پاش‌های RC 130H و VYR 70 به ترتیب آرایش‌های مربعی و مستطیلی بهترین آرایش می‌باشند.

## نتیجه‌گیری

نتایج بررسی سرعت‌های باد منطقه تبریز نشان داد که شدیدترین بادهای روز در دهه سوم تیرماه با مقدار متوسط ۵/۶۰ متر بر ثانیه و ضعیف‌ترین بادهای در دهه دوم مهرماه با مقدار متوسط ۳/۰۳ متر بر ثانیه رخ داده است و شدیدترین بادهای شب در دهه سوم تیرماه با مقدار متوسط ۵/۶۲ متر بر ثانیه و ضعیف‌ترین بادهای در دهه سوم مهرماه با مقدار متوسط ۲/۷۵ متر بر ثانیه اتفاق می‌افتد. در میان کل داده‌های شبانه‌روز شدیدترین بادهای به دهه سوم تیرماه با مقدار متوسط ۵/۶۱ متر در ثانیه و ضعیف‌ترین بادهای به دهه دوم مهرماه با مقدار

- Anonymous. 2004. ASAE S330.1: Procedure for sprinkler distribution testing for research purpose. Standard ASAE (pp: 845-848), St. Joseph, MI., USA.
- Anonymous. 2009. ISO 8026: Agricultural irrigation equipment - sprayers - general requirements and test methods, Standard ISO, Geneva, Austria., 15 p.
- Box, G. and Cox, D. 1964. Analysis of transformation. Journal of Royal Statistical Society, 26: 211-252.
- Box, G. and Jenkins, G. 1976. Time series analysis: forecasting and control, 2<sup>nd</sup> edition. Holden-Day, San Francisco, CA, USA, 784 p.
- Carrion, P., Tarjuelo, J.M. and Montero, J. 2001. SIRIAS: a simulation model for sprinkler irrigation I: description of model, Irrigation Science, 20: 73-84.
- Clark, G.A., Srinivas, K., Rogers, D.H., Stratton, R. and Martin, V.L. 2003. Measured and simulated uniformity of low drift nozzle sprinkler. Transactions of ASAE, 46(2): 321-330.
- Christiansen, J.E., 1942. Irrigation by sprinkling. California agricultural experiment station bulletin 670, University of California, Berkeley, CA, USA. 124 p.
- Dechmi, F., Playan, E., Cavero, J., Martı́nez-Cob, A. and Faci, J.M. 2004 a. A coupled crop and solid-set sprinkler simulation model: I. Model development. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 130 (6): 499-510.
- Dechmi, F., Playan, E., Cavero, J., Martinez-Cob, A. and Faci, J.M. 2004 b. A coupled crop and solid-set sprinkler simulation model: II. Model application. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 130 (6): 511-519.
- Granier, J., Molle, B. and Deumier, J.M. 2003. IRRIPARC-Part 1: Modeling spatial water distribution under a sprinkler in windy conditions - Utilization of the IRRIPARC methodology in 3 regions. Proceeding European Regional Conference of The International Commission on Irrigation and Drainage, Montpellier, France: 14-19.
- Han, S., Evens, R.G. and Kroeger, M.W. 1994. Sprinkler distribution pattern in windy condition. Transactions of ASAE, 37(5): 1481-1489.
- Keller, J. and Bliessner, R.D. 1990. Sprinkle and trickle irrigation. Van nostrand reinhold, New York, NY, USA. 652 p.
- Kincaid, D.C. 1996. Spray drop kinetic energy from irrigation sprinklers. Transactions of ASAE, 39: 847-853.
- Kincaid, D.C., Solomon, K.H. and Oliphant, J.C. 1996. Drop size distribution for irrigation sprinklers. Transactions of ASAE, 39: 839-845.
- شرایط مختلف باد در ابعاد و اشکال متفاوت شبکه آبیاریها مورد همپوشانی قرار گرفت و ضریب یکنواختی پخش آب در هر حالت تعیین گردید. نتایج نشان داد که آرایش مربعی در هر سه نوع آبیاری بالاترین مقادیر ضریب یکنواختی را با مقدار متوسط ۷۴/۴۵ درصد حاصل نمود. همچنین آبیاری IRRILINE IR30 از نظر ضریب یکنواختی بهترین عمل کرد را نسبت به دو آبیاری دیگر نشان داد. به لحاظ مقاومت به شرایط باد و کمترین کاهش یکنواختی در اثر افزایش سرعت باد به طور کلی آبیاری 35 VYR نسبت به سایر آبیاریها مناسبترین عمل کرد را نشان داد.
- در نتایج برگرفته از شبیه سازی با نرم افزار Ador- Sprinkler نیز مشخص شد که برای آبیاری RC 130H آرایش مربعی و برای آبیاری 70 VYR آرایش مستطیلی بالاترین ضرایب یکنواختی را به ترتیب با مقادیر ۷۹/۷۵ و ۸۲/۷۳ درصد حاصل نمودند. همچنین آبیاری 70 VYR از نظر ضریب یکنواختی بهترین عمل کرد را نسبت به آبیاری RC 130H نشان داد. از نظر مقاومت به شرایط باد و کمترین کاهش یکنواختی در اثر افزایش سرعت باد به طور کلی آبیاری 70 VYR نسبت به آبیاری دیگر مناسبترین عمل کرد را داراست. شبیه سازیها در مورد یکنواختی پخش آب در کل فصل رشد نشان داد که ضریب یکنواختی شب نسبت به ضریب یکنواختی روز به طور متوسط ۲/۸۴٪ افزایش داشته است.
- ضرایب یکنواختی شب در ماههای غیر از فصل تابستان بیش از ضرایب یکنواختی روز همین دوره است. بنابراین برای بالا بردن یکنواختی توزیع در این زمانها می توان آبیاری شبانه را توصیه نمود. با وجود اختلاف قابل اغماض بین سرعتهای باد روز و شب در دهه های فصل تابستان، آبیاری شبانه در همین زمانها نیز به آبیاری در روز برتری دارد چرا که سرعت باد نمی تواند به تنهایی تعیین کننده زمان آبیاری باشد و با در نظر گرفتن عامل مهم دیگر در فصل گرم تابستان یعنی دما، آبیاری در ساعات شب به جهت کاهش تلفات تبخیر قابل توصیه می باشد.

## منابع

- بزانه، م. ۱۳۹۰. تعیین آرایش بهینه و یکنواختی پخش آبیاریها با کاربرد آبیاریهای ضربه ای تحت شرایط مختلف باد. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- کانونی، ا. و هادی زاده، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات باد بر یکنواختی الگوی پاشش آبیاری 155 VYR در آبیاری بارانی. مجموعه مقالات اولین سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، کرج، صص ۵۸۲-۵۶۹.

- Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 117 (2): 285-306.
- Tarjuelo, J.M., Montero, J., Valiente, M., Honrubia, F.T. and Ortiz, J. 1999 a. Irrigation uniformity with medium size sprinklers part I: characterization of water distribution in no-wind conditions, Transactions of ASAE, 42(3): 665-676.
- Tarjuelo, J.M., Montero, J., Valiente, M., Honrubia, F.T. and Ortiz, J. 1999 b. Irrigation uniformity with medium size sprinklers part II: influence of wind and other factors on water distribution, Transaction of ASAE, 42(3): 677-690.
- Tarjuelo, J.M., Ortega, J.F., Montero, J., and De Juan, J.A. 2000. Modeling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid conditions. Agricultural Water Management, 43: 263-284.
- Thomas, H.A. and Fiering, M.B., 1962. Mathematical synthesis of stream flow sequences for the analysis of river basins by simulation. In: Design of Water Resources, (Edited by Maass, A., Hufschmidt, M.M., Dorfman, R., Thomas, H.A., Marglin, S.A. and Fair, G.M.), Harvard University Press, Cambridge, MA, USA, 493 p.
- Trimmer, W.L. 1987. Sprinkler evaporation loss equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 113(4): 616-620.
- Yacoubi, S., Zayani, K., Zapata, N., Zairi, A., Slatni, A., Salvador, R. and Playan, E. 2010. Day and night time sprinkler irrigated tomato: Irrigation performance and crop yield. Biosystems Engineering, 107: 25-35.
- Yazar, A. 1984. Evaporation and wind drift losses from sprinkler irrigation system under various operating conditions. Agricultural Water Management, 8: 439-449.
- Yevjevich, V. 1972. Stochastic process in hydrology. Water Resources Publications, Fort Collins, CO, USA, 276 p.
- Zapata, N., Playan, E., Martinez-Cob, A., Sanchez, I., Faci, J.M. and Lecina, S. 2007. From on-farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. Agricultural Water Management, 87: 87-99.
- Kohl, K.D., Kolh, R.A. and De Boer, D.W. 1987. Measurement of low pressure sprinkler evaporation loss. Transactions of ASAE, 30: 1071-1074.
- Le Gat, Y. and Molle, B. 2000 a. Model of water application under pivot sprinkler. I: Theoretical Grounds. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 126(6): 343-347.
- Le Gat, Y. and Molle, B. 2000 b. Model of water application under pivot sprinkler. II: Calibration and results. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 126(6): 348-354.
- Moazed, H., Boroomand Nasab, S., Naseri, A. and Albaji, M. 2010. Effects of climatic and hydraulic parameters on water uniformity coefficient in solid set Systems. Journal of Applied Sciences, 10(16): 1792-1798.
- Pair, C.H. 1968. Water distribution under sprinkler irrigation. Transactions of ASAE, 11(5): 648-651.
- Playan, E., Garrido, S., Faci, J.M. and Gallan, A. 2004. Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation machine. Agricultural Water Management, 70: 177-199.
- Playan, E., Salvador, R., Faci, J.M., Zapata, N., Martinez-cob, A. and Sanchez, I. 2005. Day and night evaporation losses in solid-sets and moving laterals. Agricultural Water Management, 76: 139-159.
- Richards, P.J. and Weatherhead, E.K. 1993. Prediction of raingun application patterns in windy conditions. Journal of Agricultural Engineering Researches, 54(4): 281-291.
- Sanchez, I., Zapata, N., Faci, J.M. and Martinez-Cob, A. 2011. The spatial variability of the wind in a sprinkler irrigated district: Implications for irrigation management. Agricultural water management, 109: 65-76.
- Seginer, I. 1969. Wind variation and sprinkler water distribution. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 95(2): 261-274.
- Seginer, I., Kantz, D. and Nir, D. 1991 a. Disortation by wind of distribution patterns of sprinklers. Agricultural Water Management, 19: 341-359.
- Seginer, I., Nir, D. and Von Bernuth, D. 1991 b. Simulation of wind distorted sprinkler patterns.

## Analyzing the Day and Night Time Wind Characteristics and Their Effects on the Performance of Sprinkler Irrigation Systems

Yalda Seraj Rezaei<sup>1</sup>, Reza Delirhasannia<sup>2\*</sup>

Received: Nov.26, 2013

Accepted: May.7, 2014

### Abstract

In this study in order to investigate the effects of wind speed in the day and night time on the performance of five impact sprinklers in the growth season, the wind speed values were forecasted for three years ahead in Tabriz region using time series models and ARIMA(2,0,0)(0,1,1)<sub>24</sub> was detected as the appropriate model for both day and night time wind speed series. In the next step the water distribution patterns of three experimental sprinklers of IRRILINE IR30, VYR 35 and RAINBIRD 40B were overlapped in various shapes and spacing and water application uniformities were evaluated for each case and three different classes of wind speed (0-2, 2-4 and  $> 4 \text{ ms}^{-1}$ ) during growth season. Additionally, to simulate distribution patterns and coefficients of uniformity of two more sprinklers of MEGA RC 130H and VYR 70, Ador-Sprinkler software was applied in the different wind speeds and sprinklers spacing. The results showed that the difference between day and night time wind speeds is relatively significant in the spring months, while that is almost negligible in the summer. Generally, in the growth season, night time irrigation improves application uniformity up to 3.46% for experimental sprinklers in comparison with day time irrigation. For simulated sprinklers this value was calculated 2.84%, averagely. Regarding to the obtained results it can be stated that night time irrigation practice in the spring and summer months is recommended due to lower wind drift values and lower evaporation losses, respectively.

**Keywords:** Coefficient of Uniformity, distribution Pattern, impact sprinkler, time series, wind speed.

1- MS.c, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

(\*- Corresponding Author, Email: delearhassannia@yahoo.com)