

ارزیابی پیش‌بینی باران با بکارگیری تکنیک SARIMA در استان گلستان

*حسین شریفان^۱ و بیژن قهرمان^۲

^۱دانش‌آموخته دوره دکتری در رشته آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات علمی گروه مهندسی آب

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۸/۲۷

چکیده

در عصر کنونی محدودیت منابع آبی جهت تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و غیرکشاورزی موجب بروز مشکلات عمده‌ای شده است و باران به‌عنوان یکی از مهمترین منابع آبی موجود محسوب می‌شود. بنابراین، پیش‌بینی و برآورد نزولات جوی برای هر منطقه و آبخیز به‌عنوان یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی در استفاده بهینه از منابع آبی محسوب می‌گردد. برای پیش‌بینی باران می‌توان از سری‌های زمانی استفاده نمود. هدف از انجام این تحقیق بررسی مناسب‌ترین مدل برآورد باران می‌باشد، بطوری‌که با بکارگیری باران‌های ۱۰ روزه و ماهانه دوره ۲۶ ساله (۷۸-۱۳۵۳) و پس از تعیین پارامترهای مدل غیرفصلی و فصلی مدل SARIMA و با استفاده از نرم افزار MINITAB مقادیر باران ۱۰ روزه، ماهانه چهار سال آخر دوره (۸۲-۱۳۷۹) در ایستگاه‌های فاضل آباد (با اقلیم مرطوب)، گرگان (با اقلیم نیمه‌مرطوب)، مراوه تپه (با اقلیم نیمه‌خشک) و ترشکلی (با اقلیم خشک) واقع در استان گلستان تخمین زده شدند. سپس مقادیر باران ماهانه پیش‌بینی شده براساس بهترین توزیع آماری به باران‌های ۱۰ روزه تقسیم و از جمع باران‌های ۱۰ روزه هر سال، باران سالانه محاسبه گردید. با مقایسه مقادیر برآوردی باران ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه با مقادیر واقعی متناظر نتیجه شد برای پیش‌بینی باران فقط در مقیاس ۱۰ روزه استفاده از باران‌های ۱۰ روزه و در مقیاس ماهانه و سالانه روش استفاده از داده‌های ماهانه از دقت بیشتری برخوردار هستند. اما در مطالعات باید هر سه مقیاس در نظر گرفته شود، بنابراین پس از بررسی‌های لازم برای برآورد باران‌های ۱۰ روزه توصیه می‌شود، در ابتدا با استفاده از داده‌های مشاهداتی باران ماهانه، مقادیر باران ماهانه برآورد شده، سپس این مقادیر پیش‌بینی شده براساس الگوی باران‌های ۱۰ روزه پیش‌بینی شده (با استفاده از باران‌های ۱۰ روزه) خرد شوند، تا تخمین بارندگی از دقت بیشتری برخوردار باشد.

واژه‌های کلیدی: سری زمانی، پیش‌بینی باران، مدل SARIMA، استان گلستان

مقدمه

کمبود و یا عدم توزیع مناسب آب یکی از بزرگترین دغدغه‌های قرن حاضر است که در آینده یکی از مشکلات بشریت به حساب خواهد آمد. از یک طرف هر ساله با کم شدن کمیت و تخریب کیفی آب، منابع آب با محدودیت بیشتری روبرو می‌شود و از سوی دیگر مصرف و تقاضا برای آب همواره رو به افزایش است. از طرفی ایران کشوری خشک تا نیمه خشک محسوب شده و مدیریت استفاده صحیح از منابع آبی ضروری است. بنابراین، برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آبی با هدف رسیدن به توسعه پایدار حائز اهمیت است. پیش‌بینی بارندگی و برآورد میزان آن در هر مقیاس زمانی برای هر منطقه، به‌عنوان یکی از مهمترین پارامترهای جوی، از اهمیت ویژه‌ای در استفاده بهینه از منابع آبی برخوردار است.

سری زمانی به مجموعه‌ای از دیده‌بانی‌ها و یا مقادیر ثبت شده از یک متغیر گفته می‌شود که برحسب زمان مرتب شده باشد. هدف از سری زمانی، تعیین قانون‌مندی و شناسایی رفتار آن جهت پیش‌بینی در آینده می‌باشد. در مباحث آب‌شناختی همانند بارندگی و رواناب با فرآیندهای تصادفی سروکار داریم. مجموعه متغیرهای فرآیند تصادفی ممکن است وابسته و یا مستقل از هم باشند. اگر فقط مقادیر غیرصفر مدنظر باشد، سری از نوع غیرمتناوب و در غیر این صورت متناوب می‌باشد. باران‌های ساعتی، روزانه، ماهانه و یا سالانه از این نوع سری هستند. از طرف دیگر اگر قوانین احتمال حاکم بر فرآیند در طول زمان تغییر نکند، سری از نوع ایستا می‌باشد و این ایستایی می‌تواند در میانگین، واریانس و کوواریانس تعریف شود. به‌طور نمونه در مباحث هیدرولوژی، تغییرات جوی زمین در یک دوره نامعلوم مانند وقوع سال‌های پر باران و به‌دنبال آن خشکسالی‌های پی‌درپی موجب می‌شود تا سری زمانی بارندگی نا ایستا شود. یکی از شرایط اولیه استفاده از داده‌ها در مباحث سری زمانی، ایستا بودن آن‌هاست، در غیر اینصورت باید

ناایستایی رفع شود. برای ایستا نمودن داده‌ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش باکس-کاکس می‌توان استفاده نمود (باکس و کاکس، ۱۹۶۴). در جهت مدل‌سازی از سری‌های زمانی، در اغلب موارد متخصصان از انواع متنوع مدل‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند بطوری‌که همبستگی‌های موجود مابین زمان و مشاهدات مد نظر می‌باشد (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۹۹۳). مدل‌های سری زمانی عبارتند از:

۱- **مدل تصادفی خود همبسته AR(p)**: اساس این مدل بر پایه زنجیره مارکوف در زنجیره زمانی بنا شده است. یک سری زمانی از زنجیره مارکوف تبعیت می‌کند، اگر هر داده ثبت شده سری زمانی در زمان t با زمان قبل و یا زمان بعد از خود مرتبط باشد.

۲- **مدل میانگین متحرک MA(q)**: در این مدل متغیر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه به‌علاوه q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود.

۳- **مدل خود همبسته-میانگین متحرک ARMA(p,q)**: هرگاه دو مدل قبلی در یکدیگر ادغام شوند، مدل **ARMA** با مرتبه‌های p و q تصادفی مربوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود (معادله ۱).

$$Z_t = \mu + \sum_{i=1}^p (Z_{t-i} - \mu) - \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i} + a_t \quad (1)$$

که در آن: Z_t : مقدار پیش‌بینی شده، Z_{t-i} : اطلاعات مربوط به گذشته سری، μ : میانگین سری، θ , ϕ : ضرایب مدل، a_t , a_{t-i} : به‌ترتیب اغتشاش در حال و گذشته می‌باشد.

۴- **مدل خود همبسته-میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q)**: از آنجا که برای استفاده از مدل‌های فوق باید فرآیند ایستایی برقرار باشد، از این رو باکس و همکاران (۱۹۹۴) در شرایط ناایستایی، مدل **ARIMA** را با در نظر گرفتن مرتبه تفاضلی d ارائه نمودند.

بورلاندو و همکاران (۱۹۹۶) از مدل‌های **ARIMA** جهت پیش‌بینی بارندگی‌های ساعتی در زمان وقوع آن‌ها استفاده کردند و مقادیر به دست آمده را با داده‌های باران‌سنجی مقایسه کردند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش مدت دوام بارندگی، پیش‌بینی‌ها روند دقیق‌تری داشتند و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان باران پیش‌بینی از مقدار واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود.

در کشور ایران به لحاظ سابقه کوتاه در بهره‌گیری از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم داده‌های جوی، از این روش کمتر استفاده شده است (خردمند نیا و عساکره، ۲۰۰۱). در این میان می‌توان به کار جمشیدی (۱۹۸۹) در مدل دما-بارش ایستگاه تهران، مالکی (۱۹۸۹) در الگوسازی دما و بارش غرب کشور و رسولی (۲۰۰۲) برای پیش‌بینی دمای ماهانه شهر تبریز اشاره نمود. خردمند نیا و عساکره (۲۰۰۱) برای پیش‌بینی درجه حرارت متوسط ماهانه منطقه جاسک از مدل‌سازی **SARIMA** استفاده نمودند. آشگرطوسی (۲۰۰۳) با استفاده از سری‌های زمانی، خشکسالی منطقه شیروان را در استان خراسان را پیش‌بینی نمود و براساس نتایج به دست آمده، بهترین الگوی کشت را پیشنهاد کرد. احمدی (۲۰۰۴) در تحقیقی مقدار باران سالانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خراسان را با استفاده از سری‌های زمانی و مدل **SARIMA** پیش‌بینی نمود. از آنجا که در برخی از مدل‌های بهینه‌سازی به باران‌های ۱۰ روزه نیاز می‌باشد، از این‌رو در این تحقیق سعی شده است با استفاده از آمار بارندگی سال‌های پیش و بکارگیری تکنیک سری‌های زمانی، مناسب‌ترین روش برای پیش‌بینی بارندگی در مقیاس‌های ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های مورد نظر ارائه گردد. بنابراین هدف از این تحقیق ارائه مدلی جهت پیش‌بینی باران‌های ۱۰ روزه ایستگاه‌های معرف اقلیم استان گلستان با دو نگرش: الف) برآورد مستقیم و ب) برآورد بارش ماهانه و توزیع مناسب برای تفکیک آن به دوره‌های ۱۰ روزه می‌باشد.

۵- مدل خودهمبسته- میانگین متحرک تلفیق شده فصلی **SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)**: هر گاه در یک سری بعد از هر فاصله زمانی مشخص (S)، شباهت‌هایی پیدا شود، سری دارای رفتار فصلی یا تناوبی با دوره تناوب S می‌شود. برای ساخت این مدل‌ها، چهار مرحله شناسایی مدل، برازش الگو، تشخیص درستی الگو و پیش‌بینی باید انجام گیرد.

در زمینه استفاده از سری‌های زمانی در مدل‌سازی پارامترهای هیدرولوژیکی همچون بارندگی، دما و جریان‌های رودخانه پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است (آشگر طوسی، ۲۰۰۳). طی بررسی تحقیقات گذشته، دانشمندان به منظور تحلیل تغییرات پارامترهای اقلیمی تلاش نموده‌اند تا این پارامترها را الگوسازی و سپس شبیه‌سازی نمایند. الگوسازی در خانواده آرما، آریمای و آریمای فصلی یکی از شیوه‌های مهم و معتبر در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی است (باکس و همکاران، ۱۹۹۴). از این گونه پژوهش‌ها و مطالعات می‌توان به کارهای جونز (۱۹۸۶)، هانسن و لدف (۱۹۸۸)، بلوفید و نیچکا (۱۹۹۲) و فولاند (۱۹۹۰) اشاره نمود. نواکز و همکاران (۱۹۸۵) قدرت پیش‌بینی کوتاه مدت مدل‌های **ARIMA**، **SARIMA** و مدل‌های خودهمبسته دوره‌ای (**PAR**) را بر روی سری ۳۰ ماهه جریان مقایسه کردند و نشان دادند که مدل‌های خودهمبسته دوره‌ای دقیق‌ترین پیش‌بینی را دارند. آن‌ها همچنین برتری تبدیل لگاریتمی را به دیگر تبدیل‌های باکس-کاکس بر اساس روش حداکثر درست‌نمایی به دست آوردند.

هالتینر و سالاس (۱۹۸۸) از یک مدل **ARMA(1,1)** فصلی در مدل‌سازی دو متغیره جریان ماهانه در رودخانه‌های یامپا و وایت^۱ در شمال غربی کالیفرنیا استفاده کردند. آنها پارامترهای مدل را از دو روش حداکثر درست‌نمایی و گشتاورها به دست آورده و با یکدیگر مقایسه کردند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا بر اساس آمار و داده‌های هواشناسی (۸۲-۱۳۵۳)، اقلیم ایستگاه‌های مختلف استان با روش دومارتن مشخص گردید. سپس ایستگاه‌های فاضل آباد، گرگان، مراوه تپه و ترشکلی که دارای اقلیم‌های متفاوتی بودند به عنوان ایستگاه‌های معرف اقلیم استان انتخاب شدند. اقلیم این ایستگاه‌ها به ترتیب مرطوب، نیمه مرطوب، نیمه خشک و خشک بود. دوره آماری بالا به دو دوره ۲۶ و ۴ ساله به ترتیب برای ساخت مدل و دوره پیش‌بینی / آزمون تقسیم شد.

مراحل ساخت سری زمانی: ساخت مدل‌های سری زمانی شامل چهار مرحله می‌باشد که بصورت تکراری انجام شد:

۱- مرحله شناسایی الگو: در این مرحله با رسم نمودارهای خود همبستگی (SAC) و خود همبستگی جزیی (SPAC) و آزمون بارتلت-لون ایستایی در میانگین و واریانس داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت نایستایی ابتدا سری مورد نظر با استفاده از سری تفاضلی مناسب و تبدیل داده‌ها از روش باکس-کاکس در میانگین و واریانس پایدار شده، سپس سری ایستا گردید. بنابراین، در این مرحله با آنالیز واریانس داده‌های تفاضلی شده، مرتبه پارامترهای D و d برای مدل طوری انتخاب شد که دارای حداقل واریانس باشد. از سوی دیگر با استفاده از نمودارهای SPAC و SAC مراتب p ، Q ، P و q مشخص گردید.

۲- برازش الگو (برآورد پارامترها): در این مرحله با شناسایی الگوهای مناسب در مرحله قبل، معنی‌داری مقادیر t و p متناظر بررسی شد و مدلی که دارای مجموع مربعات خطا (SSE^1) و میانگین مربعات خطای (MSE^2) کوچکتری بود، انتخاب گردید.

۳- تشخیص درستی الگو: جهت بررسی درستی مدل، نمودار باقیمانده‌ها از نظر نرمال بودن و ایستایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۴- پیش‌بینی: با استفاده از تبدیل باکس-کاکس، مقادیر سری داده‌های پیش‌بینی شده به مقادیر باران تصحیح شدند. نتایج به دست آمده به عنوان داده‌های نهایی باران پیش‌بینی شده برای سال‌های مورد نظر ارزیابی شد. جهت مدل‌سازی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های فوق از نرم‌افزار Minitab استفاده گردید که اساس کار آن همان شیوه تکراری باکس - جنکینز می‌باشد.

مقیاس زمانی مدل‌سازی و مقیاس زمانی آزمون کارایی مدل‌ها: از دو مقیاس زمانی ۱۰ روزه (مدل الف) و ماهانه (مدل ب) برای مدل‌سازی استفاده شد. برای آزمون کارایی مدل‌ها، از سه مقیاس زمانی ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه استفاده گردید.

در مدل الف با استفاده از نرم‌افزار Minitab داده‌های ۱۰ روزه ۲۶ سال مورد تحلیل قرار گرفت. بعد از انجام مدل‌سازی، مقادیر باران ۱۰ روزه برای چهار سال (۱۴۴۰-۱۳۷۹) پیش‌بینی شد. از مجموع این مقادیر، باران ماهانه و سالانه چهار سال آخر برآورد شد. از مقادیر به دست آمده برای آزمون کارایی مدل‌ها استفاده گردید.

در مدل ب با استفاده از داده‌های باران ماهانه ۲۶ ساله ($312=26 \times 12$) و با نرم افزار فوق، مقادیر باران ماهانه چهار سال (۸۲-۱۳۷۹) به تعداد ۴۸ داده پیش‌بینی گردید. همچنین از مجموع باران‌های ماهانه هر سال، مقدار باران سالانه به دست آمد.

سپس بر اساس توزیع باران دهه‌های هر ماه مربوط به سالی که (از بین سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۷۸) به سال پیش‌بینی نزدیکتر است، باران ۱۰ روزه هر ماه برآورد گردید.

در پایان مقادیر باران ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه پیش‌بینی شده از دو روش فوق با مقادیر واقعی متناظر مقایسه شده و نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفت.

$$\sigma^2 = \frac{\sum e^2}{(n-2)} \quad (6)$$

$$S_b = \frac{\sigma^2}{\sum (R_i - R_{avg.})^2} \quad (7)$$

در معادلات فوق e : خطا، σ : انحراف از معیار و S_b : پارامتر آماری برای استفاده در آزمون t می باشد (چارلز، ۱۹۷۷).

نتایج و بحث

رژیم بارندگی: در شکل های ۱ تا ۳ نمودارهای سری زمانی بارندگی با دوره های ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه در ایستگاه همدید (سینوپتیک) گرگان نشان داده شده است. با توجه به هر یک از نمودارها می توان نتیجه گرفت که داده های بارندگی از روندی فصلی برخوردارند. (لازم به ذکر است به لحاظ جلوگیری از شلوغی نمودارها، تعداد سال های بکار رفته در محور افقی هر یک از نمودارها با یکدیگر متفاوت است).

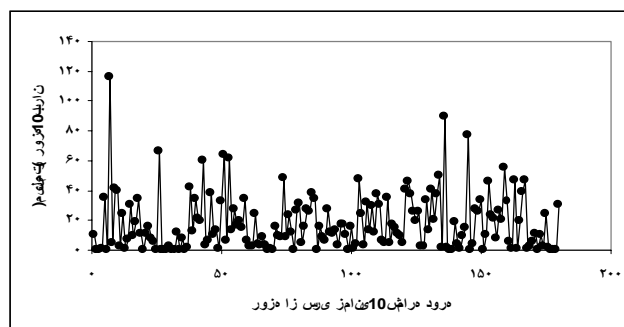
آزمون های آماری: برای ارزیابی مقدار باران پیش بینی شده (R_{est}) برای دوره های ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه از دو روش بالا با مقادیر واقعی متناظر (R_{act})، از پارامترهای آماری درصد خطا (ERROR معادله ۲) مقدار خطای استاندارد تخمین ها (SEE معادله ۳)، قدر مطلق متوسط انحراف از مقدار واقعی (MBE معادله ۴)، مورد مقایسه قرار گرفت. از سوی دیگر با رگرسیون گیری بین مقادیر تخمینی (متغیر وابسته) با مقادیر واقعی (متغیر مستقل)، ضرایب همبستگی، شیب بهترین خط برازش، عرض از مبدأ و ضریب تبیین (R^2) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شیب خط رگرسیون با شیب خط بهترین تطابق ایده آل (۱:۱) با استفاده از آزمون t نیز مقایسه شد. پارامترهای آماری به شرح زیر تعریف شده اند.

$$Errorr = (R_{act} - R_{est}) / (R_{act}) * 100 \quad (2)$$

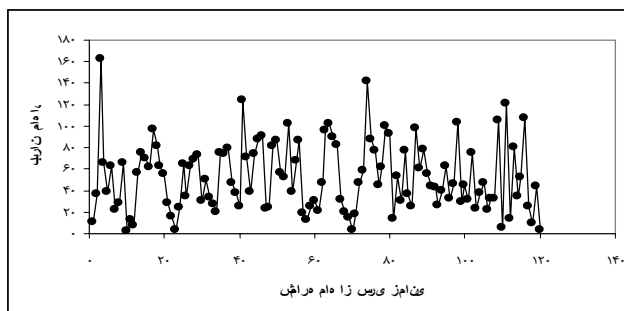
$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (R_{act} - R_{est})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

$$MBE = abs.(R_{act} - R_{est}) / n \quad (4)$$

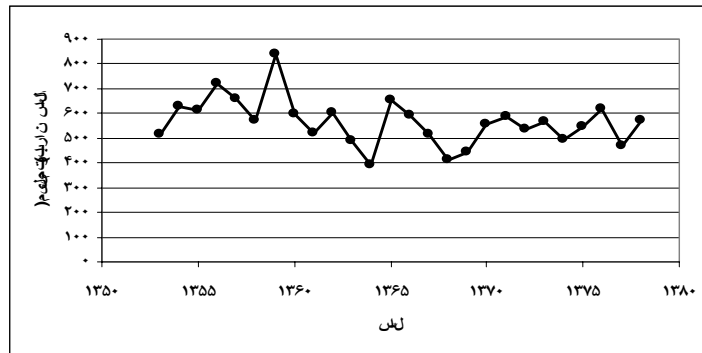
$$e = R_{act} - R_{est}. \quad (5)$$



شکل ۱- نمودار سری زمانی مقادیر ۱۰ روزه بارندگی در ایستگاه همدید گرگان (۵۷-۱۳۵۳).



شکل ۲- نمودار سری زمانی مقادیر ماهانه بارندگی در ایستگاه همدید گرگان (۶۴-۱۳۵۳).



شکل ۳- نمودار سری زمانی مقادیر سالانه بارندگی در ایستگاه همدید گرگان.

که در آن: σ^2 واریانس داده‌ها در یک دوره فصلی و n تعداد دوره‌های فصلی موجود در دوره‌های آماری) است. استفاده از تبدیل باکس-کاکس: با توجه به این نکته که داده‌های باران در ایستگاه سینوپتیک گرگان در واریانس نایبستا می‌باشند، با استفاده از تبدیل باکس-کاکس داده‌های مورد نظر ایستا گردید. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار Minitab تبدیل باکس-کاکس روی داده‌ها انجام شد. برای انجام تبدیل باکس-کاکس باید داده‌های سری زمانی مثبت و غیر صفر باشند. با توجه به این نکته که در داده‌های بارندگی تعداد زیادی عدد صفر (نبود بارندگی در ۱۰ روزه یا ماهانه) در هر سال وجود دارد، پس برای مثبت کردن سری می‌توان مقدار ثابتی را به تمام عناصر سری اضافه نمود. اضافه نمودن این مقدار ثابت و مثبت به همه عناصر سری، در واریانس بی تأثیر است.

$$y'_t = y_t + C \quad (9)$$

که در آن: y'_t = داده تبدیل شده، y_t = داده اصلی، C = مقدار ثابت است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده برای ایستگاه گرگان مناسب‌ترین مقدار ثابت (کوچکترین ضریب که موجب ایستایی می‌گردد) برای داده‌های ۱۰ روزه و ماهانه به ترتیب ۲/۵ و ۰/۱ در نظر گرفته شد. بعد از الگوسازی و پیش‌بینی باید تأثیر این افزایش و تبدیل بر روی مقادیر پیش‌بینی شده را در نظر گرفت و آنها را اصلاح نمود.

پس از آزمون باکس-کاکس روی مقادیر y'_t ، مقدار پارامتر تبدیل (λ) مشخص شد. برای پایداری واریانس

ویژگی‌های مدل‌ها: بر اساس مطالب ارایه شده در صورتی که سری زمانی در واریانس نایبستا باشد، باید قبل از هرگونه تحلیلی، پایداری واریانس روی داده‌ها بررسی شود. به منظور بررسی همگنی واریانس داده‌های سری زمانی، می‌توان در نرم‌افزار Minitab از آزمون بارتلت استفاده نمود. آزمون بارتلت علاوه بر همگنی واریانس، نرمال بودن داده‌ها را نیز در نظر گرفته و آزمون می‌نماید، بنابراین دقت آن بیشتر است. اما آزمون لون فقط همگنی واریانس را در نظر می‌گیرد. مقدار α را معمولاً ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نظر می‌گیرند که ضریب اطمینان متناظر با مقدار α به ترتیب برابر ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد خواهد بود و اغلب از مقدار ۰/۰۵ برای α استفاده می‌شود. بنابراین با استفاده از آزمون بارتلت و لون داده‌های ۱۰ روزه بارندگی در ایستگاه سینوپتیک گرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این آزمون نشان می‌دهد که مقدار P در آزمون لون برابر ۰/۵۹۹ و در آزمون بارتلت برابر صفر می‌باشد. با توجه به اعتبار بیشتر آزمون بارتلت نسبت به آزمون لون، مقدار P از $\alpha=0/05$ کوچکتر بوده، بنابراین فرض H_0 با اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود و می‌توان گفت که واریانس داده‌های اصلی نایبستاست و باید با تبدیلی مناسب، واریانس داده‌ها را پایدار نمود. (در این آزمون فرضیه صفر H_0 به صورت معادله ۸ در نظر گرفته می‌شود:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 \quad (8)$$

داده‌ها با توجه به مقدار λ و با استفاده از جدول راهنمای این تبدیل مقادیر سری y_t^* به سری y_t^* تبدیل شدند. در این قسمت برای λ مربوط به سری داده های ۱۰ روزه باران ایستگاه سینوپتیک گرگان که برابر صفر بود از تبدیل لگاریتمی استفاده شد.

$$y_t^* = \ln(y_t^*) \quad (10)$$

که در آن: $y_t^* =$ داده تبدیل یافته، $y_t =$ داده اصلی. بار دیگر آزمون بارتلت و لون روی سری y_t^* انجام شد، نتایج حاصل نشان داد که مقدار P در آزمون بارتلت مساوی ۰/۹۴۸ و در آزمون لون ۰/۱۵۹ بود. هر دو مقدار P به مراتب بزرگتر از $\alpha=0/05$ بودند. بنابراین سری تبدیل شده y_t^* دارای پایداری واریانس بوده و از این به

بعد تا پایان مرحله پیش‌بینی، سری y_t^* به‌عنوان سری زمانی مورد نظر در پیش‌بینی استفاده شد.

برای ایستاکردن سری زمانی ناپیوسته می‌توان از روش تفاضلی استفاده نمود. همچنین برای به دست آوردن سری تفاضلی مناسب، باید مقادیر مناسبی را برای d (مرتبه تفاضل گیری غیر فصلی) و D (مرتبه تفاضل گیری فصلی) تعیین نمود تا سری تفاضلی ایستا شود. همچنین با رسم نمودارهای خود همبستگی (SAC) و خودهمبستگی جزئی (SPAC) مرتبه‌های Q, P, q, p تعیین شدند. پس از شناسایی و برازش الگو، مرتبه‌های این پارامترها در مقیاس ۱۰ روزه و ماهانه برآورد شد (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱- مقادیر پارامترهای سری زمانی برای پیش بینی باران ۱۰ روزه.

| ایستگاه | غیر فصلی | | | فصلی | | |
|-----------|----------|---|---|------|---|---|
| | p | d | q | P | D | Q |
| فاضل آباد | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| گرگان | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۱ | ۱ |
| مراوه تپه | ۰ | ۰ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ |
| ترشکلی | ۰ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ |

جدول ۲- مقادیر پارامترهای سری زمانی برای پیش بینی باران ماهانه.

| ایستگاه | غیر فصلی | | | فصلی | | |
|-----------|----------|---|---|------|---|---|
| | p | d | q | P | D | Q |
| فاضل آباد | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| گرگان | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| مراوه تپه | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ترشکلی | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |

جدول ۳- مقایسه پارامترهای آماری برای برآورد باران در دوره زمانی ۱۰ روزه در سال‌های مختلف - ایستگاه گرگان.

| پارامتر آماری | | ۱۳۷۹ | ۱۳۸۰ | ۱۳۸۱ | ۱۳۸۲ | MEAN |
|---------------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|
| مدل الف | ERROR(%) | ۲۳۸/۱ | ۱۳۹/۲ | ۲۱۷/۵ | ۷۳۸/۳ | ۳۳۳/۳ |
| | MBE | ۱۰/۲ | ۹/۲ | ۱۲/۲ | ۱۵/۳ | ۱۱/۷ |
| | SEE | ۱۵/۲ | ۱۲/۱ | ۱۶/۱ | ۲۰/۸ | ۱۶/۱ |
| مدل ب | ERROR(%) | ۴۲۳/۲ | ۱۸۹/۲ | ۲۷۳/۴ | ۱۳۷۲/۸ | ۵۶۴/۶ |
| | MBE | ۱۳/۱ | ۱۳/۵ | ۱۴/۵ | ۱۹/۱ | ۱۵/۱ |
| | SEE | ۱۸/۲ | ۱۶/۸ | ۱۷/۸ | ۲۵/۴ | ۱۹/۵ |

پیش‌بینی: براساس بهترین مدل انتخاب شده، مقادیر باران ۱۰ روزه و ماهانه هر یک از ایستگاه‌های مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار Minitab، برای چهار سال پیاپی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ پیش‌بینی شد، سپس داده‌های پیش‌بینی شده با دو روش بالا با یکدیگر مقایسه شدند.

کارایی مدل‌ها در مقیاس ۱۰ روزه: پس از انتخاب بهترین الگوی توزیع باران ماهانه پیش‌بینی شده به دوره‌های ۱۰ روزه در مدل ب، مقایسه‌ای بین داده‌های باران واقعی و شبیه‌سازی شده برای چهار ایستگاه تحت مطالعه در شکل ۵ به عمل آمد. مطابق این نمودار مدل الف مناسب‌تر بوده و خط رگرسیون تقریباً بر خط تطابق ایده‌آل (خط ۱:۱) منطبق می‌باشد، در حالیکه ضریب تبیین برای هر دو مدل از مقدار بالایی برخوردار نیست. از طرف دیگر با بررسی‌های انجام شده بین شیب رگرسیونی و شیب خط نیمساز از آزمون t ، نتیجه شد که اختلاف بین این دو پارامتر معنی دار نیست، ولی واریانس (σ^2) مدل

الف کوچکتر از مدل ب بود (جدول ۴). همچنین مشخص شد که در مقیاس ۱۰ روزه، مدل الف دارای درصد خطا، SEE و MBE کوچکتری نسبت به روش (ب) می‌باشد. برای نمونه نتایج حاصل از بررسی‌های آماری برای ایستگاه گرگان در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین پس از میانگین‌گیری مقادیر باران هر یک از دهه‌های چهار ساله پیش‌بینی شده، متوسط پارامترهای آماری نیز برآورد گردید. بررسی‌ها نشان داد که پارامترهای آماری مدل الف کوچکتر از مدل ب می‌باشد. پس اگر مقادیر پیش‌بینی شده فقط در مقیاس ۱۰ روزه مد نظر باشد، مدل الف بهتر از مدل ب می‌باشد. در حالی‌که در بررسی‌ها باید به مقادیر بارندگی در مقیاس‌های ماهانه و سالانه نیز توجه شود. بنابراین کارایی مدل‌های (الف) و (ب) در نهایت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۴- بررسی آزمون t (با $\alpha=0.05$) شیب خط رگرسیون‌گیری شده با خط تطابق ایده‌آل.

| آزمون t | t-student | t | S_b | σ^2 | n | مدل الف | مقیاس ۱۰ روزه |
|---------------|-----------|-------|-------|------------|-----|---------|---------------|
| معنی دار نیست | ۱/۹۶ | ۰/۳ | ۰/۵۸۷ | ۲۰۷/۳ | ۵۷۶ | مدل الف | |
| معنی دار نیست | ۱/۹۶ | ۰/۳ | ۲/۴۳ | ۲۸۴/۱ | ۵۷۶ | مدل ب | |
| معنی دار نیست | ۱/۹۶ | ۰/۰۳۵ | ۱/۷۲۲ | ۶۷۹/۱ | ۱۹۲ | مدل الف | مقیاس ماهانه |
| معنی دار نیست | ۱/۹۶ | ۰/۱۳ | ۱/۳۶۵ | ۵۳۸/۳ | ۱۹۲ | مدل ب | |
| معنی دار نیست | ۲/۱۴ | ۰/۰۰۲ | ۴۰/۰۲ | ۲۹۸۳۴/۱ | ۱۶ | مدل الف | مقیاس سالانه |
| معنی دار نیست | ۲/۱۴ | ۰/۰۱۱ | ۱۰/۰۵ | ۷۴۹۴/۲ | ۱۶ | مدل ب | |

جدول ۵- مقایسه پارامترهای آماری برای برآورد باران در دوره زمانی ماهانه در سال‌های مختلف - ایستگاه گرگان.

| پارامتر آماری | ۱۳۷۹ | ۱۳۸۰ | ۱۳۸۱ | ۱۳۸۲ | MEAN |
|---------------|------|------|------|------|------|
| ERROR(%) | ۵۹/۹ | ۲۸/۵ | ۵۷/۹ | ۴۵/۲ | ۴۷/۹ |
| MBE | ۱۶/۷ | ۱۴/۴ | ۲۳/۸ | ۲۴/۰ | ۱۹/۷ |
| SEE | ۲۴/۱ | ۲۴/۰ | ۳۲/۳ | ۳۷/۷ | ۲۹/۵ |
| ERROR(%) | ۹۶/۴ | ۳۰/۶ | ۷۴/۵ | ۶۷/۷ | ۶۷/۳ |
| MBE | ۱۵/۰ | ۱۳/۰ | ۲۳/۴ | ۲۲/۹ | ۱۸/۶ |
| SEE | ۲۰/۹ | ۲۱/۹ | ۳۰/۰ | ۳۴/۴ | ۲۶/۸ |

کارایی مدل در مقیاس ماهانه: مقادیر پیش‌بینی شده بارندگی ماهانه بطور مستقیم (مدل ب) با مقادیر به دست آمده از مجموع باران‌های ۱۰ روزه پیش‌بینی شده (مدل الف) مقایسه شدند. برای هر یک از چهار سال مورد نظر میزان درصد خطای مدل (ب) بیشتر از مدل (الف) بوده است. ولی مقادیر SEE و MBE مدل الف بزرگتر از مدل ب می‌باشد (جدول ۵ نتایج را برای ایستگاه گرگان نشان می‌دهد). نمودار همبستگی مقادیر ماهانه تخمینی در مقابل مقادیر واقعی در شکل ۵ نشان می‌دهد که ضریب تبیین و در نتیجه ضریب همبستگی مدل (ب) بزرگتر از مدل (الف) می‌باشد. همچنین بهترین خط برازش مدل (ب) به خط تطابق ایده‌آل (خط ۱:۱) نزدیکتر از مدل الف می‌باشد و با آزمون t ، اختلاف شیب خط رگرسیونی هر دو مدل با شیب خط تطابق ایده‌آل، معنی‌دار نبود، اما واریانس (σ^2) مدل ب از مدل الف کوچکتر می‌باشد (جدول ۵). همچنین با متوسط‌گیری مقادیر باران ماهانه هر یک از ماه‌های چهار ساله و برآورد پارامترهای آماری مشخص شد که در مقیاس ماهانه مقادیر SEE و MBE مدل (ب) کوچکتر از مدل (الف) می‌باشد. به رغم بیشتر بودن ERROR مدل ب، نظر به اینکه بیشتر پارامترهای

آماری آن و همچنین شیب خط رگرسیون بر مدل الف برتری دارد، از این‌رو مدل ب بر مدل الف ارجح تلقی می‌شود.

کارایی مدل در مقیاس سالانه: با استفاده از مدل‌های (الف) و (ب) مقادیر بارندگی ۱۰ روزه و ماهانه پیش‌بینی شدند و از مجموع این باران‌ها، باران سالانه برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه گردید. در همه ایستگاه‌ها و سال‌ها، مقدار باران تخمین زده از مدل (ب) به مقدار واقعی متناظر نزدیکتر بود تا مقادیر باران سالانه از مدل الف (جدول ۶). از سوی دیگر مقدار پارامترهای آماری درصدخطا، SEE و MBE مدل (ب) کوچکتر از مدل (الف) است. (بطور مثال جدول ۷ برای ایستگاه گرگان). همچنین در شکل ۵، نمودار تغییرات مقادیر بارندگی سالانه به صورت واقعی و پیش‌بینی شده نشان داده شده است. مطابق این نمودار ضریب تبیین هر دو مدل بالاست، ولی در مدل ب، مقادیر به خط تطابق ایده‌آل نزدیکترند. از طرف دیگر با استفاده از آزمون t اختلاف شیب خط رگرسیونی هر دو مدل با شیب خط تطابق ایده‌آل معنی‌دار نبوده، اما مقدار واریانس (σ^2) مدل ب کوچکتر از مدل الف می‌باشد (جدول ۶)، در نتیجه مدل ب بر مدل الف برتری دارد.

جدول ۶- مقادیر باران واقعی و پیش‌بینی سالانه براساس مدل‌های (الف) و (ب) (بر حسب میلی‌متر).

| ایستگاه | سال | برآورد شده واقعی | برآورد با مدل (الف) | برآورد با مدل (ب) |
|-----------|------|------------------|---------------------|-------------------|
| فاضل آباد | ۱۳۷۹ | ۶۴۲/۰ | ۵۳۴/۲ | ۷۰۵/۵ |
| | ۱۳۸۰ | ۷۱۱/۰ | ۵۳۰/۹ | ۶۸۴/۸ |
| | ۱۳۸۱ | ۷۱۲/۰ | ۵۳۱/۳ | ۶۹۱/۸ |
| | ۱۳۸۲ | ۶۷۹/۵ | ۵۳۹/۵ | ۶۹۸/۹ |
| گرگان | ۱۳۷۹ | ۵۰۶/۴ | ۳۶۸/۸ | ۴۶۱/۲ |
| | ۱۳۸۰ | ۵۱۰/۶ | ۳۵۶/۰ | ۴۵۷/۱ |
| | ۱۳۸۱ | ۵۵۰/۸ | ۳۵۷/۰ | ۴۵۳/۱ |
| | ۱۳۸۲ | ۶۰۸/۹ | ۳۵۸/۰ | ۴۴۹/۲ |
| مراوه تپه | ۱۳۷۹ | ۱۹۲/۵ | ۱۹۱/۵ | ۳۰۱/۸ |
| | ۱۳۸۰ | ۳۱۹/۰ | ۱۸۶/۲ | ۲۹۹/۹ |
| | ۱۳۸۱ | ۳۸۱/۰ | ۱۸۴/۴ | ۳۰۴/۲ |
| | ۱۳۸۲ | ۳۶۸/۰ | ۱۸۶/۸ | ۳۰۸/۰ |
| ترشکلی | ۱۳۷۹ | ۱۲۹/۵ | ۱۰۶/۳ | ۱۶۸/۱ |
| | ۱۳۸۰ | ۲۶۹/۵ | ۱۰۶/۳ | ۱۶۸/۱ |
| | ۱۳۸۱ | ۲۹۳/۵ | ۱۰۶/۳ | ۱۶۸/۱ |
| | ۱۳۸۲ | ۲۶۹/۰ | ۱۰۶/۳ | ۱۶۸/۱ |

جدول ۷- مقایسه پارامترهای آماری برای برآورد باران در دوره زمانی سالانه در سال‌های مختلف- ایستگاه گرگان.

| MEAN | ۱۳۸۲ | ۱۳۸۱ | ۱۳۸۰ | ۱۳۷۹ | پارامتر آماری | |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------|
| ۵۴۴/۲ | ۶۰۸/۹ | ۵۵۰/۸ | ۵۱۰/۶ | ۵۰۶/۴ | واقعی | |
| ۳۵۹/۷ | ۳۵۸/۰ | ۳۵۷/۰ | ۳۵۶/۰ | ۳۶۷/۸ | تخمینی | |
| ۳۳/۵ | ۴۱/۲ | ۳۵/۲ | ۳۰/۳ | ۲۷/۴ | ERROR(%) | مدل الف |
| ۱۸۴/۵ | ۲۵۰/۹ | ۱۹۳/۸ | ۱۵۴/۶ | ۱۳۸/۶ | MBE | |
| ۲۱۸/۸ | | | | | SEE | |
| ۵۴۴/۲ | ۶۰۸/۹ | ۵۵۰/۸ | ۵۱۰/۶ | ۵۰۶/۴ | واقعی | |
| ۴۵۵/۱ | ۴۴۹/۲ | ۴۵۳/۱ | ۴۵۷/۱ | ۴۶۱/۲ | تخمینی | |
| ۱۵/۸ | ۲۶/۲ | ۱۷/۷ | ۱۰/۵ | ۸/۹ | ERROR(%) | مدل ب |
| ۸۹/۰ | ۱۵۹/۷ | ۹۷/۷ | ۵۳/۵ | ۴۵/۲ | MBE | |
| ۱۱۵/۴ | | | | | SEE | |

مقایسه تطبیقی: با رسم نمودار مقادیر باران تخمینی سالانه مدل‌های الف و ب در مقابل مقادیر واقعی باران سالانه (به عنوان نمونه شکل ۵ برای ایستگاه گرگان) می‌توان نتیجه گرفت که بهترین خط برازش شده مدل (ب) به خط ۱:۱ نزدیکتر از مدل (الف) بوده، همچنین ضریب تبیین هر دو مدل در هر چهار ایستگاه تقریباً برابر است. در جدول ۸ مقادیر پارامترهای آماری باران تخمینی ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه با استفاده از دو مدل (الف) و (ب) در هر یک از چهار ایستگاه نشان داده شده است. با توجه به پارامترهای آماری این جدول اول اینکه در همه ایستگاه‌ها در مقیاس ۱۰ روزه مدل الف بر مدل ب برتری داشته، دوم در مقیاس ماهانه مدل ب بر مدل الف ارجح است و سوم در مقیاس سالانه مدل ب نتایج بهتری از مدل الف دارد. این نکته در مقیاس سالانه قابل توجه است که اختلاف بین پارامترهای آماری مدل ب و مدل الف نسبت به مقیاس‌های ماهانه و ۱۰ روزه بیشتر می‌باشد.

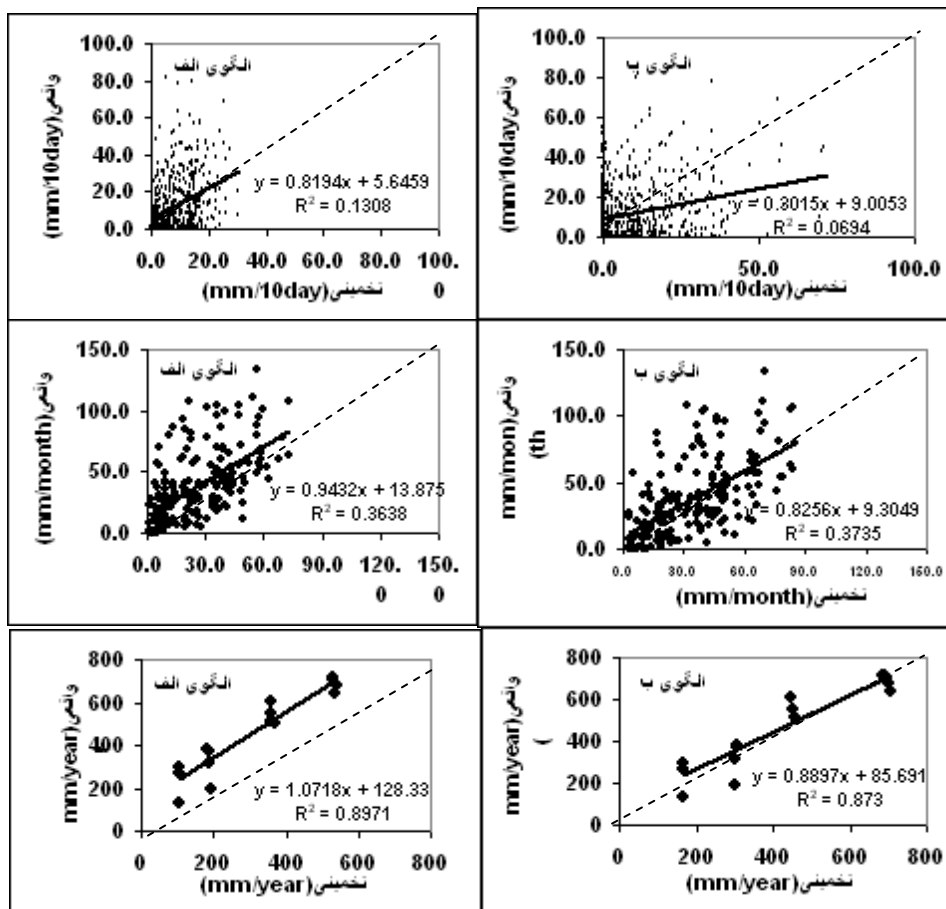
نتیجه‌گیری

مقادیر باران در مقیاس‌های ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه با دو مدل (استفاده مستقیم از داده‌های ۱۰ روزه یا مدل الف) و (استفاده از باران ماهانه یا مدل ب) و مقایسه مقادیر پیش بینی شده با مقادیر واقعی متناظر آن‌ها در

جدول‌های ۳ تا ۴ و شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که: در مقیاس باران ۱۰ روزه مدل (الف) بر مدل (ب) برتری دارد زیرا پراکندگی متغیرهای واقعی و تخمینی در اطراف خط تطابق ایده‌آل مدل الف کمتر از مدل ب می‌باشد. از طرف دیگر پارامترهای آماری بیانگر این نکته است، ولی در مقیاس ماهانه مدل (ب) بر مدل (الف) ارجحیت دارد چون بهترین خط رگرسیونی بین مقادیر واقعی و تخمینی تقریباً منطبق بر خط تطابق ایده‌آل می‌باشد. ضریب تبیین از مقدار قابل قبولی برخوردار است و پارامترهای آماری در مدل ب نسبت به مدل الف از وضعیت بهتری برخوردارند. از سوی دیگر در مقیاس سالانه مدل (ب) نسبت به مدل (الف) دارای دقت بیشتر می‌باشد. چون ضریب تبیین هر دو مدل تقریباً یکسان و بالاست، اما پارامترهای آماری مدل ب از کیفیت مناسب‌تری نسبت به مدل الف برخوردارند. از طرف دیگر، با توجه به ضریب تبیین بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی در مقیاس ۱۰ روزه نمی‌توان بطور مستقیم از مدل (الف) برای پیش‌بینی باران ۱۰ روزه استفاده نمود زیرا هم این ضریب پائین بوده و همچنین در مقیاس ماهانه و سالانه از دقت پایین‌تری نسبت به مدل (ب) برخوردار است و از آنجا که در مباحث منابع آب، میزان بارندگی در مقیاس‌های روزانه تا سالانه مد نظر می‌باشد.

جدول ۸- مقایسه پارامترهای آماری در مقیاس های ۱۰ روزه، ماهانه و سالانه.

| فاضل آباد | | | | گرگان | | | |
|-----------|--------|---------|---------------|--------|--------|---------|---------------|
| سالانه | ماهانه | ۱۰ روزه | پارامتر آماری | سالانه | ماهانه | ۱۰ روزه | پارامتر آماری |
| ۲۲/۰ | * | ۴۰/۳ | ERROR(%) | ۳۳/۵ | * | ۴۸/۵ | ERROR(%) |
| ۱۵۲/۲ | * | ۷/۷ | MBE | ۱۸۴/۵ | * | ۶/۹ | MBE |
| ۱۷۹/۲ | * | ۱۰/۶ | SEE | ۲۱۸/۸ | * | ۹/۴ | SEE |
| ۴/۸ | ۳۴/۵ | * | ERROR(%) | ۱۵/۸ | ۲۹/۳ | * | ERROR(%) |
| ۳۲/۳ | ۱۷/۱ | * | MBE | ۸۹/۰ | ۱۳/۶ | * | MBE |
| ۴۲/۸ | ۲۰/۶ | * | SEE | ۱۱۵/۴ | ۱۹/۶ | * | SEE |
| * | ۲۶/۰ | * | ERROR(%) | * | ۲۹/۱ | * | ERROR(%) |
| * | ۱۶/۷ | * | MBE | * | ۱۶/۵ | * | MBE |
| * | ۲۳/۵ | * | SEE | * | ۲۳/۰ | * | SEE |
| * | * | ۷۱/۳ | ERROR(%) | * | * | ۱۲۶/۰ | ERROR(%) |
| * | * | ۱۳/۱ | MBE | * | * | ۱۰/۸ | MBE |
| * | * | ۱۶/۷ | SEE | * | * | ۱۲/۵ | SEE |
| مراوه تپه | | | | ترشکلی | | | |
| سالانه | ماهانه | ۱۰ روزه | پارامتر آماری | سالانه | ماهانه | ۱۰ روزه | پارامتر آماری |
| ۴۰/۶ | * | ۵۴/۰ | ERROR(%) | ۵۵/۸ | * | ۸۸/۶ | ERROR(%) |
| ۱۲۷/۹ | * | ۴/۷ | MBE | ۱۳۴/۰ | * | ۵/۰ | MBE |
| ۱۷۲/۳ | * | ۷/۸ | SEE | ۱۷۱/۹ | * | ۷/۲ | SEE |
| ۳/۷ | ۲۸/۵ | * | ERROR(%) | ۳۰/۱ | ۴۷/۹ | * | ERROR(%) |
| ۱۱/۷ | ۷/۳ | * | MBE | ۷۲/۲ | ۹/۲ | * | MBE |
| ۸۵/۳ | ۱۱/۷ | * | SEE | ۱۱۲/۰ | ۱۲/۶ | * | SEE |
| * | ۳۸/۵ | * | ERROR(%) | * | ۵۰/۶ | * | ERROR(%) |
| * | ۱۱/۷ | * | MBE | * | ۱۲/۲ | * | MBE |
| * | ۱۷/۳ | * | SEE | * | ۱۷/۳ | * | SEE |
| * | * | ۱۰۶/۱ | ERROR(%) | * | * | ۱۲۴/۱ | ERROR(%) |
| * | * | ۶/۷ | MBE | * | * | ۵/۵ | MBE |
| * | * | ۸/۹ | SEE | * | * | ۶/۸ | SEE |



شکل ۴- نمودارهای مقایسه مقادیر باران پیش‌بینی شده با مدل‌های الف و ب با مقادیر باران واقعی در ۴ ایستگاه مورد نظر.

خط ممتد بیانگر بهترین خط رگرسیون و خط چین بیانگر خط ایده آل (۱:۱) و

الف: پیش‌بینی باران بر اساس باران‌های ۱۰ روزه و برآورد باران‌های ماهانه و سالانه از جمع آنها

ب: پیش‌بینی باران بر اساس باران‌های ماهانه و توزیع مناسب آن به باران‌های ۱۰ روزه و برآورد باران سالانه از جمع آنها.

می‌شود ابتدا باران ۱۰ روزه را به روش (الف) و باران ماهانه را به مدل (ب) پیش‌بینی نمود. سپس باران ماهانه پیش‌بینی شده را براساس نحوه توزیع باران‌های ۱۰ روزه پیش‌بینی شده در هر ماه به دهه‌های مورد نظر تقسیم نمود. تا میزان دقت باران پیش‌بینی شده در مقیاس سالانه بالا باشد. این نتیجه‌گیری بر اساس ۴ ایستگاه در اقلیم‌های مرطوب تا خشک بدست آمد. با این حال تکرار این پژوهش برای نقاط دیگر و شرایط اقلیمی دیگر نیز توصیه می‌شود.

بنابراین بایستی مدلی را برگزید که مناسب‌ترین مقدار را در مقیاس‌های مختلف پیش‌بینی نماید. از طرف دیگر با بررسی‌های به عمل آمده در مقیاس‌های مختلف زمانی فوق می‌توان به این نتیجه رسید که اگر بطور مستقیم از داده‌های بارندگی برای برآورد باران استفاده شود، این پیش‌بینی‌ها در مقیاس‌های کوچکتر نسبت به مقیاس‌های بزرگتر از دقت کمتری برخوردار است، بطوری‌که بورلاندو و همکاران (۱۹۹۶) در تحقیق خود به نتایج مشابهی رسیدند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای دقت بیشتر در هریک از مقیاس‌های زمانی فوق توصیه

منابع

1. Ahmadi, F. 2004. Forecasting of Annual Rainfall in Khorasan Province (Iran) Using of Time Series. Thesis of M.S. Mashhad Ferdowsi university, Irrigation Dep., 284 pp.
2. Ashgar Tosi, A. 2003. Forecasting of Drought in Khorasan Province (Iran) and Optimization of Cropping Pattern for Its Suitability. Thesis of M.S. Mashhad Ferdowsi university, Irrigation Dep., 120 pp.
3. Bloomfield, P., and Nychka, D. 1992. Climate Spectra and Detecting Climate change, *Climate Change*, 21, 275-287.
4. Box, G.E.P., and Cox, D.R. 1964. An analysis of transformations, *J. Roy. Stat. Soc.*, Se, 26, pp:211-252.
5. Box, G.E.P., and Jenkins, G.M., and Reinsel, G.C. 1994. *Time Series Analysis: Forecasting and Control Third Edition*, Holden-Day.
6. Burlando, P., Montana A., and Raze, R. 1996. Forecasting of storm rainfall by combined use of radar, rain gages and linear models, *Atmospheric Research*, 42: 199-216.
7. Charles, T. H. 1977. *Statistical Methods in Hydrology*, 378 pp.
8. Folland, C.K. 1990. Observed Climatic Variation and Change, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. 195-238.
9. Haltiner, J.P., and Salas, J.D. 1988. Development and testing of a multivariate, Seasonal ARIMA(1,1) model, *Journal of Hydrology*, 104: 247-272.
10. Hansen, J. and Lebedeff, S. 1988. Global surface air temperature, *Geology Letter*, 15: 323-326.
11. Jamshidi, V. 1989. Evaluation of Temperature and Rainfall in Tehran City by Time Series. Thesis of M.S. Tarbiat Modares University, Statistics, Dept., 263 pp.
12. Jones, N. 1986. Northern Hemisphere Surface Air Temperature Variations, 1851-1984, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25: 161-179.
13. Kheradmand-Nia, M., and Asakereh, H. 2001. Patterning of ARIMA for Annual Average Temperature in Jask(Iran)., 3rd Conference of Stochastic Process. Isfahan University.
14. Maleki, M. 1989. Investigation and Modeling of Temperature and Rainfall in West Country. Thesis of M.S., Beheshti University, Statistics Dept., 184 pp.
15. Niromand, H., A., and Bozorgnia, A. (translators), 1993. *Introduction for Time Series Analysis*, C. Chetfil, Published by Mashhad Ferdowsi University, 290 pp.
16. Noakes, D.J., Mcleod A.I., and Hipel, W. 1985. Forecasting monthly river flow time series. *International Journal of Forecasting*, 1: 179-190.
17. Rasuli A.A. 2002. Modeling of Climate Parameters in Country North-West. Forecasting Monthly Temperature of Tariz City (Iran) by ARIMA model. Tabriz University, *Jour. of Sociology Science* No. 8.

Evaluation of rainfall forecasting in Golestan province using time series

H. Sharifan and B. Ghahraman

¹Former Ph.D. student of Tarbiat Modares Univ., and Assistant Prof. Dept. of Water Eng. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran ²Associate Prof. Dept. of Water eng. Ferdowsi Univ. of Mashhad, Iran

Abstract

Limiting water resources for agricultural and non agricultural usages pose some difficulties for the present and also for the future. Rainfall is the most important water resource. Therefore, for optimal allocation of water resources, forecasting rainfall for a region is of special importance. Time series analysis seems to be a suitable tool for such forecasting. Four stations of Fazelabad, Gorgan, Maraveh-Tappeh, and Torshakly with different climates were selected for this study. SARIMA model were fitted to 26 years data, using MINITAB software, and rainfall was forecasted accordingly for the period from years 1379-1382. Two different time horizons of 10-day and monthly were adopted for modeling. Forecasted monthly rainfall was discretized to 10-day intervals based on the distribution of month in a similar year. In overall, monthly and annual rainfall were determined by summing 10-day and monthly values, respectively. The forecasted rainfalls were compared to actual observed data. The results showed that for forecasting 10-day rainfall, using 10-day time horizon in SARIMA model formulation is more suitable. While, for monthly and annual forecasting purposed it is preferred to proceed with monthly values.

Keywords: Time series, Rainfall forecasting, SARIMA model, Golestan Province