

بررسی خصوصیات بارش‌های جوی به‌منظور استفاده‌های زراعی (مطالعه موردی دشت مشهد-چناران)

امین علیزاده^۱، آتنا روشنی^{۲*}، محمد بنایان^۳

چکیده

در تمامی مناطق کشاورزی تعیین پارامترهای فصل بارش از جمله تاریخ شروع بارش‌ها، تاریخ پایان فصل بارش و با تعیین تداوم دوره‌های خشکی بین بارندگی‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های روزانه بارش برای دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۴۰ ایستگاه اقلیم شناسی شهر مشهد برای بدست آوردن پارامترهای فوق استفاده شده است. تاریخ شروع بارش‌ها با استفاده از ۷ روش مختلف که تعدادی از آنها بر پایه مقدار بارش تجمعی و بعضی بر پایه روابط بین بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشند، محاسبه و در انتها یک روش ترکیبی با توجه به شرایط منطقه، برای محاسبه این پارامترها ارائه شده است. همچنین برای تمامی سالها برای هر روش چنانچه تاریخ شروع محاسبه شده بر اساس تعریف، اشتباه بوده آن سال مشخص شده است. تاریخ پایان فصل بارش نیز با ۲ فرضیه بررسی و سپس با توجه به تاریخ‌های شروع با فرضیه ترکیبی و تاریخ‌های پایان با روش دوم، طول فصل رویش معین شده که با توجه به این بررسی‌ها به طور متوسط شروع فصل بارش در مشهد ششم آذرماه است و طول دوره بارش ۱۸۵ روز خواهد بود. در انتها نیز اثر تغییر اقلیم بر تاریخ شروع و پایان فصل بارش و طول دوره بارندگی مورد بررسی قرار گرفته است که این بررسی نشان می‌دهد تغییر اقلیم تأثیر چندانی بر پارامترهای فصل بارش نداشته است.

واژه‌های کلیدی: شروع بارندگی، پایان بارندگی، طول فصل بارش، شروع اشتباه، تغییر اقلیم

مقدمه

تاریخ شروع بارندگی را می‌توان زمانی پس از آغاز سال آبی دانست که توزیع بارش‌ها به گونه‌ای باشد که شرایط برای رشد گیاه فراهم شود، در حالی که تاریخ خاتمه بارندگی‌ها دوره‌ای در انتهای فصل رویش است که توزیع بارش‌ها اجازه تداوم رشد گیاه را ندهد (odkunle, et.al 2005). فاصله زمانی بین تاریخ شروع و پایان بارش‌ها، طول فصل رویش یک منطقه نامیده می‌شود که محاسبه آن نیز یکی از مهم‌ترین پارامترهای مدیریت زراعی می‌باشد و مقدار محصول تولید شده ارتباط تنگاتنگی با این پارامتر دارد (Groten and Ocatre 2002). در بسیاری از مناطق به خصوص مناطق خشک و نیمه خشک، بارندگی نوسان زیادی داشته و معمولاً برخی از سالها بارش‌ها زود شروع می‌شوند اما در بعضی از سالها نیز شروع بارش‌ها بسیار دیر اتفاق می‌افتد. این نوسانات سالانه بارش‌ها تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت و انتخاب نوع گیاه را بسیار مشکل می‌کند. به طور کلی عملکرد محصولات، با دیر شروع شدن فصل بارش و همچنین با زود خاتمه یافتن بارندگی‌ها کاهش می‌یابد. همچنین دوره‌های خشکی طولانی در طول فصل رویش می‌توانند روند رشد و نمو گیاه را کند و یا متوقف کنند. بدین ترتیب تعیین به موقع تاریخ شروع بارندگی به خصوص در زراعت دیم بسیار حیاتی و مهم می‌باشد

امروزه تلاش تمامی کشاورزان بر آن است که محصول بیشتر و با کیفیت بالاتری تولید کنند. در این راستا بارندگی یکی از عوامل مهم و مؤثر در موفقیت یا عدم موفقیت تولید بخصوص در زراعت دیم می‌باشد. موفقیت عملیات کشاورزی از قبیل انتخاب نوع گیاه، رقم مناسب یا انجام برخی عملیات زراعی نیاز به داشتن اطلاعات کافی در مورد پارامترهایی از منطقه مورد نظر نظیر زمان شروع و خاتمه بارندگی‌ها، تعداد روزهای بارانی، طول دوره‌های خشکی و غیره دارد. در طول دوره رشد گیاه، اثرات کمبود آب بر میزان محصول در دو دوره محسوس تر می‌باشد. اولین دوره پس از کاشت گیاه و در زمان جوانه زنی است که یک دوره خشکی طولانی در این زمان می‌تواند باعث از بین رفتن گیاه شده و نیاز به کاشت مجدد بذر گردد. دومین دوره حساس زمان گلدهی گیاه می‌باشد که در این زمان کمبود آب، به شدت موجب کاهش میزان محصول می‌شود (Benoit., 1977).

۱- استاد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی سابق آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(* نویسنده مسئول: (Email: atenaroshani@yahoo.com)

۳- دانشیار، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(Mugalavi et al., 2008).

فرض نمودن وقوع خیلی زود تاریخ شروع بارش‌ها کاشت و تناوب رشد گیاه را در صورت وقوع دوره‌های خشکی طولانی‌تر در شروع سال آبی، با مشکل مواجه خواهد نمود زیرا بعد از تاریخ تعیین شده به عنوان تاریخ شروع فصل رویش، بارندگی‌ها باید از لحاظ مقدار و تناوب به گونه‌ای باشند که رطوبت کافی در خاک پس از کاشت وجود داشته باشد و این سطح رطوبت در بقیه فصل در همین حد باقی مانده و یا از آن بیشتر شود (odkunle et al., 2005). اگر چه کاشت زود هنگام و موفق معمولاً منجر به عملکرد بالاتر می‌شود اما ریسک مواجه شدن با کمبود آب در دوره‌های طولانی خشکی اوایل سال آبی را نیز در بر دارد. حال آنکه کاشت دیرتر این ریسک را کاهش می‌دهد اما میزان محصول نیز کمتر خواهد بود. (Benoit., 1977) امروزه تلاش کشاورزان بر این است که هر چه زودتر محصولات خود را تولید و روانه بازار کنند تا با قیمت بالاتری به فروش برسانند در این صورت باید با توجه به موارد مذکور، نوع گیاه و زمان کاشت و برداشت را با دقت انتخاب کنند. به همین دلیل است که انتخاب گیاه مناسب با داشتن اطلاعات کافی از این پارامترها دقیق‌تر خواهد بود. بعنوان مثال انتخاب گیاه باید به گونه‌ای باشد که دوره گلدهی آن با زمانی منطبق شود که بارندگی‌ها از نظر مقدار و پراکنندگی کافی و قابل اعتماد باشند.

تا کنون تعاریف بسیاری برای تاریخ شروع بارندگی ارائه شده است. در برخی از آنها از یک آستانه مشخص از مقدار بارندگی استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به والتز (۱۹۶۷) اشاره نمود که تاریخ شروع بارندگی را زمانی می‌داند که مقدار بارندگی تجمعی از زمانی که به عنوان شروع سال یا سال آبی مشخص شده است به ۵۰ میلی‌متر برسد. دیوی (۱۹۷۶) تاریخ شروع بارندگی را اولین روز از دوره ۱۰ روزه ای می‌داند که در آن ۲۰ میلی‌متر یا بیشتر بارندگی رخ داده باشد. ویرمانی (۱۹۷۵) تاریخ شروع بارندگی را آغاز هفته‌ای می‌داند که در ۱ یا ۲ روز متوالی مقدار بارش ۲۰ میلی‌متر یا بیشتر باشد با این شرط که در هفته بعد هم با احتمال بیشتر از ۷۰٪ حداقل ۱۰ میلی‌متر بارندگی رخ دهد (Stern et al., 1982).

در برخی از روش‌های دیگر از رابطه بین بارندگی و تبخیر - تعرق استفاده شده است. کوچم (۱۹۶۷) پیشنهاد می‌کند که آماده سازی خاک را زمانی می‌توان شروع کرد که مقدار تجمعی بارش از روز اول سال زراعی از ۱۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل تجمعی بیشتر شود و کاشت اکثر گیاهان را می‌توان زمانی آغاز کرد که مقدار تجمعی بارش از ۵۰٪ تبخیر - تعرق پتانسیل تجمعی بیشتر شود (Stern et al., 1982)، زیرا طبق نظر کووال (۱۹۷۳)، تبخیر - تعرق از یک زمین پس از جوانه زنی، ۵۰٪ تبخیر - تعرق پتانسیل می‌باشد و این مقدار از ۵۰٪ پس از جوانه زنی تا ۱۰۰٪ یا بیشتر در زمان گلدهی افزایش یافته و پس از آن دوباره تا زمان برداشت به ۵۰٪

کاهش می‌یابد (kowal et al., 1973). بینویت (۱۹۷۷) با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه تاریخ شروع بارندگی را زمانی می‌داند که مقدار بارندگی تجمعی بیشتر از ۵۰٪ تبخیر - تعرق پتانسیل تجمعی باشد به شرط آن که بلافاصله بعد از آن تاریخ، دوره خشکی ۵ روزه یا بیشتر رخ ندهد. فائو (۱۹۷۸) این تاریخ را زمانی می‌داند که مقدار بارندگی تجمعی بیشتر از ۵۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل تجمعی باشد (Mugalavi et al., 2008). روش‌های دیگری نیز با توجه به اهداف مختلف به کار گرفته شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

استرن (۱۹۸۰) مدلی را ارائه کرد که در آن برای بررسی رخداد یک روز بارانی از زنجیره مارکوف استفاده شده که در نتیجه احتمال بارانی بودن یک روز بستگی به خشک یا بارانی بودن روز قبل داشته و مقدار بارندگی با استفاده از توزیع گاما محاسبه می‌شود و در تحقیق دیگر (۱۹۸۱) از این تعریف برای تعیین شروع بارندگی استفاده نمود و شروع بارندگی را زمانی پس از اول ماه می‌داند که ۲۰ میلی‌متر بارندگی در ۲ روز متوالی بیبارد، به شرطی که در ۳۰ روز بعد دوره خشکی بیش از ۱۰ روز رخ ندهد (Stern et al., 1981). لینهام (۱۹۸۳) از تغییرات میزان رطوبت خاک برای تعیین فصل رویش در زیمبابوه استفاده کرد (Mugalavi et al., 2008). آدیکانل (۲۰۰۵) روشی را به نام درصد تجمعی میانگین بارندگی ارائه کرد. در این روش کل سال به بازه‌های ۵ روزه تقسیم و مقدار بارش در هر ۵ روز به صورت تجمعی محاسبه شد و برای تعیین درصد بارش در هر ۵ روز نسبت به بارش سالانه، این مقادیر بر مقدار بارندگی سالانه تقسیم شدند. تعداد روزهای بارانی نیز به صورت تجمعی با هم جمع شدند و با تقسیم بر کل تعداد روزهای بارانی سال درصد این تعداد از کل روزهای بارانی سال مشخص شد. در پایان این مقادیر نسبت به روزهای سال ترسیم و برای تعیین شروع و پایان بارندگی مورد استفاده قرار گرفتند (Odekunle., 2006).

روابط بین تاریخ شروع بارش‌ها و طول فصل بارش نیز برای کشاورزان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. سیواکومار (۱۹۸۸) نشان داد که تغییرات در تاریخ شروع بارندگی‌ها تأثیر زیادی بر تاریخ پایان بارندگی‌ها دارد و به طور کلی چگونگی فصل بارش بیشتر تحت تأثیر شروع بارش‌هاست تا تاریخ خاتمه بارندگی‌ها. طبق نظر او شروع بارندگی زمانی است که برای اولین بار بعد از اول ماه می بارندگی در ۲ یا ۳ روز متوالی از ۲۰ میلی‌متر تجاوز کند به شرطی که در ۳۰ روز بعد دوره خشکی بیشتر از ۷ روز رخ ندهد. در واقع با این شرط او از تعیین اشتباه تاریخ شروع بارندگی‌ها جلوگیری نموده است اما از آنجایی که در مشهد تناوب بیشتر باران‌های منطقه چند ساعته و یا حد اکثر یک روزه می‌باشد این روش در دشت مشهد کاربردی ندارد (Siva kumar., 1988).

تاریخ پایان بارندگی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و تعاریف زیادی برای آن نیز ارائه شده است. والتز (۱۹۶۷) و گرامزو و

میانگین افت سطح ایستابی در این دشت سالانه ۱/۴۷ متر باشد که خشکسالی های اخیر و مصرف بیشتر آب در بخش کشاورزی این عدد را به ۳/۰۴ متر و در برخی مناطق به بیشتر از ۷ متر رسانده است (علیزاده و کمالی ۱۳۸۱). هر چند به دلیل اقلیم خشک و بارش های کم و نا متوازن، تنها حدود ۳۵٪ اراضی منطقه تحت زراعت دیم می باشد اما همین سطح زراعت، منبع اصلی امرار معاش جمعیت قابل توجهی در منطقه است که در صورت از بین رفتن این نوع زراعت تعداد زیادی از کشاورزان و شاغلان این عرصه منبع اصلی درآمد خود را از دست داده و دچار بحران های اقتصادی خواهند شد. چنین شرایطی توجه به کشاورزی دیم در این منطقه را حائز اهمیت ساخته است و در نتیجه تعیین وضعیت شرایط فصل بارش نیز مهم و ضروری می شود. در این مطالعه از داده های بارندگی روزانه دشت مشهد حد فاصل سالهای ۱۳۸۷-۱۳۴۰ (طول جغرافیایی ۳۸° و ۵۹°، عرض جغرافیایی ۱۶° و ۳۶° و ارتفاع از سطح دریای آزاد ۹۸۵ متر) استفاده شده است. احتمال تجربی داده های بدست آمده از هر روش جهت مطالعه نکوی برآزش، از روش ویبول به منظور دستیابی به مناسب ترین نتیجه محاسبه شد (علیزاده و سرافراز ۱۳۶۶). برای برآزش داده ها از دو توزیع نرمال و لگاریتم نرمال استفاده شد و در هر مورد برآزش بهتر انتخاب شد.

تاریخ شروع بارندگی

در این تحقیق برای تعیین تاریخ شروع بارش ها ۷ روش انتخاب شدند که ۴ روش اول بر پایه مقدار بارندگی و ۲ روش بر پایه روابط تبخیر - تعرق بارندگی می باشد و روش آخر به عنوان یک روش نموداری است که در آن از تعداد روزهای بارانی استفاده شده است. غیر از روش نموداری در بقیه روش ها ابتدا برای تمام سالها تاریخ شروع تعیین و احتمال به روش ویبول برای آنها محاسبه شد و با استفاده از توزیع نرمال و لگاریتم نرمال اعداد پیش بینی برای این توزیع ها بدست آمد. در مرحله بعدی، برآزش بهتر انتخاب و با کمک همان برآزش، با احتمال های مختلف تاریخ های شروع پیش بینی شد که در جدول ۳ این نتایج ارائه شده است. در انتها با توجه به نتایج بدست آمده از روش های فوق و مقایسه آنها با عملکرد گندم دیم در منطقه مدلی ترکیبی ارائه گردید که نتایج بهتری را نسبت به دیگر روش ها ارائه می دهد همچنین برای بررسی دقیق تر تاریخ شروع میانگین پیشنهادی از این روش، این تاریخ با روش های دیگری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش اول

در این روش، تاریخ شروع بارندگی اولین روز از دوره ۱۰ روزه ای است که در آن جمع بارندگی حداقل به ۱۵ میلی متر برسد (علیزاده و

هنری ۱۹۷۲) از یک آستانه برای تعیین این فاکتور استفاده کرده اند (Stern et al., 1982). برخی دیگر از محققان از رخدادهای یک دوره خشکی طولانی بعد از یک تاریخ مشخص استفاده کرده اند برای مثال علیزاده (۱۳۶۷) تاریخ پایان بارندگی را زمانی پس از اول فروردین می داند که بعد از آن طول دوره خشکی از ۲۰ روز تجاوز کند (۱). در روش های قبل، از اندازه گیری مقدار بارش استفاده می شد. استرن (۱۹۸۱) در یک روش دیگر مقدار آب خاک در هر روز را با کمک مقدار ذخیره آب در روز قبل و میزان تبخیر و مقدار بارندگی آن روز اندازه گیری کرد و از روی تغییرات این فاکتور تاریخ پایان بارندگی مشخص نمود (Stern et al., 1982). ادیکانل (۲۰۰۴) به روش هایی برای تعیین و پیش بینی تاریخ شروع و پایان بارندگی اشاره نموده است که در آنها از تغییرات توده های هوای مختلف در منطقه غرب آفریقا و یا اندازه گیری مقادیر میانگین روزانه فشار سطحی، دما و رطوبت برای تعیین این پارامترها استفاده کرده اند (odkunle., et al 2005).

برای بررسی قابل اطمینان بودن نتایج حاصل از هر کدام از روش ها، آزمون تعیین شروع صحیح یا اشتباه فصل بارش نیز صورت می گیرد. سیواکومار (۱۹۸۸) تاریخ تعیین شده با هر روش را زمانی اشتباه می داند که در ۳۰ روز پس از تاریخ محاسبه شده، دوره خشکی بیشتر از ۷ روز رخ دهد (Siva kumar., 1988).

هدف از انجام این تحقیق تعیین شروع و پایان بارش ها و همچنین طول فصل رشد در منطقه دشت مشهد با استفاده از داده های دراز مدت روزانه اقلیمی (سالهای ۱۳۸۷-۱۳۴۰) می باشد. به منظور تعیین اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر خصوصیات محاسبه شده فصل رشد نیز، از اطلاعات اقلیمی ۱۰ سال اخیر در مقایسه با ۳۷ سال قبل از آن استفاده شده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

مشهد بزرگترین و پر جمعیت ترین شهرستان شمال شرق ایران است که در منطقه ای نیمه خشک واقع شده و نزدیک به ۴۰٪ جمعیت استان خراسان در این دشت ساکن هستند. میانگین بارندگی سالانه مشهد ۲۴۶ میلی متر و تداوم بارش ها در این منطقه عموماً یک روزه می باشد. رشد سریع جمعیت و افزایش نیاز به محصولات کشاورزی مسئله کم آبی را به یکی از مسائل جدی منطقه تبدیل نموده است. هر چند در حال حاضر تنها ۷۵٪ منابع آب منطقه در آبیاری محصولات زراعی و باغی مورد استفاده قرار می گیرد، اما همین مقدار نیز نسبت به پتانسیل آبی دشت بسیار زیاد است به طوری که مازاد برداشت سالانه آب از منابع غیر قابل تجدید دشت مشهد به بیش از ۱۳۶ میلیون متر مکعب می رسد. این امر سبب شده که

روش پنجم

این روش بر پایه روش بینویت می‌باشد (Benoit., 1977) با این تفاوت که با توجه به اختلاف زیاد رژیم بارندگی‌ها و طول دوره‌های خشکی بعد از آنها در مشهد با مناطق آفریقایی مورد مطالعه بینویت، (Benoit., 1977) زمانی فصل بارش شروع می‌شود که مقدار بارندگی تجمعی از ۲۵٪ تبخیر و تعرق پتانسیل تجمعی بیشتر شود. همچنین شرط رخ ندادن دوره خشکی بیشتر از ۵ روز بلافاصله بعد از این تاریخ در روش بینویت به رخ ندادن دوره خشکی بیشتر از ۸ روز تغییر کرد. بنابراین در این روش زمان شروع بارندگی روزی است که:

$$\sum (R - 1/4ETO) > 0 \quad (3)$$

که در آن R مقدار بارندگی تجمعی و ETO مقدار تجمعی تبخیر - تعرق پتانسیل تا آن روز است. البته به شرطی که بلافاصله بعد از آن تاریخ دوره خشکی بیشتر از ۸ روز نداشته باشیم. در این روش تبخیر - تعرق پتانسیل با فرمول پنمن - مانیتس محاسبه شد (علیزاده ۱۳۸۵). طبق نظر بینویت توزیع نرمال برازش بهتری در این روش دارد (Benoit., 1977)، بنابراین در این روش تنها از توزیع نرمال استفاده شد.

روش ششم

این روش بر اساس روش کووال (۱۹۷۲) است که در آن تاریخ شروع بارندگی روز ششم از دوره‌ی ۱۰ روزه ای است که برای اولین بار بارندگی به ۲۵ میلی متر برسد و در ۱۰ روز بعد مجموع بارش‌ها از ۵۰٪ مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل بیشتر باشد (Ati., 2002). مانند روش‌های قبل برای تطابق روش با اقلیم مشهد تغییراتی در آن داده شده و طبق آن تاریخ شروع بارندگی روز اول از دوره ۱۰ روزه ای است که جمع بارندگی در آن به ۱۵ میلی متر یا بیشتر برسد و مجموع بارندگی در ۱۵ روز بعد از ۱/۴ برابر تبخیر - تعرق پتانسیل بیشتر باشد. در این روش نیز برازش بهتر انتخاب گردید (جدول ۲).

روش هفتم

در این روش ابتدا هر ۵ روز از اول مهر مقدار بارندگی مشخص می‌شود و این مقادیر با هم به صورت تجمعی جمع شده و بر مقدار بارندگی سالانه تقسیم می‌شوند تا درصدی از بارندگی سالانه که در هر ۵ روز باریده است، بدست آید. سپس این مقادیر در نموداری نسبت به روزهای سال رسم می‌شود تا شکلی مشابه نمودار ۱ حاصل شود. همچنین برای روزهای بارانی نیز همین مراحل انجام می‌شود تا مشخص شود در هر ۵ روز چند روز بارانی بوده و این تعداد چه درصدی از کل روزهای بارانی سال می‌باشد (Odekunle., 2006). در این روش روز بارانی به روزی اطلاق می‌شود که در آن بارندگی بیشتر از ۰/۱ میلی متر باشد. نتایج نشان می‌دهند که در یک دوره

سرافراز (۱۳۶۶). نتایج بدست آمده از این روش با دو توزیع نرمال و لگاریتم نرمال برازش داده شدند و توزیعی که برازش بهتری داشت انتخاب شد و با کمک آن تاریخ شروع با احتمال‌های مختلف بدست آمد (جدول ۲).

روش دوم

در این روش تاریخ شروع بارندگی اولین روز بعد از تاریخ اول مهر در نظر گرفته شده است که جمع بارندگی تا آن روز به ۲۵ میلی متر یا بیشتر برسد (علیزاده و سرافراز ۱۳۶۶). برای این روش نیز برازش بهتر انتخاب شد و احتمال‌های مختلف تاریخ شروع بدست آمد (جدول ۲).

روش سوم

در این روش تاریخ شروع بارش‌ها اولین روز بعد از اول مهر است که بارندگی به حداقل ۲۰ میلی متر برسد به شرط آن که فاصله تا بارندگی بعدی کمتر از ۱۵ روز باشد (علیزاده و سرافراز ۱۳۶۶). سپس احتمال‌های مختلف شروع با بهترین برازش بدست آمد (جدول ۲).

روش چهارم

این روش بر پایه روش والتر (۱۹۶۷) می‌باشد. در این روش والتر اولین ماهی که در آن جمع بارندگی به ۵۰/۸ میلی متر برسد را اولین ماه با بارش‌های قابل اطمینان دانسته و آن را با نماد M نشان می‌دهد و تاریخ شروع بارندگی را با نماد OD نشان می‌دهد که از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$OD = D(50.8 - F) / R \quad (1)$$

که در آن F مجموع بارندگی ماه‌های قبل از ماه M، R بارندگی در ماه M و D تعداد روزهای با بارندگی مؤثر در ماه M است (Ati et al., 2002). میزان بارندگی مؤثر بسته به شرایط اقلیمی هر منطقه انتخاب می‌شود. برای تطابق فرمول با اقلیم مشهد همانند آلمان (۱۹۸۳) که تغییراتی برای تطابق بیشتر فرمول با مناطق مختلف داد، با توجه به میزان بارندگی سالانه در این منطقه عدد ۵۰/۸ میلی متر به ۱۵ میلی متر تغییر داده شد و فرمول زیر بدست آمد:

$$OD = D(15 - F) / R \quad (2)$$

که در آن M اولین ماه بعد از اول مهر است که در آن جمع بارندگی به ۱۵ میلی متر برسد و F مجموع بارندگی ماه‌های قبل از ماه M، R بارندگی در ماه M و D تعداد روزهای با بارندگی مؤثر (روزی که بارندگی بیشتر از ۰/۱ میلی متر باشد) در ماه M است. در بین برازش‌ها برای این روش نیز برازش مناسب‌تر انتخاب شد و نتایج لازم استخراج شدند (جدول ۲).

شدند(جدول ۴).

طول فصل بارش

طول فصل بارش نیز یکی از پارامترها تأثیر گذار بر انتخاب نوع گیاه در منطقه می باشد. برای تعیین طول فصل بارش ابتدا از روش های تعیین تاریخ شروع و پایان بارندگی یکی انتخاب و با نتایج بدست آمده از آنها طول دوره بارش، برای هر سال مشخص شد. سپس مانند روش های قبل با ۲ توزیع نرمال و لگاریتم نرمال برازش داده شد و طول دوره بارش با احتمال های مختلف با استفاده از توزیع انتخابی بدست آمد (جدول ۶).

تغییر اقلیم و پارامترهای فصل بارش

در این بخش دوره آماری به دو قسمت تقسیم شد، یک دوره از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۷ و دوره بعدی از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ می باشد. سپس برای هر دو دوره، جداگانه تمامی پارامترها محاسبه شدند و با توزیع های انتخاب شده برای هر پارامتر برازش داده شدند و با کمک این برازش ها احتمال های مختلف وقوع آنها بدست آمد(جدول ۹). پس از آن با بررسی تغییرات ایجاد شده در هر پارامتر در ۳۷ سال اول نسبت به ۱۰ سال اخیر میزان تاثیر تغییر اقلیم بر هر فاکتور تعیین شد.

نتایج و بحث

شروع بارندگی

تمامی روش های تعیین شروع بارندگی با توزیع نرمال برازش بهتری داشتند. نتایج بدست آمده از برازش نرمال در ۶ روش اول در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نمودار ۱، که برای روش هفتم ترسیم شده، نتایج جدول ۱ استخراج شده اند. طبق این جدول با استفاده از نمودار مقدار بارش و همچنین با استفاده از نمودار تعداد روزهای بارانی، تاریخ شروع فصل بارش ۶۵ روز بعد از اول مهر ماه است. همچنین با توجه به نمودار تعداد روزهای بارانی فصل بارش ۲۳۵ روز پس از اول مهر خاتمه خواهد یافت.

به طور کلی با توجه به نتایج جدول ۲ و نتایج بدست آمده برای هر سال، روش چهارم زودترین و روش های پنجم و ششم دیرترین تاریخ های شروع را نسبت به دیگر روش ها می دهند. متوسط تاریخ شروع بارندگی در بیشتر روش ها بین ۷۰ تا ۸۰ روز بعد از اول مهر ماه است.

آزمون شروع اشتباه

نتایج بدست آمده از بررسی آزمون تعیین شروع اشتباه در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این نتایج روش چهارم که زودترین تاریخ شروع میانگین را می دهد، بیشترین شروع اشتباه نسبت به

طولانی نمودار حاصل از مقدار بارندگی همپوشانی خوبی با نمودار حاصل از تعداد روزهای بارانی دارد اما در بررسی هر سال بطور جداگانه نتایج حاصل از بررسی روزهای بارانی نتایج بهتر و منطقی تری را ارائه می دهد (Odekunle., 2006). پس از رسم نمودارهای فوق برای تعیین شروع بارندگی اولین نقطه ای در نمودار که شیب منحنی تغییر زیادی داشته و نسبت به قبل مثبت تر می شود نشان دهنده شروع بارندگی است که این نقطه حدوداً در ۴٪ تا ۸٪ مقدار بارندگی (تعداد روزهای بارانی) رخ می دهد. از آن نقطه به بعد شیب زیادتر می شود تا زمانی که شیب شروع به کاهش می کند که این نقطه نیز نشان دهنده پایان بارندگی ها بود و حدوداً در نقطه ۸۵٪ تا ۹۰٪ رخ می دهد. از مزایای این روش این است که هم شروع و هم خاتمه بارش ها را نشان می دهد. با توجه به نمودار ۱، نتایج جدول ۱ استخراج شده اند.

آزمون تعیین شروع اشتباه فصل بارش

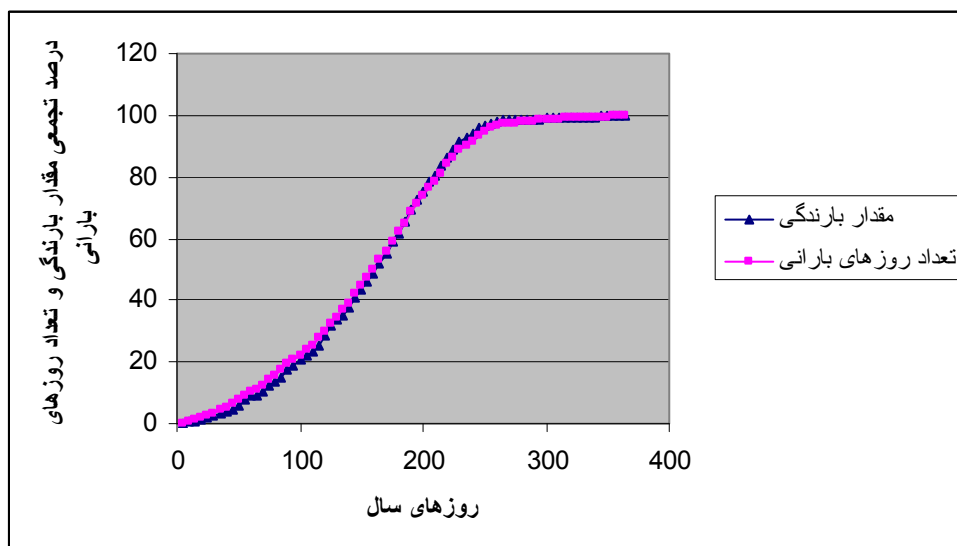
در این تحقیق با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، زمانی تاریخ شروع تعیین شده، اشتباه به حساب می آید که در ۳۰ روز بعد از این تاریخ دوره خشکی بیشتر از ۱۵ روز وجود داشته باشد. برای ۶ روش اول و روش ترکیبی تاریخ های شروع اشتباه هم با استفاده از تاریخ شروع واقعی و هم با استفاده از تاریخ شروع میانگین معین شده اند. در صورتی که در روش نموداری تنها با مقایسه با تاریخ شروع میانگین، شروع اشتباه تعیین شده است (جدول ۳).

پایان بارندگی

تاریخ پایان بارش ها نیز یکی از پارامترهای مهم فصل رویش است، البته اهمیت آن از تاریخ شروع کمتر می باشد. طبق نظر سیواکومار (۱۹۸۸) خصوصیات فصل بارش مانند طول فصل بارش بیشتر متأثر از تاریخ شروع بارش ها است تا پایان بارندگی (Siva Kumar., 1988). در این تحقیق از ۲ روش برای تعیین پایان بارندگی ها در دشت مشهد استفاده شد. روش اول که بر اساس روش آدیکانل (۲۰۰۶) می باشد و در بخش شروع بارندگی توصیف شد و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است (Siva Kumar., 1988). در روش دوم، از وقوع یک دوره خشکی با تداوم مشخص بعد از تاریخ معینی استفاده شده است. طبق این تعریف پایان بارش ها به اولین تاریخ پس از اول فروردین اطلاق می شود که بعد از آن طول دوره خشکی از ۲۰ روز تجاوز کند (علیزاده و سرافراز ۱۳۶۶). سپس مانند تعیین تاریخ های شروع، بعد از محاسبه تاریخ پایان برای هر سال، احتمال ویبول برای آنها حساب شد و با کمک نرم افزار SMADA، با ۲ توزیع نرمال و لگاریتم نرمال برازش داده شد و با استفاده از برازش بهتر، با احتمال های مختلف تاریخ های پایان پیش بینی

اشتباه در نظر گرفته شده است و در روش اول نیز از آنجایی که بارندگی در یک دوره ۱۰ روزه در نظر گرفته شده احتمال وقوع ۱۵ روز خشکی کاهش می‌یابد. بیشترین اشتباه نیز برای روش چهارم ثبت گردیده که زودترین تاریخ شروع را می‌دهد.

میانگین را نیز دارد. بعد از روش چهارم، روش ششم خطای بیشتری داشته و روش دوم و پنجم کمترین خطا را دارا هستند. البته بقیه اعداد بسیار به هم نزدیک می‌باشند. در بررسی تاریخ شروع غلط با استفاده از تاریخ‌های شروع واقعی، روش ششم و بعد از آن روش اول کمترین خطا را داشتند، زیرا در تعریف روش ششم به نوعی تعریف شروع



(نمودار ۱) - درصد تجمعی مقدار بارندگی و تعداد روزهای بارانی در هر ۵ روز برای دوره زمانی ۱۳۴۰-۱۳۸۷ (مبدأ اول مهر ماه است)

(جدول ۱) - متوسط تاریخ شروع و پایان بارندگی با روش هفتم با استفاده از مقادیر بارش و تعداد روزهای بارانی (مبدأ اول مهر است)

| درصد از کل روزهای بارانی تا این روز | با استفاده از تعداد روزهای بارانی | درصد از کل مقدار بارش تا این روز | با استفاده از مقدار بارش |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| ٪۱۰.۷ | ۶۵ | ٪۹.۳ | ۶۵ |
| ٪۸۹.۹ | ۲۳۵ | ٪۹۱.۳ | ۲۳۰ |

(جدول ۲) - پیش‌بینی شروع بارندگی با احتمالهای مختلف با ۷ روش (مبدأ اول مهر است)

| احتمال | ۰.۰۱ | ۰.۰۵ | ۰.۱۰ | ۰.۲۰ | ۰.۳۰ | ۰.۴۰ | ۰.۵۰ | ۰.۶۰ | ۰.۷۰ | ۰.۸۰ | ۰.۹۰ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| اول | --- | ۲ | ۱۸ | ۳۵ | ۴۹ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۱ | ۹۲ | ۱۰۵ | ۱۲۲ | ۱۳۸ | ۱۶۷ |
| دوم | --- | --- | ۳۲ | ۴۱ | ۵۳ | ۶۱ | ۶۹ | ۷۵ | ۸۲ | ۹۰ | ۹۸ | ۱۱۰ | ۱۳۷ |
| سوم | --- | --- | --- | ۳۹ | ۴۹ | ۵۷ | ۶۴ | ۷۰ | ۷۶ | ۸۳ | ۹۱ | ۱۰۲ | ۱۲۸ |
| چهارم | --- | --- | --- | ۱۵ | ۲۵ | ۳۳ | ۳۹ | ۴۵ | ۵۱ | ۵۸ | ۶۶ | ۷۶ | ۸۵ |
| پنجم | --- | --- | --- | ۵ | ۲۱ | ۴۰ | ۵۴ | ۶۶ | ۷۹ | ۸۸ | ۱۰۰ | ۱۱۴ | ۱۵۰ |
| ششم | --- | --- | --- | ۷ | ۲۳ | ۴۲ | ۵۶ | ۶۸ | ۷۸ | ۹۰ | ۱۰۲ | ۱۱۵ | ۱۵۰ |
| ترکیبی | --- | --- | --- | ۱ | ۱۴ | ۳۰ | ۴۵ | ۵۶ | ۶۷ | ۷۸ | ۸۸ | ۱۰۳ | ۱۳۵ |

اعداد نوشته شده در جلوی هر روش روز شروع بارندگی هستند

(جدول ۳) - درصد سالهایی که تاریخ شروع میانگین و واقعی در آنها اشتباه محاسبه شده اند.

| روش | اول | دوم | سوم | چهارم | پنجم | ششم | هفتم | ترکیبی |
|--|------|------|------|-------|------|------|------|--------|
| تاریخ شروع میانگین | ۷۰ | ۷۵ | ۷۰ | ۴۵ | ۷۹ | ۷۷ | ۶۵ | ۶۷ |
| درصد شروع اشتباه با میانگین تاریخ شروع | ۲۷.۶ | ۲۵.۵ | ۲۷.۶ | ۴۰.۵ | ۲۵.۵ | ۳۱.۹ | ۲۹.۷ | ۲۵.۵ |
| درصد شروع اشتباه با شروع واقعی | ۸.۵ | ۲۳.۴ | ۲۱.۲ | ۲۵.۵ | ۱۴.۸ | ۶.۴ | --- | ۱۴.۹ |

(جدول ۴) - پیش بینی پایان فصل بارش با احتمال های مختلف با استفاده از روش دوم (مبدأ روز اول فروردین است)

| احتمال | ۰.۰۱ | ۰.۰۵ | ۰.۱۰ | ۰.۲۰ | ۰.۳۰ | ۰.۴۰ | ۰.۵۰ | ۰.۶۰ | ۰.۷۰ | ۰.۸۰ | ۰.۹۰ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| پایان بارندگی | ۴۸ | ۵۲ | ۵۸ | ۶۱ | ۶۴ | ۶۸ | ۷۲ | ۷۶ | ۸۰ | ۸۵ | ۹۰ | ۹۸ | ۱۱۰ |

پایان بارندگی

بر اساس نتایج بدست آمده از روش اول که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شد، تاریخ پایان بارندگی ها در منطقه، ۲۳۵ روز بعد از اول مهر ماه یا به عبارتی ۲۵ اردیبهشت خواهد بود. نتایج بدست آمده از برازش توزیع لگاریتم نرمال که برازش بهتری نسبت به توزیع نرمال داشت، برای روش دوم، در جدول ۴ ارائه شده است. طبق این نتایج، تاریخ بدست می آید. همچنین با احتمال ۵۰٪ بارش ها در ۱۰ خرداد خاتمه خواهند یافت.

ارائه یک روش ترکیبی و محاسبه طول فصل بارش

همان طور که در قبل اشاره شد برای محاسبه طول فصل بارش ابتدا باید برای تعیین شروع و پایان بارندگی از روش های ذکر شده، روش مناسب تر انتخاب شود. برای تعیین پایان بارندگی از روش دوم استفاده شد زیرا این روش برازش بسیار خوبی با توزیع لگاریتم نرمال دارد و از آنجایی که در روش ادیکانل انتخاب نقطه شروع و پایان چشمی است، بنابراین میزان خطای روش دوم در تعیین تاریخ پایان بارندگی بسیار کمتر از ادیکانل می باشد. در انتخاب روش تعیین شروع بارش ها روش چهارم و هفتم حذف شدند و طول دوره بارش برای هر سال با پنج روش دیگر محاسبه شد.

به منظور ارزیابی نتایج، عملکرد گندم در یک دوره آماری ۱۲ ساله (از سال زراعی ۶۳-۶۲ تا سال ۸۵-۸۴) در دشت مشهد، با طول دوره رشد بدست آمده از روش های مختلف مقایسه شد. برای مقایسه ابتدا بیشترین عملکرد در این دوره آماری ۱۰۰٪ در نظر گرفته شد و درصد عملکرد سالهای دیگر نسبت به آن محاسبه شد. پس از آن سالهایی که عملکرد کمتر از ۳۵٪ بود به عنوان سالهای با عملکرد پایین و سالهایی که عملکرد بالای ۶۵٪ بود سالهای با عملکرد بالا در نظر گرفته شد. در مرحله بعد مشخص شد در سالهای با عملکرد

پایین کدام روش کوتاهترین طول دوره رشد و در سالهای با عملکرد بالا کدام روش بیشترین طول دوره رشد را می دهد. به طور کلی روشی را می توان مناسب قلمداد کرد که هم در سالهای با عملکرد پایین طول دوره بارشی که می دهد کم باشد و هم در سالهایی که عملکرد بالاست طول دوره بارش آن زیاد باشد. اما با توجه به نتایجی که از این بررسی بدست آمد (جدول ۵) هیچکدام از روش های فوق به تنهایی نتایج رضایت بخشی نداشتند. به عنوان مثال روش اول در هر شش سال که عملکرد بالا بود، بیشترین طول دوره رشد را داشت، ولی از چهار سال با عملکرد پایین، تنها یک سال کمترین طول فصل بارش را داشت. لذا این روش تنها برای سالهایی کارایی دارد که فصل رشد طولانی باشد. از طرفی روش پنجم در هیچکدام از سالها با عملکرد بالا، طولانی ترین دوره رشد را نداشت، ولی در سه سال از چهار سال با عملکرد پایین، کوتاهترین طول دوره رشد را داشت. از طرف دیگر تعاریف روش های فوق نیز خیلی کامل نیستند از جمله در تعریف برخی از آنها هیچ اشاره ای به تعیین شروع اشتباه نشده و تنها تعاریف بسیار ساده ای هستند که برای امور معمولی می توان از آنها استفاده نمود (مانند روش دوم). برخی از تعاریف نیز که کامل تر می باشند و احتمال تعیین شروع اشتباه در آنها کمتر است نظیر روش ششم، برای بعضی از سالها شروع های بسیار دیری را می دهند که منطقی نبوده و برای کشاورز کارایی ندارد. با توجه به دلایل فوق در اینجا روش دیگری ارائه شده است که سعی شده در آن نقایص ذکر شده بر طرف شود و بتوان با کمک آن در هر سال با توجه به بارش های روزانه، به کشاورز تاریخ شروع فصل بارش را با اطمینان بیشتری اعلام نمود به طوری که خیلی دیر نبوده و همچنین احتمال این که اشتباه بر آورد شده باشد نیز کم باشد. این روش بر اساس روش های اول و پنجم می باشد. در این روش تاریخ شروع بارندگی اولین روز از دوره ۱۰ روزه ای است که در آن جمع بارندگی به حداقل ۱۵ میلی متر برسد.

(جدول ۵) - طول دوره بارش با شش روش در سالهای با عملکرد پایین تر از ۳۵٪ و بالاتر از ۶۵٪ در سالهای زراعی ۶۲-۶۳ تا ۸۴-۸۵

| سال زراعی | عملکرد گندم kg/ha | درصد عملکرد | روش ۱ | روش ۲ | روش ۳ | روش ۵ | روش ۶ | روش ترکیبی |
|-----------|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| ۶۲-۶۳ | ۱۶۰ | ۲۰.۱ | ۷۹ | ۱۴۶ | ۱۴۹ | ۱۱۶ | ۷۹ | ۱۱۶ |
| ۶۳-۶۴ | ۱۴۰ | ۱۷.۶ | ۱۹۷ | ۱۷۴ | ۱۸۸ | ۱۷۳ | ۱۹۷ | ۱۹۷ |
| ۶۹-۷۰ | ۶۲۵ | ۷۸.۷ | ۱۶۸ | ۱۶۷ | ۱۶۷ | ۱۵۹ | ۱۶۸ | ۱۶۸ |
| ۷۰-۷۱ | ۶۰۰ | ۷۵.۵ | ۲۶۳ | ۱۸۲ | ۱۸۹ | ۲۵۲ | ۱۹۰ | ۲۶۳ |
| ۷۱-۷۲ | ۷۹۴.۳۹ | ۱۰۰ | ۱۹۱ | ۱۷۸ | ۱۸۲ | ۱۷۷ | ۱۹۱ | ۱۹۱ |
| ۷۳-۷۴ | ۶۴۶.۶۷ | ۸۱.۴ | ۲۱۴ | ۲۱۵ | ۲۱۵ | ۲۰۵ | ۲۱۴ | ۲۱۴ |
| ۷۴-۷۵ | ۲۷۸.۰۸ | ۳۵.۱ | ۱۲۶ | ۱۴۶ | ۱۶۰ | ۱۱۷ | ۱۲۶ | ۱۱۷ |
| ۷۸-۷۹ | ۱۶۴.۸۶ | ۲۰.۷ | ۸۸ | ۱۰۱ | ۱۲۳ | ۷۹ | ۸۸ | ۷۹ |
| ۸۲-۸۳ | ۶۴۹.۵۲ | ۸۱.۷ | ۲۰۷ | ۱۹۸ | ۱۹۸ | ۱۹۸ | ۲۰۳ | ۲۰۷ |
| ۸۳-۸۴ | ۶۰۰ | ۷۵.۵ | ۲۰۲ | ۱۷۸ | ۱۹۷ | ۱۷۷ | ۲۰۲ | ۲۰۲ |

(جدول ۶) - پیش بینی طول دوره بارش با احتمالات مختلف با استفاده از روش ترکیبی

| احتمال | ۰.۰۱ | ۰.۰۵ | ۰.۱۰ | ۰.۲۰ | ۰.۳۰ | ۰.۴۰ | ۰.۵۰ | ۰.۶۰ | ۰.۷۰ | ۰.۸۰ | ۰.۹۰ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| طول دوره | ۲۶۵ | ۲۴۵ | ۲۳۷ | ۲۲۵ | ۲۰۹ | ۱۹۷ | ۱۸۵ | ۱۷۴ | ۱۶۴ | ۱۴۵ | ۱۲۱ | ۱۰۰ | ۴۷ |

انتها طول دوره بارش با احتمال‌های مختلف محاسبه شد که در جدول ۶ این احتمالات ارائه شده است. با توجه به این نتایج به طور متوسط طول فصل بارش در مشهد ۱۸۵ روز می‌باشد.

ارزیابی مجدد تاریخ شروع پیشنهادی با روش ترکیبی

به منظور حصول اطمینان از تاریخ شروع بدست آمده با روش ترکیبی، این تاریخ با روش دیگری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت که در آن از تبخیر و تعرق نسبی به عنوان یک نمایه برای بیان کفایت آب خاک در هر روز استفاده شد. این نمایه با مقدار محصول تولید شده رابطه ای تنگاتنگ دارد و از تقسیم تبخیر و تعرق واقعی بر تبخیر و تعرق پتانسیل هر گیاه بدست می‌آید و مقدار آن بین ۰ تا ۱ است. چنانچه میانگین این نمایه در ۳۰ روز پس از تاریخ شروع تعیین شده کمتر از ۰.۳۵ باشد، این تاریخ به عنوان تاریخ شروع اشتباه در نظر گرفته می‌شود (Raes et al., 2004). برای محاسبه این نمایه، با داشتن مقادیر حجم آب خاک در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگی دائم (PWP) که به ترتیب در مشهد ۳۰٪ و ۱۵٪ می‌باشند، میزان کل آب در دسترس گیاه (TAW) در ۰.۲۵ متر از پروفیل خاک که تقریباً دو برابر عمق کاشت است، محاسبه شد (فرمول ۴) و با در نظر گرفتن گندم به عنوان کشت اصلی دیم در منطقه، ضریب گیاهی (Kc) برابر ۰.۷ و ضریب تخلیه (P) برابر ۰.۶۵ از جداول و نمودارهای ارائه شده در فائو-۵۶ استخراج شدند (Allen et al., 1988). سپس با داشتن میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (ETO) در روزهای پس از

اما اگر تا روز هشتاد (پس از اول مهر ماه) از این روش نتیجه ای حاصل نشد (در اصل اگر روز هفتاد بخواید روز اول از دوره ۱۰ روزه باشد، باید تا روز هشتاد، بارندگی‌ها بررسی شوند) بررسی خواهد شد که تا چه روزی مقدار بارندگی تجمعی از اول مهر ماه از ۲۵٪ مقدار تجمعی تبخیر و تعرق پتانسیل بیشتر شده یا خواهد شد به شرطی که بلافاصله بعد از این تاریخ دوره خشکی بیشتر از ۸ روز رخ ندهد. روز هفتاد که به عنوان معیار در این روش استفاده شده متوسط تاریخ‌های شروع میانگین از هفت روش قبل می‌باشد. سپس با این روش نیز مانند روش‌های قبل تاریخ شروع برای هر سال مشخص و با دو توزیع برازش داده شد که برازش نرمال آن بهتر بود. تاریخ شروع با احتمالات مختلف نیز در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین آزمون تعیین شروع اشتباه برای این روش نیز بررسی و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است که با توجه به این جدول در ۲۵/۵٪ سالها با توجه به تاریخ شروع میانگین، و در ۱۴/۹٪ از سالها با توجه به تاریخ‌های شروع واقعی، تاریخ شروع اشتباه محاسبه شده است که این درصدها نسبت به دیگر روش‌ها خوب و قابل قبول هستند. همچنین این روش در تمام سالهای با عملکرد بالا طولانی‌ترین دوره رشد و در ۲ سال از ۴ سال با عملکرد پایین، کوتاهترین طول دوره رشد را داشته است.

با توجه به نتایج بالا روش ترکیبی برای تعیین شروع فصل بارش انتخاب شد و طول فصل بارش با کمک آن برای تمام سالها بدست آمد. سپس مانند روش‌های قبل با ۲ توزیع نرمال و لگاریتم نرمال برازش داده شد و برازش لگاریتم نرمال که بهتر بود انتخاب شد. در

منطقه بکند. با توجه به نتایج جدول ۷ که از بررسی پارامترهای فصل بارش در ۱۰ سال اخیر و در ۳۷ سال قبل از آن بدست آمده است مشاهده می شود که تاریخ پایان بارش ها در ۱۰ سال اخیر تفاوت چندانی با ۳۷ سال قبل ندارد. متوسط شروع بارش ها در ۱۰ سال اخیر شش روز دیرتر رخ داده است اما طول فصل رویش در این ۱۰ سال به طور متوسط نه روز بیشتر از ۳۷ سال قبل از آن می باشد که این تغییرات اندک نشان می دهد که تغییر اقلیم اثر چندانی بر خصوصیات فصل بارش نداشته است.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق هفت روش برای تعیین شروع فصل بارش در دشت مشهد بررسی شدند. با مقایسه طول دوره بارش از روش های اول، دوم، سوم، پنجم و ششم با عملکرد گندم دیم در سالهایی که عملکرد پایین تر از ۳۵٪ و سالهایی که بالاتر از ۶۵٪ بود به این نتیجه رسیدیم که طول دوره رشد ارائه شده با هیچکدام از روشهای فوق به طور همزمان با شرایط عملکرد پایین و بالا مطابقت ندارد و بعضی از آنها نظیر روش اول و ششم تنها در سالهایی که عملکرد بالاست دارای نتایج رضایت بخشی هستند. نتایج بعضی دیگر نظیر روش پنجم تنها بر سالهایی با عملکرد بالا مطابقت بهتری داشت. سایر روشها نیز عموماً یک طول دوره متوسط را داشتند و انعطاف پذیری خوبی با تغییر عملکرد در سالهای مختلف نشان ندادند. بنابراین یک روش ترکیبی ارائه گردید که در شش سال از سالهایی که عملکرد بالاتر از ۶۵٪ بود بیشترین طول دوره رشد و در دو سال از چهار سال با عملکرد پایین تر از ۳۵٪، کمترین طول دوره رشد را نسبت به سایر روشها داشت. نتایج بررسی شروع اشتباه نیز در این روش قابل قبول بود. بنابراین این روش برای تعیین شروع بارش ها در مشهد انتخاب شد که بر طبق آن بارندگی ها در این منطقه به طور متوسط از ششم آذر ماه آغاز شده و طول فصل رویش به طور میانگین ۱۸۵ روز خواهد بود. با کمک این اطلاعات و در نظر گرفتن احتمال دوره های خشکی با تداوم های مختلف، می توان گیاهانی را که برای کشت دیم در این منطقه مناسب می باشند تعیین و در هر سال با ثبت داده های بارندگی روزانه، تاریخ شروع بارش ها را مشخص کرد. همچنین پیشنهاد می شود نموداری مشابه نمودار روش هفتم با استفاده از تعداد روزهای بارانی در هر ۵ روز از اول مهر ماه رسم شود تا تخمینی از روند بارندگی ها فراهم شود. در انتها نیز مشخص شد که تغییر اقلیم اثر چندانی بر فاکتورهای فصل بارش به خصوص در احتمال های بالای ۵۰٪ نداشته است.

تاریخ شروع و ضریب گیاهی، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (ETc) در هر روز از فرمول ۶ محاسبه شد و با داشتن ضریب تخلیه و مقدار کل آب در دسترس گیاه، مقدار آب سهل الوصول (RAW) برای خاک های منطقه بدست آمد (فرمول ۵). سپس پارامتری به نام مقدار تخلیه (Dr) معرفی شد که از تفاوت بین مقدار آب خاک در نقطه ظرفیت زراعی و مقدار واقعی آب خاک در هر روز بدست می آید. این مقدار در ظرفیت زراعی برابر صفر است و با کاهش آب به صورت تبخیر و تعرق، تخلیه افزایش می یابد و آنگاه که تخلیه مساوی با آب سهل الوصول شد، شرایط تنش آبی ایجاد می شود. برای محاسبه این پارامتر در پایان روز i ، طبق فرمول ۸ مقدار تخلیه در پایان روز $i-1$ با مقدار تبخیر و تعرق واقعی (ETadj) در روز i جمع می شود. با تخلیه آب به بیشتر از آب سهل الوصول، تبخیر و تعرق گیاه متناسب با آب باقیمانده به کمتر از حد پتانسیل کاهش می یابد. در حالتی که تخلیه کمتر از آب سهل الوصول باشد ضریب تنش (Ks) ۱ است اما با بیشتر شدن تخلیه، این ضریب از ۱ کمتر می شود و در پایان هر روز از فرمول ۷ برآورد می شود و مقدار تبخیر و تعرق واقعی با در نظر گرفتن ضریب تنش از فرمول ۹ محاسبه می شود. بدین ترتیب برای برآورد صحیح یا غلط بودن تاریخ شروع روش ترکیبی، ۳۰ روز پس از روز ۶۷ که تاریخ میانگین پیشنهادی روش ترکیبی است، جدولی تهیه شد که در آن ضریب تنش در انتهای هر روز محاسبه شد و از آنجایی که نسبت تبخیر و تعرق واقعی به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه برابر با ضریب تنش می باشد، میانگین این ضریب در این ۳۰ روز بدست آمد که برابر با ۰.۵۶ شد و از آنجایی که این مقدار بیشتر از ۰.۳۵ است، در نتیجه تاریخ شروع میانگین پیشنهادی از روش ترکیبی، صحیح می باشد.

$$TAW = 1000 * (FC - PWP) * Zr \quad (4)$$

$$RAW = P * TAW \quad (5)$$

$$ETc = ETO * Kc \quad (6)$$

$$Ks = (TAW - Dr) / (TAW - RAW) \quad (7)$$

$$Dr, i = Dr, i-1 + ETadj, i \quad (8)$$

$$ETadj = Ks * ETc \quad (9)$$

اثر تغییر اقلیم و پارامترهای فصل بارش

مطالعات اخیر نشان داده است که در دو دهه گذشته، بخصوص برای بخشهایی از نیمکره شمالی، چرخه هیدرولوژیک، فعال تر از دهه های قبلی بوده است. به همین منظور، انجام پژوهشهای مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیشتر جهت مقابله و نیز کاهش هزینه های خسارت بار ناشی از این تغییر بسیار ضروری می باشد. در این راستا بررسی اثر تغییر اقلیم بر فاکتورهای فصل بارش می تواند کمک بسیار زیادی برای پیش بینی تغییرات لازم در شیوه زراعت دیم

(جدول ۷) - پیش بینی پارامترهای فصل بارش با احتمالات مختلف در سالهای زراعی ۴۰-۴۱ تا ۷۶-۷۷ و سالهای ۷۷-۷۸ تا ۸۶-۸۷ برای بررسی اثر تغییر اقلیم (مبدا برای شروع بارندگی اول مهر ماه و برای پایان بارندگی اول فروردین ماه است)

| احتمال | ۰.۰۱ | ۰.۰۵ | ۰.۱۰ | ۰.۲۰ | ۰.۳۰ | ۰.۴۰ | ۰.۵۰ | ۰.۶۰ | ۰.۷۰ | ۰.۸۰ | ۰.۹۰ | ۰.۹۵ | ۰.۹۹ |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| شروع برای ۳۷ سال اول | --- | --- | ۹ | ۲۸ | ۴۲ | ۵۴ | ۶۶ | ۷۷ | ۸۷ | ۱۰۱ | ۱۲۳ | ۱۳۶ | ۱۶۹ |
| شروع برای ۱۰ سال آخر | --- | ۱۴ | ۲۷ | ۴۲ | ۵۳ | ۶۲ | ۷۲ | ۸۰ | ۸۹ | ۹۷ | ۱۰۸ | ۱۲۳ | ۱۵۲ |
| پایان برای ۳۷ سال اول | ۴۶ | ۵۲ | ۵۶ | ۶۰ | ۶۴ | ۶۸ | ۷۰ | ۷۴ | ۷۸ | ۸۲ | ۹۰ | ۹۶ | ۱۱۰ |
| پایان برای ۱۰ سال آخر | ۴۴ | ۵۲ | ۵۶ | ۶۰ | ۶۴ | ۶۸ | ۷۲ | ۷۶ | ۸۰ | ۸۵ | ۹۵ | ۱۰۰ | ۱۱۷ |
| طول دوره برای ۳۷ سال اول | ۲۶۵ | ۲۴۵ | ۲۳۵ | ۲۱۹ | ۲۰۷ | ۱۹۵ | ۱۸۴ | ۱۷۳ | ۱۵۸ | ۱۳۲ | ۱۱۴ | ۹۲ | ۳۹ |
| طول دوره برای ۱۰ سال آخر | ۲۶۳ | ۲۴۵ | ۲۳۵ | ۲۲۵ | ۲۱۵ | ۲۰۵ | ۱۹۳ | ۱۸۵ | ۱۷۵ | ۱۵۷ | ۱۳۷ | ۱۲۰ | ۷۸ |

قدردانی

از حوزه معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به منظور تأمین هزینه های این تحقیق قدردانی می شود

مراجع

- Agriculture and Forest Meteorology. 42:295-305.
- Ati, O. F., C. J., Stigter, and E. O., Oladipo. (2002). A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria. *International Journal of Climatology*. 22:731-742.
- Groten, S. M. E and R. Ocatre. (2002). Monitoring the length of the growing season with NOAA. *International Journal of Remote Sensing*. 23(14):2797-2815.
- Odekunle, T. O., Blogun E. E., and Ogunkoya O. O. 2005. On the prediction of rainfall onset and retreat dates in Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology*. 81:101-112.
- Odekunle, T. O. (2006). Determining rainy season onset and retreat over Nigeria from precipitation amount and number of rainy days. *Theoretical and Applied Climatology* 83:193-201.
- Mugulavai, E. M., Kipkorir E. G., Raes D., Rao M. S. (2008). Analysis of rainfall onset, cessation and length of growing season for western Kenya. *Agricultural and Forest Meteorology* 148:1123-1135.
- Raes, D., Sithole, A., Makarau, A., Milford, J. (2004). Evaluation of planting dates recommended by criteria currently used in Zimbabwe. *Agriculture and Forest Meteorology* 125:177-185.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and M. Smith. (1988). *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop water Requirements*; FAO Irrigation and Drainage paper 56. 300-350
- علیزاده، ا. و سرافراز ع. ۱۳۶۷. تجزیه و تحلیل آگرونومیکی نزولات جوی مشهد. *مجله علوم و صنایع کشاورزی*. جلد ۲. شماره ۱. صفحات ۲۹-۴۸.
- علیزاده، ا. و کمالی غ. ۱۳۸۱. اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. *مجله تحقیقات جغرافیایی*. شماره ۶۵ و ۶۶ صفحات ۱۸۹-۲۰۱.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا. ۸۰۸ صفحه ۶۸۲-۶۸۵.
- Kowal, J. M. and Kassam A. H. (1973), Water use energy balance and growth of maize samaru northern Nigeria. *Agricultural Meteorology*. 12:391-406.
- Benoit, P. (1977). The start of the growing season in northern Nigeria. *Agricultural Meteorology*. 18:91-99.
- Stern, R. D., Dennett M. D., and Grabutt D. J. (1981). The start of rains in west Africa. *Journal of Climatology*. 1:59-68.
- Stern, R. D., Dennett M. D. and Dale I. G. 1982. Analysing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. *Methodology of Experimental Agriculture*. 18:223-236.
- Sivakumar, M. V. K. (1988). Prediction rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of west Africa.

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۲

DStudy of Rainfall Characteristics for Agronomic Applications (Case study of Mashhad-Chenaran area)

A. Alizadeh¹, A. Rowshani^{2*}, M. Bannayan³

Abstract

The analysis of the rainy season characteristics such as the rainfall onset, cessation and different length of dry spells between precipitation occurrences is one of the important issues in agricultural arenas. Daily rainfall data of Mashhad Station from 1961 up to 2008 have been used to determine these parameters. The onset date has been calculated by 7 different methods that some of them are based on cumulative rainfall amounts and the others are based on relations of rainfall and potential evapotranspiration. At last a hybrid method has been presented being qualified to determine this factor. Furthermore we have specified the occurrence of false starts by determining of false start definition. The cessation date was defined by 2 methods and after that the length of the growing season have been calculated by using hybrid method for determining onset date and second method of specifying cessation date. Based on these calculations the rainy season will start at 27th November in Mashhad and the length of rainy season will be 185 days. Finally the effects of climate change on characteristics of rainy season have been detected that it showed the climate change haven't had any serious effect.

Keywords: Start & rain, End grain, growing Period, Falsedate, Climate Change

1 - Professor, Ferdowsi University of Mashhad

2- Former irrigation and drainage student, Ferdowsi University of Mashhad

3- Associate professor, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding author Email: atenaroshni@yahoo.com)