تحلیل پیش‌بینی روند بارش و دما با استفاده از مدل‌های سری زمانی (ARIMA)

(نمونه موردی: شهرستان کرمانشاه)

حسین ویسی‌پور *

جعفر معصوم‌پور سماکوش **

بهمن صحنه ***

یدالله یوسفی ****

چکیده:

تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعهٔ بشری است و تهدید و بلایی برای سیارهٔ زمین به شمار می‌آید که بررسی و پیش‌بینی عناصر آن هم از جهت برنامه‌ریزی منابع آبی و هم از جهت مدیریت شرایط بحران اهمیت زیادی دارد. بنابراین پیش‌بینی و برآورد نزولات جوی برای هر منطقه و آبخیز به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی در استفاده بهینه (الگوی مناسب جهت بهره‌برداری) از منابع آبی محسوب می‌گردد و لازم است مطالعاتی در این زمینه صورت گیرد تا هم در مدیریت منابع آبی درست عمل کنیم و هم پیش‌بینی درستی انجام دهیم که کشاورزان در امر کشاورزی (مخصوصاً کشت دیم) و برنامه‌ریزان امر منابع و ذخایر آبی موفق عمل کنند تا متحمل خسارات جبران ناپذیری نشوند. هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات زمانی دما و بارش با استفاده از مدل سری زمانی در منطقهٔ مورد مطالعه و پیش‌بینی این عناصر در سال‌های آینده جهت مدیریت منابع آبی می‌باشد. در این تحقیق مدل ARIMA در نرم افزارهای NCSS و MINITAB برای دورهٔ آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۶ م در ایستگاه مذکور برازش شد و با مقایسه مقادیر بارش روزانه، 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 استفاده از داده‌های ماهانه از دقت بیشتری برخوردار هستند. در نهایت پس از بررسی داده‌های روزانه، ماهانه و فصلی مشخص گردید که دمای حداکثر در سال‌های آینده در حال افزایش و بارش روند کاهشی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: *پیش‌بینی بارش، سری زمانی، دمای حداکثر، ARIMA، شهرستان کرمانشاه*

---

* مربی گروه آمار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه (نویسنده مسئول: h.veisipour@gmail.com) تلفن: ۰۹۱۸۸۵۸۶۳۳۲

** عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

*** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه تهران

**** دانشجوی دکتری رشته اقلیم شناسی دانشگاه تهران

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی "**پیش‌بینی داده‌های بارش و دما با استفاده از مدل‌های سری زمانی (مطالعه موردی: غرب میانه ایران؛ دورهٔ آماری ۲۰۰۶-۱۹۶۵) می‌باشد که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه تهیه شده است**

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۵

مقدمه:

در عصر کنونی محدودیت منابع آبی جهت تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و غیر کشاورزی موجب بروز مشکلات عمده‌ای شده است و باران به عنوان یکی از مهمترین منابع آبی موجود محسوب می‌شود. بنابراین پیش‌بینی و برآورد نزولات جوی برای هر منطقه و آبخیز به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی در استفاده بهینه از منابع آبی محسوب می‌گردد. هدف از انجام این پروژه بررسی مناسب‌ترین روش سری زمانی برای پیش‌بینی بارش و همچنین ارائه پیش‌بینی برای آینده می‌باشد. سری زمانی به مجموعه‌ای از دیده‌بانی‌ها با مقادیر ثبت شده از یک متغیر گفته می‌شود که بر حسب زمان مرتب شده باشد. هدف از سری زمانی، تعیین قانونمندی و شناسایی رفتار آن جهت پیش‌بینی در آینده است.

معمولاً برای تحلیل یک سری زمانی تغییراتی که نتیجه چهار مولفه اصلی‌اند، به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند (آذر و مومنی، ۱۳۷۹):

۱) روند: تغییرات دراز مدت در میانگین سری زمانی است؛ و به عبارت دیگر، سیر طبیعی زمانی را در درازمدت، روند گویند که معمولاً حالت صعودی یا نزولی دارد.

۲) تغییرات فصلی: تغییراتی‌اند که در دوره‌های تناوبی کوتاه و در طی یک سال پیش می‌آیند. این تغییرات مربوط به عواملی‌اند که بطور منظم و چرخه‌ای روی یک دوره کمتر از یک سال عمل می‌کنند.

۳) تغییرات دوره‌ای: حرکات نوسانی در یک سری زمانی بادوام بیشتر از یک سال را تغییرات دوره‌ای گویند.

٤) تغییرات نامنظم: تغییرات نامنظم یا تصادفی، نتیجه نیروهای عوامل پیش‌بینی نشده‌اند که نامنظم عمل می‌کنند. این گونه تغییرات طرح معینی را نشان نمی‌دهند و زمان وقوع آنها نامنظم و تقریباً غیر قابل پیش‌بینی است.

در مبحث آبشناختی همانند بارندگی و رواناب با فرآیندهای تصادفی سروکار داریم. مجموعهٔ متغیرهای فرآیند تصادفی ممکن است وابسته و یا مستقل از هم باشند. اگر فقط مقادیر غیر صفر مد نظر باشد، سری از نوع غیر متناوب و در غیر این صورت متناوب می‌باشد. باران‌های روزانه، ماهانه و 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. به طور نمونه در مباحث هیدرولوژی، تغییرات جوی زمین در یک دورهٔ نامعلوم مانند وقوع سال‌های پر باران و به دنبال آن خشکسالی‌های پی در پی 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 این صورت باید نا ایستایی، رفع شود. اگر قوانین حاکم بر مدل مانند میانگین و کوواریانس در طول زمان بصورت دوره‌ای ثابت باشد سری از نوع ایستای دوره‌ای می‌باشد، چون ابن نوع سری قابل تبدیل به ایستا نمی‌باشد لذا باید از روش‌های جدید سری زمانی که بر مبنای ایستای دوره‌ای می‌باشند مانند مدل PAR، PMA و مدلPARMA استفاده کرد. در غیر این صورت برای ایستا نمودن داده‌ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش باکس _کاکس می‌توان استفاده نمود. در جهت مدل‌سازی از سری‌های زمانی، در اغلب موارد

متخصصان از انواع متنوع مدل‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند بطوریکه همبستگی‌های موجود ما بین زمان و مشاهدات مد نظر است (نیرومند، بزرگ نیا؛ ۱۳۸۱). مدل‌های سری زمانی عبارتند از:

الف) مدل‌های بر مبنای ایستا:

● **مدل تصادفی خود همبسته AR(p):** اساس این مدل بر پایهٔ زنجیرهٔ مارکف در زنجیرهٔ زمانی بنا شده است

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

● **مدل خود همبسته _ میانگین متحرک ARMA(p,q):** هر گاه دو مدل قبلی در یکدیگر ادغام شوند، مدل ARMA با مرتبه‌های p و q تصادفی مر بوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود:

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

که در آن: Z_t مقدار پیش‌بینی شده، Z_{t-I} اطلاعات مربوط به گذشته سری، μ میانگین سری، θ و q ضرایب مدل، a_t و a_{t-I} به ترتیب اغتشاش در حال و گذشت می‌باشد.

● **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 (۱۹۹٤) در شرایط ناایستایی، مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبهٔ تفاضلی ارائه نمودند.

● **مدل خود همبسته _ میانگین متحرک تلفیق شدهٔ 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 دورهٔ تناوب s می‌شود. برای ساخت این

مدل‌ها، چهار مرحلهٔ شناسایی مدل، برازش الگو، تشخیص درستی از الگو و پیش‌بینی باید انجام گیرد.

ب) مدل‌های بر اساس ایستای دوره‌ای:

- مدل‌های خود همبستهٔ دوره‌ای (PAR)
- مدل میانگین متحرک دوره‌ای (PMA)
- مدل میانگین متحرک _ اتورگرسیون (PARMA)

در پایان تمامی مدل‌ها آزمون می‌شوند تا بهترین مدل جهت پیش‌بینی انتخاب شود به منظور اینکه نتیجه دقیق‌تری ارائه دهیم.

در زمینهٔ استفاده از سری‌های زمانی در مدل‌سازی پارامترهای هیدرولوژیکی همچون بارندگی، دما و جریان‌های رودخانه تحقیقات متعددی صورت گرفته است. طی بررسی تحقیقات گذشته، دانشمندان به منظور تحلیل تغییرات پارامترهای اقلیمی تلاش نموده‌اند تا این پارامترها را الگوسازی و سپس شبیه‌سازی کنند. الگوسازی در خانوادهٔ آرما، آریما و آریمای فصلی یکی از شیوه‌های مهم و معتبر در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی است (باکس و همکاران، ۱۹۹٤). نواکز و همکاران (۱۹۸۵) قدرت پیش‌بینی کوتاه مدت مدل‌های SARIMA، ARIMA و مدل‌های خود همبستهٔ دوره‌ای (PAR) را بر روی سری ۳۰ ماهه جریان مقایسه کردند و نشان دادند که مدل‌های خود همبستهٔ دوره‌ای دقیق‌ترین پیش‌بینی را دارند. آنها همچنین برتری لگاریتمی را به دیگر تبدیل‌های باکس _ کاکس بر اساس روش حداکثر درستنمایی به دست آوردند.

بورلاندو و همکاران (۱۹۹٦) از مدل‌های ARIMA جهت پیش‌بینی بارندگی‌های ساعتی در زمان وقوع آنها استفاده کردند و مقادیر بدست 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.

لیت و پیکسوتو (۱۹۹۶) کاربرد مدل‌های اتورگرسیو را در بررسی تغییرات دما با استفاده از بلندترین سری‌های زمانی مورد بررسی قرار داده‌اند. مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر تغییرپذیری قابل توجه‌ای در مقیاس‌های سالانه و دهه‌ای وجود دارد. نتیجهٔ دیگر این تحقیق بیانگر آن است که نمی‌توان وجود روند افزایش دما را در مقیاس جهانی به اثر گلخانه‌ای نسبت داد.

تیبا و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی سری زمانی داده‌های ماهانه ساعات آفتابی و تابش خورشیدی در اقلیم‌های حاره‌ای (برزیل) به این نتیجه رسیدند که بهترین روش برای انجام این مطالعه استفاده از روش AR-1 برای تابش خورشیدی و ترکیب آن با ضریب تغییر خود همبسته (auto-correlation) می‌باشد که این ضریب در نواحی شمالی برزیل بین ۰/۴۷ تا ۰/۳۰ و صفر در نواحی دیگر است.

آگیلِرا (۲۰۰۷) با ترکیب مدل ARIMA با مدل مولفهٔ اصلی (PCA) مدلی کاربردی برای پیش‌بینی داده‌های دو طرف طول جغرافیایی ارائه داد که آنرا برای پیش‌بینی خطر پدیدهٔ ال نینو مناسب می‌داند.

در کشور ایران به لحاظ سابقهٔ کوتاه در بهره‌گیری از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم داده‌های جوی، از این روش کمتر استفاده شده است (خردمندنیا و عساکره، ۲۰۰۱). در این میان می‌توان به کار جمشیدی (۱۹۸۹) در مدل بارش _ دما ایستگاه تهران و رسولی (۲۰۰۲) برای پیش‌بینی دمای ماهانه شهر تبریز اشاره نمود. خردمند نیا و عساکره (۲۰۰۱) برای پیش‌بینی درجه حرارت متوسط ماهانه منطقهٔ جاسک از مدل‌سازی SARIMA استفاده نمودند. آشگرطوسی (۲۰۰۳) با استفاده از سری زمانی، خشکسالی منطقهٔ شیروان در استان خراسان را پیش‌بینی نمود و بر اساس نتایج بدست آمده، بهترین الگوی کشت را پیشنهاد کرد. جهانبخش (۱۳۸۳) با استفاده از روش سری‌های زمانی و مدل آریما، پنج ایستگاه معرّف در پنج ناحیهٔ اقلیمی ایران را در فاصله سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۵ مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفته است که مقادیر حداقل و حداکثر دما، به جز مناطق نیمه خشک گرم ایران (ایستگاه‌های حاشیه کویر و

مناطق کم ارتفاع جنوبی)، سایر مناطق _ از جمله نواحی دریای خزر و نواحی کوهستانی _ تغییرات دمایی داشته‌اند و مجموع بارندگی ماهانه به جز در مناطق حاشیه‌ای کویرهای مرکزی تغییرات آماری معنی‌داری ندارند.

تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران، بر اساس کاهش یا افزایش بارندگی نسبت به میانگین درازمدت، توسط رمضانی (۱۳۸۰) انجام شده و نتیجه گرفته است که وقوع خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها، اغلب با شدت‌های متوسط و یا تقریباً نرمال بوده و بروز این پدیده‌ها در سطح استان از همزمانی و نظم خاصی برخوردار است.

عزیزی و همکاران (۱۳۸٤) جهت پیش‌بینی خشکسالی و ترسالی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از مدل سری زمانی هالت وینترز به این نتیجه رسیدند که ۳ دوره خشکسالی و ۲ دورهٔ ترسالی در منطقه رخ داده است، به طوری که خشکسالی‌ها ضعیف و متوسط، اما با تداوم زیاد بوده، در حالیکه ترسالی‌ها شدید و بسیار شدید اما با تداوم کم ظاهر شده‌اند.

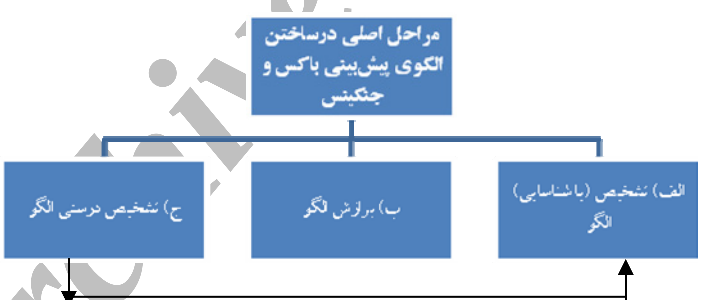
شریفیان و قهرمان (۱۳۸٦) در تحقیقی جهت ارزیابی پیش‌بینی باران در مدت زمانی ۱۰ روزه و ماهانه و سالانه با بکار گیری تکنیک SARIMA در استان گلستان توصیه کردند که برای دقت بیشتر در هر یک از مقیاس‌های زمانی لازم است ابتدا باران ۱۰ روزه و سپس باران ماهانه را پیش‌بینی کنیم و سپس باران‌های ماهانه پیش‌بینی شده را بر اساس نحوهٔ توزیع باران‌های ۱۰ روزهٔ پیش‌بینی شده در هر ماه به دهه‌های مورد نظر تقسیم نمود؛ تا میزان دقت باران پیش‌بینی شده در مقیاس سالانه بالا باشد.

مواد و روش‌ها

با توجه مطالب گفته شده روش انجام تحقیق ما پایه‌ای آماری دارد و بر مبنای استفاده از مدل‌های سری زمانی می‌باشد. چون عناصر اقلیمی نظیر بارش و دما با توجه به زمان اتفاق می‌افتند و شواهد نشان می‌دهد که بین مقادیر قبلی داده‌ها و مقادیر بعدی

ارتباطی (وابستگی) وجود دارد لذا بهترین گزینه برای تحلیل داده‌ها انتخاب روش‌های سری زمانی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا تمامی مدل‌ها برازش شدند و در نهایت به این نتیجه رسیدیم که بهترین روش در این تحقیق روش ARIMA با تأکید بر دورهٔ فصلی می‌باشد (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 (۱۹۹٤) در شرایط نا ایستایی، مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبهٔ تفاضلی ارائه نمودند. در ابتدا داده‌های گم شده برای ماه‌های JAN،FEB، MAR، APR، MAY در سال ۱۹٦۲ را به روش کمترین میانگین مربعات بدست آورده‌ایم وسپس با استفاده ازمدل‌های باکس جنکینز مدلی را به داده‌های دما و مدلی را به داده‌های باران برازش داده‌ایم و برای سال‌های ۲۰۰٦ الی ۲۰۱۲ مقدار باران و دما را پیش‌بینی کرده‌ایم.

مراحل اصلی در ساختن الگوی پیش‌بینی باکس و جنکینس در شکل (۱) خلاصه شده است.



شکل (۱) – مراحل اصلی در ساختن الگوی باکس و جنکینس

ایستا نمودن سری‌های زمانی و معرفی تبدیل باکس و کاکس[۱]

مدل‌های پیش‌بینی باکس و جنکینس با سری‌های زمانی ایستا سروکار دارد. تفاضلی کردن یکی از روش‌هایی است که اغلب به وسیله‌ی آن می‌توان یک سری

[۱] Box and Cox

$$T(Z_t) = Z_t^{(\lambda)} = \frac{Z_t^{\lambda} - 1}{\lambda}$$

ناایستا در میانگین را به سری ایستا، تبدیل نمود. با این حال استفاده از تبدیل توانی *باکس وکاکس* (رابطه۱) می‌توان برای برطرف کردن ناایستایی در واریانس اقدام کرد.

(۱)

که در آن z_t مقدار اولیه واقعه در زمان t، λ پارامتر تبدیل و $z_t^{(\lambda)}$ مقدار تبدیل یافته نظیر است. در تبدیل توانی باکس وکاکس مقدار $\lambda = 0$ متناظر با تبدیل لگاریتمی است.

آزمون بارتلت و لون یک روش متداول برای تشخیص ناایستایی در واریانس به شمار می‌آید.

الگوی عمومی باکس و جنکینس

الگوی عمومی باکس و جنکینس از مرتبه p, q, d, D, P ,Q به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\phi_p(B)\phi_P(B^L)\nabla_L^D\nabla^d y_t^* = \delta + \theta_q(B)\theta_Q(B^L)a_t \qquad (۲)$$

که به مدل "آریمای فصلی ضربی باکس و جنکینس" مشهور است و در آن:

۱ - $\phi_p(B) = (1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p)$ عمل‌گر اتورگرسیو غیر فصلی از مرتبه p

۲ - $\phi_P(B^L) = (1-\phi_{1,L} B^L - \phi_{2,L} B^{2L} - \cdots - \phi_{P,L} B^{PL})$ عمل‌گر اتورگرسیو فصلی از مرتبه P

۳ - $\theta_q(B) = (1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q)$ عمل‌گر میانگین متحرک غیر فصلی از مرتبه q

٤ - $\theta_Q(B^L) = (1-\theta_{1,L} B^L - \theta_{2,L} B^{2L} - \cdots - \theta_{Q,L} B^{QL})$ عمل‌گر میانگین متحرک فصلی از مرتبه Q

۵ - $\delta = \mu\phi_p(B)\phi_P(B^L)$ و مقدار ثابت مدل نامیده می‌شود که در آن μ میانگین واقعی سری زمانی ایستایی است که مدل شده است.

٦ - $a_t, a_{t-1}, \ldots$ جملات اغتشاش و تصادفی هستند که از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

۷ - $\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p, \phi_{1,L}, \phi_{2,L}, \ldots, \phi_{P,L}, \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q, \theta_{1,L}, \theta_{2,L}, \ldots, \theta_{Q,L}$ و δ پارامترهای نامعلوم و مجهول هستند که بایستی از داده‌های نمونه برآورد گردند.

۸ - B عمل‌گر پس‌رو که به شکل $B^k y_t = y_{t-k}$ تعریف می‌شود.

۹ - ∇ عمل‌گر غیر فصلی نامیده می‌شود و به شکل $\nabla = 1 - B$ تعریف می‌شود.

۱۰- ∇_L عمل‌گر فصلی نامیده می‌شود و به شکل $\nabla_L = 1 - B^L$ تعریف می‌شود.

- پارامترهای برآورد شده در مدل باکس و جنکینس همیشه با هم مقداری همبستگی دارند، اما همبستگی زیاد بین آن‌ها نشان دهنده کیفیت پایین و عدم کفایت مدل می‌باشد. به عنوان یک قاعده عملی، هرگاه قدر مطلق همبستگی بین دو پارامتر برآورد شده بزرگ‌تر از ۰/۹ باشد، آن همبستگی را باید بزرگ درنظر گرفت و کفایت الگو رد می‌شود.

جامعه آماری شامل اندازه مقدار بارش، دما، فشار (فشار سطح دریا)، ارتفاع، دمای نقطه شبنم، سرعت باد، ابرناکی، میزان ساعات آفتابی، میانگین دمای حداقل و حداکثر در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان‌های ذکر شده می‌باشد و حجم نمونه نیز تمام داده‌های عناصر اقلیمی ذکر شده موجود در مدت زمانی ٤٢ سال (۲۰۰٦-۱۹٦٥) می‌باشد.

شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها بدین صورت می‌باشد که با استفاده از نرم افزار آماری NCSS و MINITAB مدل‌های سری زمانی به داده‌ها برازش می‌شود و در پایان بعد از آزمون مدل‌های موجود بهترین روش برای پیش‌بینی بارش و دما انتخاب می‌شود یا به عبارت دیگر بر اساس داده‌های سال‌های بین ۲۰۰٦- ۱۹٦٥ مقدار بارش و دما را برای سال‌های ۲۰۱۰- ۲۰۰۷ پیش‌بینی می‌کنیم.

یافته‌ها و بحث

با توجه به نمودارهای بدست آمده نمودار همبستگی جزیی میرا و نمودار

همبستگی در لگهای اول و دوازدهم معنی‌دار است مدل مربوط به داده‌های بارش، مدل ARIMA(0,0,1)*(0,1,1)12 است و نتایج زیر خروجی نرم‌افزار MINITAB است.

P	T	SE COEF	COEF	نوع
۰۰۱/۰	-۲۷/۳	۰۳۹۱/۰	-۱۲۷۹/۰	MA 1
۰۰۰/۰	۷۵/٦۸	۰۱٤۰/۰	۹٦٥٦/۰	SMA 12
۹۳۱/۰	-۰۹/۰	۰۸۰۷۹/۰	-۰۰۷۰۳/۰	Constant

و با توجه به مقدار آماره t= -0.09 p-value=۹۳۱/۰ حضور جمله ثابت در مدل معنی‌دار نیست یعنی در مدل به جمله ثابت نیاز نیست. بنابراین مدل ARIMA(0,0,1)*(0,1,1)12 بدون جمله ثابت را به داده‌ها برازش می‌دهیم که خروجی نرم‌افزار MINITAB به صورت زیر است که متوسط میزان بارش ماهانه برای سال‌های ۲۰۰٤ الی ۲۰۱۱ پیش‌بینی شده است.

P	T	SE COEF	COEF	نوع
۰۰۱/۰	-۲۸/۳	۳۹۰/۰	-۱۲۸۰/۰	MA 1
۰۰۰/۰	٦۷/۷۰	۰۱۳۷/۰	۹٦٥٥/۰	SMA 12

بنابراین فرمول ریاضی مدل ARIMA(0,0,1)*(0,1,1)12 بصورت زیر است:

$$(1 - B^{12})X_t = (1 - 0.128B)(1 - 0.9655B^{12})Z_t$$

نتایج تحقیق

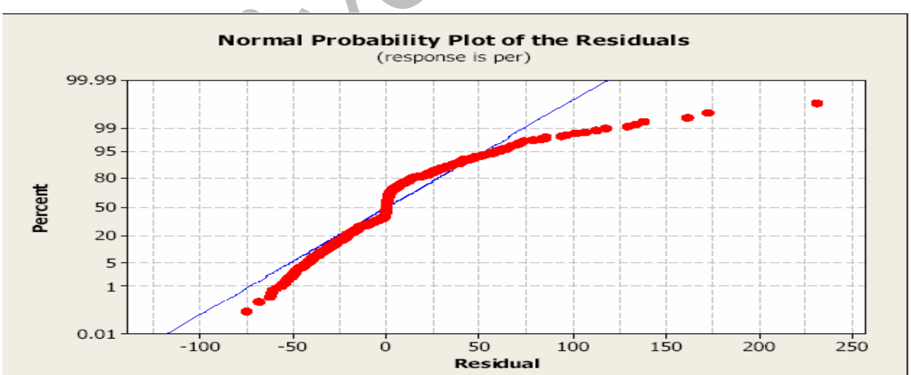
- با توجه به نمودارهای بارش (شکل ٤)، مشاهده می‌شود که تقریباً هر ۲۵ سال یک چرخهٔ سینوسی در مقدار متوسط بارش ماهانه وجود دارد که این چرخه از سال ۱۹۷۳ ماکزیمم بوده و سپس شروع به نزول کرده و در سال ۱۹۸۵ به کمترین مقدار خود می‌رسد و همچنین در سال ۱۹۹٤ به اوج و سال ۲۰۰٦ به پایین‌ترین مقدار خود

رسیده است. با توجه به مدل انتظار داریم تا سال ۲۰۱۸ به بالاترین مقدار خود برسد و پیآمد روند نزولی خود را خواهد داشت.

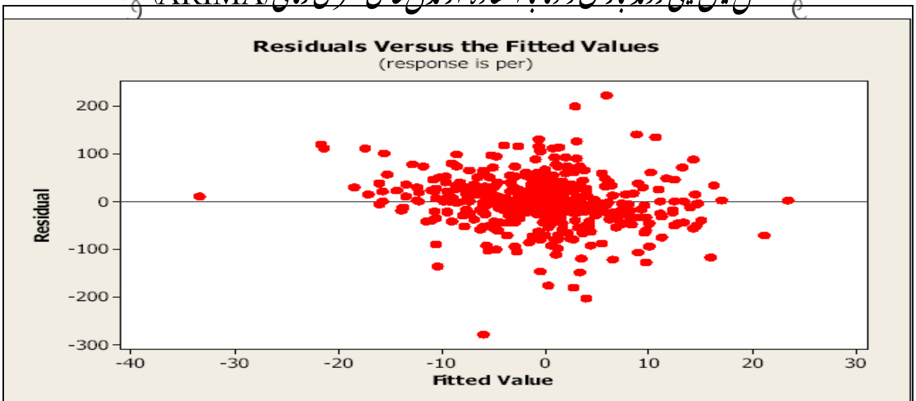
- نمودار سری زمانی دادههای دما و خط روند آن (شکل ۵) نشان میدهد که دمای شهرستان کرمانشاه با شیب 0.00338626 در ماه افزایش مییابد یعنی هر 24.61 سال انتظار تقریبا یک درجه افزایش دما میرود.

- با توجه به درجه تفاضلی D=۱ و نتایج حاصل از مدل محاسباتی نمایان است که سری زمانی دادههای حداکثر دمایی ایستگاه کرمانشاه حول یک محور در نوسان است و شیب به سمت بالاست (شکل ۲) که در واقع روند افزایشی دما را نشان میدهد و در سطح ۹۵٪ معنادار است.

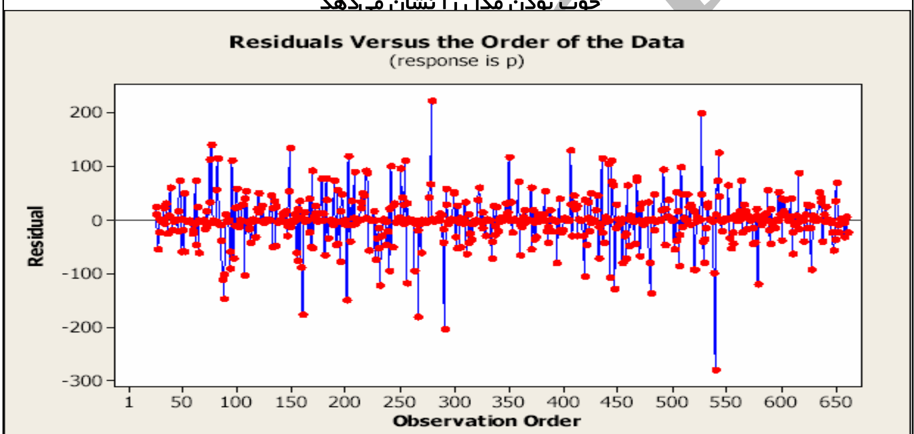
- برای پیشبینی باران فقط در مقیاس ۱۰ روزه استفاده از بارانهای ۱۰ روزه و در مقیاس ماهانه و سالانه استفاده از دادههای ماهانه از دقت بیشتری برخوردار هستند. بررسی داده های روزانه، ماهانه و فصلی نشان داد که دمای حداکثر در سالهای آینده در حال افزایش و بارش روند کاهشی خواهد داشت.



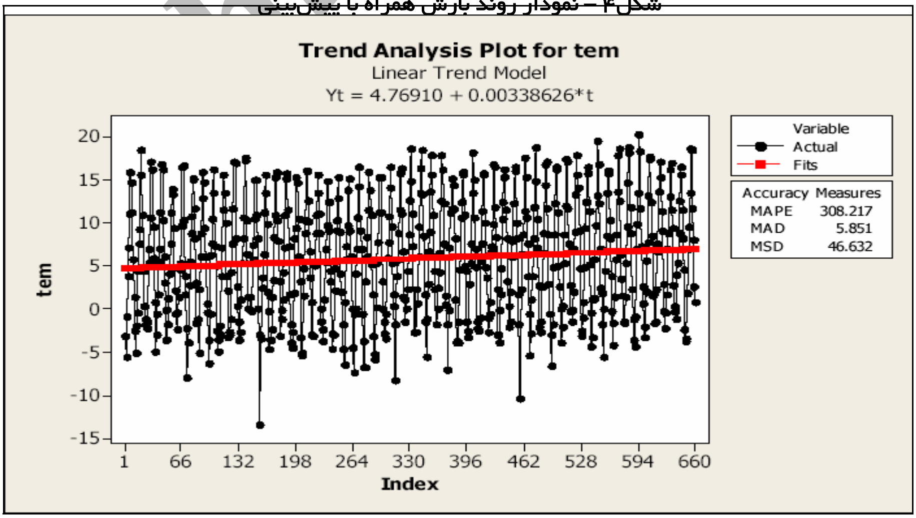
شکل ۲ – نمودار نرمال بودن باقیماندههای مدل برازش شده که نرمال بودن باقیماندهها را تایید میکند



شکل ۳ – نمودار باقیمانده‌های مدل برازش شده در مقابل داده‌های بارش که از الگویی پیروی نمی‌کند و خوب بودن مدل را نشان می‌دهد



شکل۴ – نمودار روند بارش همراه با پیش‌بینی



شکل۵ – نمودار شیب روند دما

منابع و مأخذ

۱–آذر، عادل و مومنی، منصور (۱۳۷۷)، آمار و کاربرد آن در مدیریت، انتشارات سمت.

۲–آشگرطوسی شادی و همکاران (۱۳۸٤)، مدلسازی SARIMA بارندگی‌های فصلی (مطالعهٔ موردی: الگوسازی و پیش‌بینی بارندگی در استان خراسان)، مجلهٔ تحقیقات منابع آب، سال اول، شمارهٔ سوم، صص ۵۳–٤۱.

۳–جهانبخش اصل، سعید و ترابی، سیما (۱۳۸۳)، بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران، مجلهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۱۹، صص ۱۲۵–۱۰٤.

٤–رضیئی، طیب و همکاران (۱۳۸۲)، پایش پدیدهٔ خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI، مجموعهٔ مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، صص ۲۱۳–۲۰٤.

۵–رمضانی، نبی اللّه (۱۳۸۰)، تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران، به راهنمایی آقای دکتر بهلول علیجانی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم، گروه جغرافیا.

٦–زهرایی، بنفشه و روزبهانی، عباس (۱۳۸٦)، خوشه‌بندی سیگنال‌های هواشناسی با توجه به تغییرات بارش (مطالعه موردی: پیش‌بینی بارندگی استان سیستان و بلوچستان)، مجلهٔ علوم مهندسی آبخیزداری ایران، سال اول، شمارهٔ ۲، صص ۲۹–۲۱.

۷–شریفیان، حسین و قهرمان، بیژن (۱۳۸٦)، ارزیابی پیش‌بینی باران با بکارگیری تکنیک SARIMA در استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهارم، شمارهٔ سوم، مرداد– شهریور.

۸–عزیزی، قاسم و روشن، علی اصغر (۱۳۸٤)، بررسی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها و امکان پیش‌بینی آنها با استفاده از مدل سری زمانی هالت وینترز در استان هرمزگان، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۷۹، صص ۱۳٤٤۱–۱۳٤۵٦.

۹– نیرومند، حسینعلی و بزرگ نیا، ابوالقاسم (ترجمه)، مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ دوم، ۱۳۸۱.

۱۰–Aguilera, A.M, et al (2007), Forecasting binary longitudinal data by a functional PC-ARIMA model, computational statistical & data analysis, doi:10.1016/j.csda. 2007.

Box, G.E.P, and Jenkins, G.M (1994), time series analysis: forecasting and control third edition, Holden-day.

۱۱–Borland. P., Montana. A, (1996), forecasting of storm rain full by combined use of rider, rain gages and linear models, Atmospheric research, 42:199-216.

۱۲–Kheradmand-Nia. M and Asakereh. H (2001) patterning of ARIMA for annual average temperature in Jask (Jask), 3rd conference of stochastic process, Isfahan University.

۱۳–Leite. S and Peixoto (1996), the autoregressive model of climatological time series an application to the longest time series in Portugal, international journal of climatology, vol 16, pp. 1165-1173.

۱٤–Noaks. D, Mcleod. A, (1985), forecasting monthly river flow time series, international journal of forecasting, 1: 179-190.

۱۵– Rasuli. A (2002), modeling of climate parameters in country North-West, forecasting monthly temperature of Tabriz city (Iran) by ARIMA model, Tabriz university, jour. of sociology science, No.8.

۱٦–Salas, J. D. and J. T. B. Obyeysekera., "ARMA model identification of hydrologic time series", *Water Resource. Res*, V.18, No. 4, 1982, pp. 1011-1021.

۱۷–Salas, J. D., D. C. Boes and R. A. smith.," Estimation of ARMA models with seasonal parameters", *Water Resource. Res*, V. 18, No. 4, 1982, pp. 1006-1010.

۱۸–Sen, Zekai (1998), Small Sample Estimation of the Variance of Time Averages in Climate Time Series, International Journal of Climatology, Vol. 18, pp1725-1732.

۱۹–Tiba. C, Fraidenraich. N (2004), Analysis of monthly time series of solat radiation and sunshine hours in tropical climates, Renewable Energy, 29, pp. 1147-1160.

۲۰–Young, G. K. and R. U. Jettmar., "Modeling monthly hydrologic persistence", *Water Resource. Res*, V.12, No. 5, 1976, pp. 829-835.