

ترمیم و گسترش ۱۲۷ سال آمار دمای ماهانه مشهد

محبوبه فرزندی*^۱، حجت رضائی پژند^۲، سید حسین ثنایی نژاد^۳

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- کارشناس ارشد، هیدرولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۸/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۵/۱۱

چکیده

طول دوره آماربرداری اهمیت زیادی در تحلیل و پیش‌بینی دمای سالانه دارد. آمار طولانی مدت می‌تواند نوسانات سری‌زمانی دما شامل روند، تغییرات فصلی و تغییرات دوره‌ای را بهتر نمایان کند یا دقت تحلیل فراوانی را افزایش دهد. حداکثر طول دوره آماربرداری دمای هوا در ایستگاه‌های کشور حدود ۶۰ سال است که آمار کوتاه مدتی محسوب می‌شود. این آمار نمی‌تواند روند خطی یا غیر خطی و نوسانات دوره‌ای را به‌خوبی نشان دهد. مشهد دارای ۱۲۷ سال آمار بلندمدت دمای ماهانه است (۲۰۱۱-۱۸۸۵). ۶۰ سال اخیر آن توسط ایستگاه همدید مشهد (۲۰۱۱-۱۹۵۱) و ۶۷ سال باقی مانده (۱۹۴۰-۱۸۸۵) توسط کنسولگری آمریکا واقع در مشهد آماربرداری شده است. این آمار دارای ماه‌های مفقود است (حدود ۲۰٪) که باید ترمیم شود. هدف این مقاله تکمیل آمار ۱۲۷ سالانه دمای ماهانه مشهد است. چند ایستگاه با آمار طولانی مدت وجود دارد که همبستگی خوبی با دمای مشهد دارند که شامل جاسک (ایران، تاسیس ۱۸۹۳)، سرخس و کیزیل (ترکمنستان، تاسیس به ترتیب ۱۹۰۰ و ۱۸۹۳)، ترکستان (قزاقستان، تاسیس ۱۸۸۵) و بغداد (عراق، تاسیس ۱۸۹۳) است. الگوهای خطی و غیرخطی چندگانه متنوعی برای ترمیم آمارهای مفقود به‌کار رفت. سه الگوی خطی در نهایت پذیرفته و استفاده شد. ضریب‌تعیین این الگوها به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۹۳ که نشان از قدرت خوب آنهاست. آزمون‌های کلاسیک و آسیب‌شناسی الگوها نشان از قبول آنهاست. آماره F برای این سه به ترتیب ۲۳۱۶۰، ۳۱۰۸۰ و ۱۴۴۸۰ است. P -value برای تمام آزمون‌ها نزدیک به صفر است. VIF برای هر سه الگو کمتر از ۱۰ است. همچنین آماره دوربین-واتسن نیز در ناحیه قبول قرار می‌گیرد. لذا ۱۲۷ سال دمای ماهانه (۱۸۸۵ تا ۲۰۱۱) ایستگاه مشهد به این ترتیب کامل شد. آزمون همگنی، استقلال، تصادفی بودن و نبود داده‌پرت انجام شد که نتایج رضایت بخش است. بررسی ۱۲۷ سال دمای سالانه مشهد نشان داد که یک نقطه شکست و ایجاد روند صعودی از ۱۹۸۶ به‌وجود آمده است.

واژگان کلیدی: ۱۲۷ سال دمای ماهانه مشهد، رگرسیون خطی و غیرخطی، آسیب‌شناسی، روند، همگنی.

مقدمه

ناصرالدین شاه) آمار دما و بارش ماهانه مشهد و چند شهر دیگر را اندازه‌گیری و گزارش کرده است (Smithsonian Institution, 1927). لذا طول دوره آماری دمای ماهانه شهر مشهد با احتساب این آمار قدیمی به حدود ۱۲۷ سال (۱۵۲۴ ماه) می‌رسد. متأسفانه بعضی از ماه‌ها آماری برداری نشده و مفقود است و باید آنها را ترمیم کرد. این آمار طولانی مدت پس از ترمیم می‌تواند مبنای تحلیل‌های زیادی برای دمای شهر مشهد و شهرهای مشابه باشد. لذا اهمیت ترمیم این آمار کاملاً محسوس است. تاکنون تلاشی برای ترمیم دمای ماهانه شهر مشهد صورت نگرفته است. اما تلاش‌های اندکی برای ترمیم و بازسازی آمار بارش سالانه طولانی مدت این شهر انجام شده است. قهرمان و احمدی (۱۳۸۶) پانزده سال بارش سالانه مفقودی ایستگاه مشهد را ترمیم نموده‌اند (Ghahraman & Ahmadi, 2007). این دو پژوهشگر روش کریجینگ و برازش رگرسیون چندجمله‌ای را بر میانگین‌های متحرک باران سالانه انتخاب نمودند. این روش فقط از اطلاعات درون خود داده‌ها استفاده می‌کند و در مقیاس سالانه است. خلیلی و بذرفشان (۱۳۸۷) با تحلیل فراوانی بارش پنج شهر ایران که آمار طولانی مدت دارند، تداوم خشکسالی‌ها را بررسی کردند. این پژوهشگران روش خودهمبستگی (جانسنی با میانگین دوره) را برای ترمیم بارش طولانی مدت پنج شهر ایران انتخاب کردند. این دو تحقیق، فقط داده‌های بارش سالانه را مد نظر قرار داده است. گوتامی (۲۰۰۷) داده‌های بارش ماهانه موسمی تابستان کلکته هند بین ۱۸۷۱-۱۹۹۹ تجزیه و تحلیل کرد. در این تحقیق متوسط بارش باران‌های موسمی تابستان از سال‌های گذشته به کمک رگرسیون چندگانه خطی برای پیش‌بینی استفاده شد (Goutami, 2007). گاهاتا کورتا (۲۰۰۵) بارش باران‌های موسمی جنوب غربی هند در سال ۲۰۰۵ برای مناطق و زیربخش کرالا با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرد. سی و شش ایستگاه با حداکثر طول دوره آماری انتخاب که ۱۰٪ آمار دارای مفقودی با ایستگاه‌هایی به فاصله دو کیلومتر جایگزین شد (Guhathakurta, 2005). گوپال و اوجها (۲۰۱۰) چند روش رگرسیونی را به همراه استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای برای تحلیل بارش ماهانه در حوزه

پدیده دمای هوا از مولفه‌های اصلی هوا اقلیم‌شناسی است. طول دوره آماری اهمیت زیادی در تحلیل و پیش‌بینی این پدیده دارد. آمار طولانی مدت می‌تواند به خوبی نوسانات سری زمانی یا نتایج تحلیل فراوانی را بهبود بخشد. سری بلند مدت به خوبی روندهای خطی یا غیرخطی و نوسانات دوره‌ای را آشکار می‌کند، در حالی که سری‌های کوتاه مدت در این خصوص نمی‌توانند پاسخ‌های قابل اطمینانی ارائه کنند. تخمین پارامترهای قوانین احتمالی حاکم بر سری طولانی مدت نسبت به کوتاه مدت دقیق‌ترند. این موضوع در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران اهمیت بیشتری دارد. اگر طول داده‌ها در مناطق خشک (مانند مشهد) کمتر از ۵۰ سال باشد، تحلیل فراوانی و بررسی نتایج ضعیف و قابل اطمینان نیست. اگر این آمار بین ۷۰ تا ۱۰۰ سال باشد، می‌توان تا حدودی به نتایج اطمینان کرد. طول آمار بیش از ۱۰۰ سال جواب مساعد و قابل اطمینان ارائه می‌کند (Edmond et al, 1973). بنابراین در اختیار در اختیار داشتن طول دوره آماری بیش از ۱۰۰ سال اهمیت زیادی در تخمین پدیده‌های آب و هواشناسی دارد. در واقع حجم نمونه زیاد دقت برآورد پارامترهای جامعه را که هدف اصلی تحلیل‌های آماریست افزایش می‌دهد (ارقامی و همکاران، ۱۳۸۰). هم‌چنین اگر دوره بازگشت یک پدیده در تحلیل فراوانی کمتر از یک پنجم طول داده‌ها باشد، آنگاه چندان برآوردی دقیق نیست (Jakob et al, 1999). لذا نمی‌توان پدیده‌های آب و هواشناسی کوتاه مدت (کمتر از ۱۰۰ سال) را برای دوره‌های بازگشت بیش از ۲۰ سال برآورد کرد.

طول دوره آماری ایستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری پدیده‌های جوی در ایران کوتاه مدت است. زمان تاسیس قدیمی‌ترین آنها به سال ۱۳۳۰ شمسی (۱۹۵۱ میلادی) می‌رسد. ایستگاه همدید مشهد از این جمله است (سالنامه آماری هواشناسی، ۳۵-۱۳۳۴). طول دوره آماری آن منتهی به ۲۰۱۱ حدود ۶۰ سال است. لذا این آمار کوتاه مدت محسوب می‌شود و نتایج تحلیل آن کم دقت خواهد بود (Jakob et al, 1999). کنسولگری امریکا واقع در مشهد از سال ۱۸۹۰ میلادی (۱۲۶۸ هجری شمسی، دوره سلطنت

اشغال ایران توسط قوای متفقین (۱۳۲۰ش معادل ۱۹۴۱م) منجر به قطع آماربرداری شده است. سپس آمار برداری پس از یک تاخیر ۱۰ساله، دوباره در سال ۱۹۵۱ با تاسیس ایستگاه همدید مشهد ادامه یافته است. چندین ماه نیز به طور پراکنده در طول دوره آماری مفقود است. جدول (۷) آمار مفقودی و مشاهده‌ای دمای ماهانه (۲۰۱۱-۱۸۸۵) را نشان می‌دهد. ماه‌های مفقود رنگی هستند. ایستگاه‌های دیگری نیز در کشور ایران، ترکمنستان، قزاقستان و عراق نیز وجود دارد که آمار دما و بارش ماهانه آنها طولانی مدت و همزمان با ایستگاه مشهد است. بررسی این ایستگاه‌ها وابستگی آماری برخی از آنها را با دمای مشهد نشان داد. این ایستگاه‌ها شامل جاسک (ایران، تاسیس ۱۸۹۳)، سرخس و کیزیل (ترکمنستان، تاسیس به ترتیب ۱۹۰۰ و ۱۸۹۳)، ترکستان (قزاقستان، تاسیس ۱۸۸۵) و بغداد (عراق، تاسیس ۱۸۹۳) است. آمار دمای ماهانه این ایستگاه‌ها به‌عنوان متغیر توضیحی در این پژوهش استفاده شده است (Smithsonian Institution, 1927, 1934, 1950) و (U.S. Department of Commerce, 1950, 1967, 1977, 1981).

ترمیم و گسترش داده‌ها

روش‌های مختلفی برای ترمیم داده‌های مفقودی وجود دارد. این روش‌ها به اطلاعات در دسترس بستگی دارد. اگر اطلاعات خوبی از ایستگاه‌های مجاور در منطقه - که همبستگی مناسبی با ایستگاه مورد نظر داشته باشند- در اختیار باشد، آنگاه رگرسیون چندگانه می‌تواند ابزار سودمندی در ترمیم و گسترش داده‌های مفقود باشد (2002, Yevjevich, 1982, Clarke, 1994). این شیوه در صورتی به‌کار می‌رود که وابستگی فیزیکی (هواشناسی) بین ایستگاه‌ها و متغیرها وجود داشته باشد. دمای هوا می‌تواند در ایستگاه‌های دورتر به‌علت گستردگی توده‌های هوا وابستگی ایجاد کند. نظریه آشوب نیز این موضوع را تایید می‌کند (Ott, 2002). بررسی باقی‌مانده‌ها و آسیب‌شناسی الگو یکی از محاسن خوب الگوهای رگرسیونی است که به خوبی با آماره‌های

آبریز پیچولای هندوستان به کار برد (Goyal & Ojha, 2010).

هدف مقاله حاضر ترمیم داده‌های طولانی مدت دمای ماهانه ۱۲۷ ساله شهر مشهد (۱۵۲۷ ماه) با الگوهای رگرسیون چند متغیره خطی و غیرخطی است. ایستگاه‌های کشورهای مجاور که آمار همزمان و طولانی مدت دارند، در این تحقیق به‌عنوان ایستگاه‌های مینا برای ترمیم آمار (متغیر توضیحی) استفاده شده است. این آمار در صورت ترمیم می‌تواند مبنای ارزشمندی در تحلیل دما و پدیده‌های وابسته به آن باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و ایستگاه مورد مطالعه

ایستگاه همدید هواشناسی مشهد در شرق این شهر و در مجاورت فرودگاه شهید هاشمی نژاد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر قرار دارد. سال تاسیس این ایستگاه ۱۳۳۲ شمسی (۱۹۵۱ میلادی) است (سالنامه هواشناسی، ۳۵-۱۳۳۴). آمار بارش و دمای ماهانه این ایستگاه از بدو تاسیس (۱۹۵۱) تا کنون (۲۰۱۱) بدون مفقودی در اختیار است.

کنسولگری امریکا واقع در مشهد از سال ۱۸۹۰ میلادی (۱۲۶۸ شمسی، دوره سلطنت ناصرالدین شاه قاجار) با تاسیس یک ایستگاه هواشناسی در داخل کنسولگری مبادرت به اندازه‌گیری دما و بارش کرده و آنها را به صورت ماهانه گزارش نموده است (Smithsonian Institution, 1927, 1934, 1947 U.S. Department of Commerce. 1950, 1968, 1977, 1981). این کنسولگری واقع در جنوب محله قدیمی چهارباغ مشهد است که امروزه حدودا پشت جایگاه پمپ بنزین خیابان خسروی مشهد (کوچه میرعلم‌خانی) قرار دارد. این محل هم اکنون به یک حسینیه به نام فروشانیه (قماش فروشان) تبدیل شده است. هنوز تغییراتی در ساختمان کنسولگری ایجاد نشده است. آماربرداری دما و بارش در زمان شاهان بعدی قاجار یعنی مظفرالدین، محمدعلی و احمد شاه و تا جنگ جهانی دوم (۱۹۴۰) نیز ادامه داشته و

طولانی مدت دمای ماهانه (۱۲۷ سال یا ۱۵۲۴ ماه) است که در آن تعدادی از ماه‌ها (۳۲۴ ماه) مفقود است. هدف، ترمیم این مفقودی‌ها با الگوهای رگرسیونی چندگانه خطی و غیر خطی است. چند ایستگاه در ایران وجود دارد که آمار طولانی مدت بیش از ۱۰۰ سال دارد. متأسفانه تعدادی از سال‌های آماری آن‌ها مفقود بوده و نمی‌توانند در ترمیم دمای مشهد به کار روند. هم‌چنین چند ایستگاه با آمار طولانی مدت که هم‌زمانی خوبی با دمای ماهانه ۱۲۷ سال مشهد دارند در کشورهای مجاور موجود است. این ایستگاه‌ها شامل: جاسک (ایران)، سرخس و کیزیل (ترکمنستان)، ترکستان (قزاقستان) و بغداد (عراق) است که در این تحلیل به عنوان ایستگاه مبنا شرکت کرده‌اند. بررسی‌های بیشتر نشان داد که فقط دمای ماهانه ایستگاه‌های جاسک و ترکستان به دلیل همبستگی خوب با دمای مشهد به عنوان ایستگاه مبنا مناسب‌اند. ترمیم و گسترش دمای ماهانه ایستگاه مشهد به-علت نوسانات طول دوره آماری ایستگاه‌های مبنا در سه مرحله انجام شده است که آنها را به ترتیب الگوهای مراحل اول تا سوم نامیده‌ایم. نرم افزار مورد استفاده بسته‌های R.2.14.1 به همراه برنامه نویسی است.

الگوی ترمیم دمای ماهانه مرحله اول: الگوی خطی دو متغیره برای بازسازی آمار سال‌های ۱۹۰۴-۱۸۹۵، ۱۹۴۹-۱۹۴۱، ژانویه، فوریه و ژولای ۱۹۰۵، دسامبر ۱۹۱۰، ژانویه و فوریه ۱۹۱۴، ژانویه ۱۹۱۳، می ۱۹۳۲، سپتامبر تا دسامبر ۱۹۳۳ و فوریه و مارس ۱۹۳۷ از دو ایستگاه مبنای جاسک و ترکستان مطابق رابطه (۲) است.

$TempMashhad = -7/955 + 0/574TempJask + 0/507TempTurk$
 شکل (۱) نمودار ماتریسی پراکنش دمای مشهد (x2)، جاسک (x1) و ترکستان (x3) را نشان می‌دهد. دمای مشهد رابطه خطی خوبی با دمای ایستگاه‌های جاسک و ترکستان دارد.

مختلف کنترل می‌شود. قدرت رگرسیون نیز توسط ضریب تعیین آن مشخص می‌شود. این ضریب سهم نوسانات متغیر وابسته را توسط متغیرهای مستقل تعیین می‌کند (رضایی پزند و بزرگ نیا، ۱۳۸۱)، (Besley, et all, 2004)، (Ranhao, et all, 2008). روش‌های دیگری نیز مانند شبکه عصبی و غیره وجود دارد. شبکه عصبی در واقع نوعی رگرسیون است.

رگرسیون امید ریاضی شرطی Y به شرط متغیرهای X_1 تا X_k مطابق $Y = E(Y | X_1 = x_1, \dots, X_k = x_k)$ است. رابطه (۱) رگرسیون چندگانه خطی را براساس k متغیر توضیحی نشان می‌دهد. β_0 تا β_k پارامترهای الگوهستند که باید باداده‌های در دسترس برآورد شوند. هم‌چنین u مولفه خطاست که فرض می‌شود ازتوزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 پیروی می‌کند. σ^2 باید توسط داده‌ها نیز برآورد شود (رضائی پزند و بزرگ نیا، ۱۳۸۱).

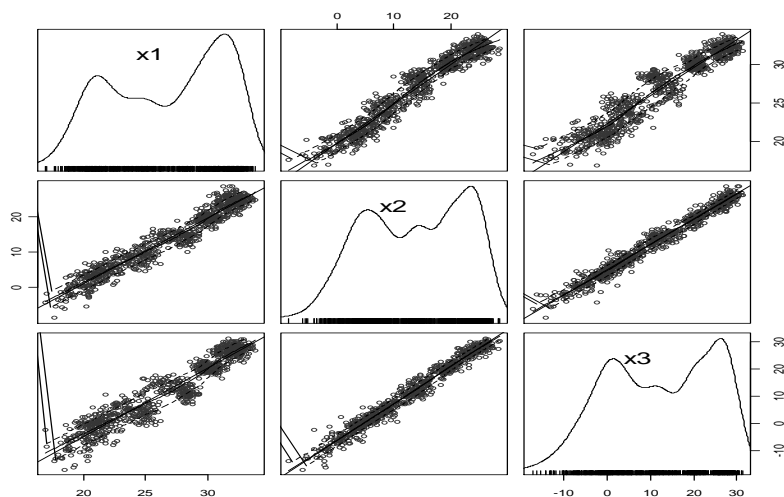
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u \quad (1)$$

نرم افزار مورد استفاده

نرم افزار آماری R.2.14.1 برای تحلیل داده‌ها و برازش رگرسیون استفاده شده است. این نرم افزار کامل ترین نرم افزار آماری است که به رایگان از پایگاه (www.r-project.org) بارگذاری می‌شود. خروجی‌های متنوع، دسترسی ساده به بسته‌های نرم افزاری آن و ... از مزایای این نرم افزار است. بسته‌های نرم افزاری مناسب برای رگرسیون خطی و غیرخطی در این نرم افزار وجود دارد. بسته های نرم افزاری MASS، splines، nnet، survival، car، boot و spatial به همراه برنامه نویسی استفاده شده‌اند (Sheather, 2009 & Ritz and Streibig, 2008).

نتایج و بحث

آمار طولانی مدت نیاز اصلی تحلیل دما و سایر پدیده های هواشناسی است. طولانی ترین آمار رسمی ایران حدود ۶۰ سال است. مشهد از حدود سال ۱۸۹۰ دارای آمار

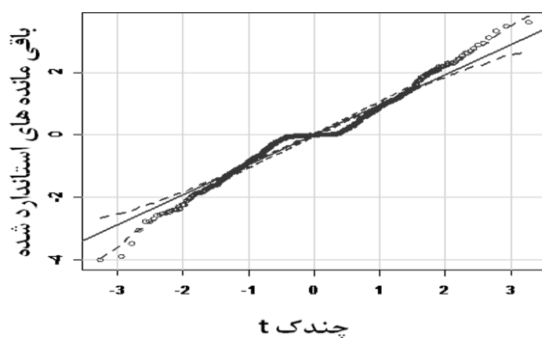


شکل ۱- نمودار ماتریسی پراکنش دما. x1 دمای جاسک، x2 دمای مشاهد و x3 دمای ایستگاه ترکستان است.

جدول ۱- جدول ضرایب الگو، آماره t، اندازه احتمال، ضریب

تعیین و آماره F الگوی (۲)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.955	0.642	-12.41	<2e-16
Temp Turk	0.574	0.029	20.09	<2e-16
Temp Jask	0.507	0.011	46.54	<2e-16
Multiple R-squared: 0.982				Adjusted R-squared: 0.982
F-statistic: 2.316e+04 on 2 and 863 DF,				p-value: < 2.2e-16

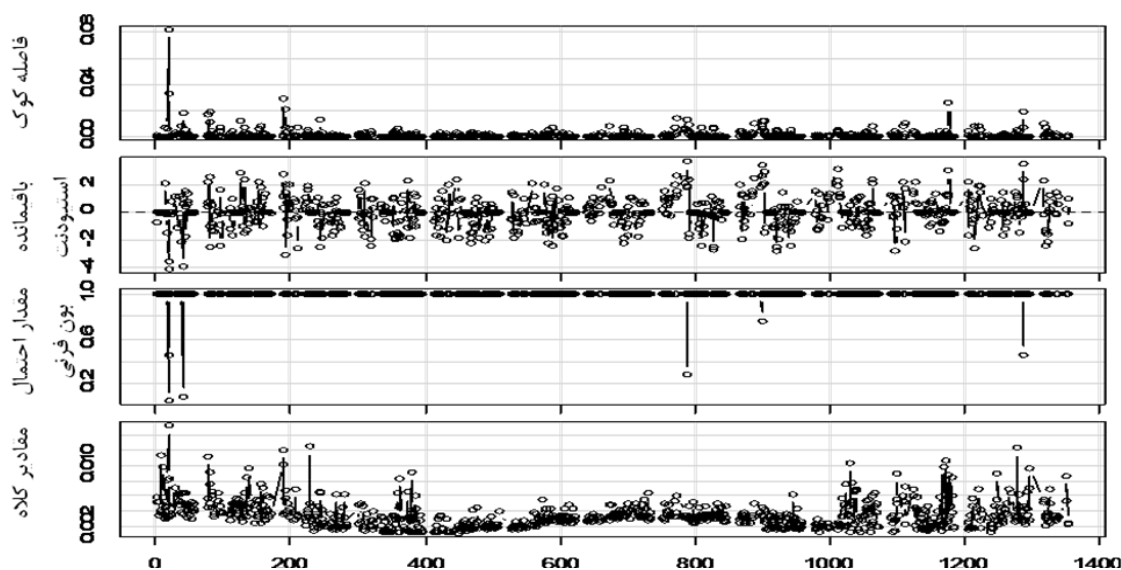


شکل ۲- بررسی نرمال بودن باقیمانده های الگوی (۲)

جدول (۱) تحلیل واریانس الگوی (۲) است. ضرایب الگو، آماره t و اندازه احتمال الگو در این جدول آمده است. متغیرهای ورودی و عرض از مبدا در الگو معنی دار است. مقدار احتمال کلیه ضرایب الگو بسیار کمتر از ۰/۰۵ است که نشان از حضور قوی ایستگاه های انتخابی است. ضریب تعیین تصحیح شده ۹۸٪ است. یعنی فقط ۲٪ از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل تبیین نمی شود (مقدار احتمال بسیار کمتر از ۰/۰۵ است). آماره $F = 23160$ در قسمت پایین جدول (۱) موید قوی بودن الگوست. تحلیل باقی مانده ها (آسیب شناسی الگو) در جدول (۲) و شکل های (۲) و (۳) آمده است. فاصله کوچک (حداکثر ۰/۰۵) نشان از عدم وجود داده پرت دارد. تثبیت واریانس (مقدار احتمال ۰/۰۴) برقرار و هم خطی^۱ (VIF) در الگو مشاهده نمی شود زیرا کمتر از ۱۰ است. یعنی ضریب تعیین به طور کاذب زیاد نشده است. آماره دوربین واتسن (مقدار احتمال ۰/۰۰) نشان از استقلال باقی مانده ها دارد (سطرهای اول تا چهارم جدول ۲). نمودارهای (۲) و (۳) نیز نشان از مناسب بودن رفتار باقی مانده ها دارد. این الگو با توجه به موارد قبل پذیرفته و آمار ترمیمی با الگوی (۲) در جدول (۷) با رنگ مشخص شده است

جدول ۲- آماره کوک، آزمون تثبیت واریانس، هم خطی و دوربین واتسن برای الگوی (۲)

	Minimum	Mean	Maximum	
فاصله کوک	1.522 e-14	0.0013	0.082	
	Chisquare	Df	P	
تثبیت واریانس	0.708	1	0.040	
	x1		x3	
VIF	9.648		9.648	
	Lag	Autocorrelation	D-WStatistic	p-value
دوربین-واتسن	1	0.279	1.439	0
Alternative hypothesis: rho != 0				



شکل ۳- نمودارهای آسیب شناسی الگوی (۲) شامل فاصله کوک، باقی مانده های استیودنت، آماره بون فرنی و قطر ماتریس کلاه

۲- الگوی ترمیم دمای ماهانه مرحله دوم: الگوی خطی یک متغیره مطابق رابطه (۳) با استفاده از آمار دمای ایستگاه ترکستان برای گسترش آمار سال های ۱۸۹۰-۱۸۸۵ و ترمیم آمار دمای ماه های ژوئن، ژولای و آگوست ۱۸۹۲، اکتبر ۱۸۹۴ و مارس ۱۹۵۱ مشهد استفاده شد. جدول (۳) خلاصه و تحلیل واریانس الگوی (۳) است. متغیرهای ورودی و عرض از مبدا در الگو پذیرفته می شوند. ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح شده و آماره $F=31.08$ در قسمت پایین جدول (۳) آمده است. ضریب تعیین تصحیح شده ۹۶٪ است. یعنی کمتر از ۴٪ تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل تبیین نمی شود. سایر موارد و آسیب شناسی الگو نیز بررسی شد (جدول و شکل ۴). تحلیل باقی مانده ها (آسیب شناسی الگو) در جدول (۴) و شکل های (۴) و (۵) آمده است. فاصله کوک (حداکثر ۰/۰۶) نشان از عدم وجود داده پرت دارد. تثبیت واریانس (مقدار احتمال ۰/۰۰) برقرار است. آماره دوربین واتسن (مقدار احتمال ۰/۰۰) نشان از استقلال باقی مانده ها دارد (سطرهای اول تا چهارم جدول ۴). نمودارهای (۴) و (۵) نیز نشان از مناسب بودن رفتار باقی مانده ها دارد. این الگو با توجه به موارد قبل پذیرفته می شود. آمار ترمیمی با الگوی (۳) در جدول (۷) با رنگ مشخص شده است.

$$\text{TempMashhad} = 4/835 + 0/718 \text{TempTurk} \quad (3)$$

۲- الگوی ترمیم دمای ماهانه مرحله دوم: الگوی خطی یک متغیره مطابق رابطه (۳) با استفاده از آمار دمای ایستگاه ترکستان برای گسترش آمار سال های ۱۸۹۰-۱۸۸۵ و ترمیم آمار دمای ماه های ژوئن، ژولای و آگوست ۱۸۹۲، اکتبر ۱۸۹۴ و مارس ۱۹۵۱ مشهد استفاده شد. جدول (۳) خلاصه و تحلیل واریانس الگوی (۳) است. متغیرهای ورودی و عرض از مبدا در الگو پذیرفته می شوند. ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح شده و آماره $F=31.08$ در قسمت پایین جدول (۳) آمده است. ضریب تعیین تصحیح شده ۹۶٪ است. یعنی کمتر از ۴٪ تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل تبیین نمی شود. سایر موارد و آسیب

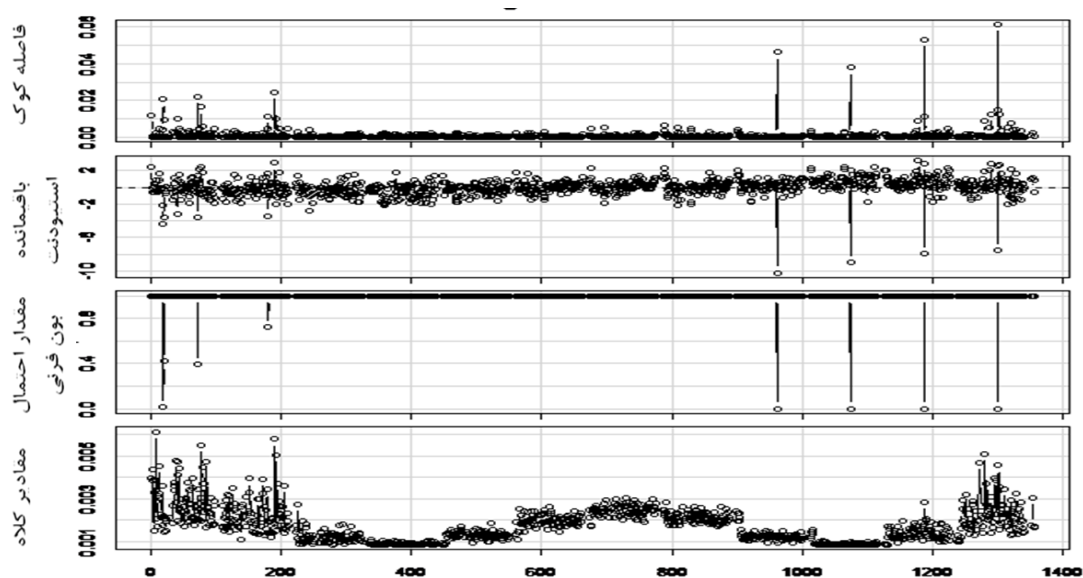
جدول ۳- جدول ضرایب الگو، آماره t و اندازه احتمال الگوی (۳)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.835	0.0697	69.37	<2e-16
Temp Turk	0.718	0.0041	176.29	<2e-16
Multiple R-squared: 0.964,		Adjusted R-squared: 0.964		
F-statistic: 3.108e+04 on 1 and 1160 DF,		p-value: < 2.2e-16		

جدول ۴- آماره کوک، آزمون تثبیت واریانس، هم خطی و دوربین واتسن برای الگوی (۳)

	Minimum	Mean	Maximum	
فاصله کوک	4.58e-10	0.00087	0.062	
	Chisquare	Df	P	
تثبیت واریانس	79.53	1	4.74e-19	
	Lag	Autocorrelation	D-WStatistic	p-value
دوربین-واتسن	1	0.18	1.63	0

Alternative hypothesis: rho != 0



شکل ۴- نمودارهای آسیب شناسی الگوی (۳) شامل فاصله کوک، باقی مانده های استیودنت، آماره بون فرنی و قطر ماتریس کلاسه

شناسی الگو نیز بررسی شد (جدول ۶ و شکل ۵). این موارد درستی الگو را تایید کردند. آمار ترمیمی با الگوی (۴) در جدول (۷) با رنگ مشخص شده است.

$$\text{TempMashhad} = -35/562 + 1/841 \text{TempJask} \quad (4)$$

داده های مشاهده ای و ترمیمی به مدت ۱۲۷ سال در مقیاس ماهانه در جدول (۷) آمده است. نمودار سری زمانی ۱۲۷ ساله ای دمای سالانه مشهد پس از ترمیم مطابق شکل (۶) است. تغییرات فصلی، دوره ای و روند غیرخطی مشهود است.

۳- الگوی ترمیم دمای ماهانه مرحله سوم: الگوی

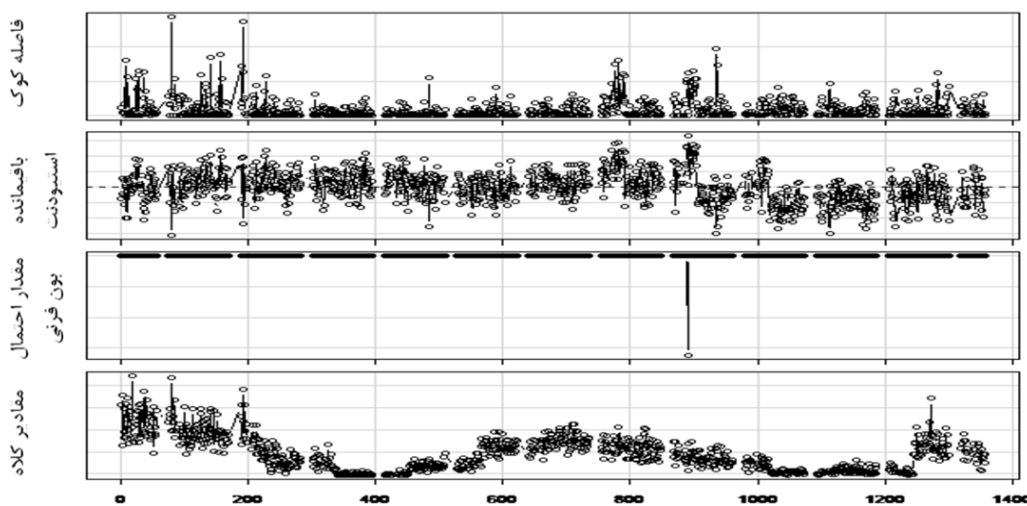
خطی یک متغیره با استفاده از دمای ایستگاه جاسک برای ترمیم آمار ماه های ژولای ۱۹۱۸ تا دسامبر ۱۹۱۹ استفاده شد. این الگو مطابق رابطه (۴) است. جدول (۵) خلاصه و تحلیل واریانس الگوی (۴) است. متغیرهای ورودی و عرض از مبدا در الگو پذیرفته می شوند. ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح شده و آماره F در قسمت پایین جدول (۴) آمده است. ضریب تعیین تصحیح شده ۰/۹۳ است. یعنی کمتر از ۰/۷ تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل تبیین نمی شود. سایر موارد و آسیب

جدول ۵- جدول ضرایب الگو، آماره t و اندازه احتمال الگوی (۴)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-35.56	0.42	-85.55	<2e-16
Temp Jask	1.84	0.015	120.35	<2e-16
Multiple R-squared: 0.93,		Adjusted R-squared: 0.932		
F-statistic: 1.448e+04 on 1 and 1055 DF,		p-value: < 2.2e-16		

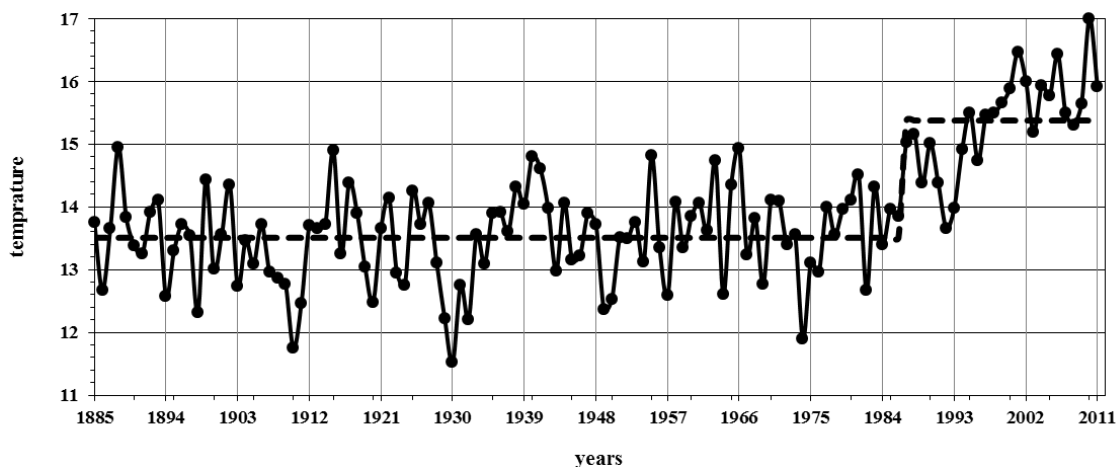
جدول ۶- آماره کوک، آزمون تثبیت واریانس، هم خطی و دورین واتسن برای الگوی (۴)

	Minimum	Mean	Maximum	
فاصله کوک	9.63e-09	0.00091	0.0144	
تثبیت واریانس	Chisquare	Df	P	
	1.1065	1	0.293	
دورین-واتسن	Lag	Autocorrelation	D-WStatistic	p-value
	1	0.4038	1.1919	0



شکل ۵- نمودارهای آسیب شناسی الگوی (۴) شامل فاصله کوک، باقی مانده های استیودنت، آماره بون فرنی و قطر ماتریس کلاه

127 years Mashhad annual tempratur



شکل ۶- سری زمانی میانگین ۱۲۷ ساله دمای سالانه مشهد. خط میانگین با نقطه چین مشخص شده است.

گرمایش جهانی مشاهده می‌شود. این دوره در آزمون همگنی دخالت داده نشده است. لذا این آزمون روی دوره زمانی ۱۸۸۵ تا ۱۹۸۶ انجام شده که نتایج در جدول (۷) آمده است. آزمون گردش، داده پرت و استقلال نیز روی داده‌ها انجام شده است. این آزمون‌ها نشان از تصادفی بودن، استقلال، همگنی و نبود داده پرت دارد. بنابراین می‌توان ۱۲۷ سال آمار را همگن فرض کرد.

آمار طولانی مدت ۱۲۷ ساله دما از دو ایستگاه مجاور هم واقع در شهر مشهد اخذ و ادغام شده‌اند. آزمون همگنی من-ویتنی به منظور اطمینان از همگنی داده‌ها روی آن‌ها انجام شده است. داده‌ها شامل دو بخش است. بخش اول از ابتدا تا سال ۱۹۵۰ به مدت ۶۷ سال (آمار کنسولگری امریکا) و گروه دوم از ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۶ به مدت ۳۵ سال است (آمار ایستگاه همدید مشهد). یک روند صعودی از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ به دلیل وجود جزیره حرارتی و

جدول ۷- آزمون های پایه (تصادفی بودن، استقلال، همگنی و داده پرت) برای ۱۲۷ سال دمای مشهد

Run test			
nruns=51	Zvalue=-0.037	n1=55	n2=47
Data assume random			
Grobs-Beck Outliers test			
Kn=3.02391	Uperband=15.9	Lowerband=11.5	
There is not upper outlier		There is not Lower outlier	
Wald-Wolfuits independent test			
Rbar=18617.70	Var(R)= 26.8	U =1.563	Za/2=1.96
Data are independent and stationary			
Mann-Witney homogeneity test			
n1=67	n2=35	P-value=0.1247	H-stat.=0.0 Zvalue= 1.53528
Data are homogeneous and without jump			

مشخص شده است. مجموع آمار مفقودی ۳۲۴ ماه بوده که نیاز به ترمیم دارد. ایستگاه‌های دیگری در کشور ایران، ترکمنستان، قزاقستان، ارمنستان، ترکیه و عراق نیز وجود دارد که آمار دما و بارش آنها طولانی مدت و همزمان ایستگاه مشهد است. بررسی این ایستگاه‌ها وابستگی خوب بین آمار برخی از آنها و مشهد را نشان داد. دو ایستگاه جاسک (ایران) و ترکستان (ترکمنستان) همبستگی خوبی نشان دادند که برای ترمیم آمار مفقودی دمای ماهانه مشهد به عنوان ایستگاه مبنا در نظر گرفته شدند. الگوهای مختلف خطی و غیرخطی بر داده‌ها برازش و سه الگوی خطی (الگوهای ۲ تا ۴) برای ترمیم دمای ماهانه مناسب تشخیص داده شد. قبول این الگوها از دو دیدگاه آزمون‌های کلاسیک و آسیب شناسی (بررسی باقی مانده‌ها) انجام شد. ضرورت وجود عرض از مبدا، جدول تحلیل واریانس، آسیب شناسی الگو و سایر موارد در جداول (۱) تا (۶) نشان از قبول الگو دارد. همچنین نمودارهای آسیب شناسی الگوها در شکل-های (۲ تا ۵) آمده است. این نمودارها تایید درستی الگوست. ضریب تعیین برای الگوهای (۲) تا (۴) به ترتیب

نتیجه گیری

آمار طولانی مدت دما و بارش یکی از ضروریات تحقیقات هواشناسی یک منطقه است. این آمار می‌تواند سری زمانی طولانی مدت را به خوبی تبیین، روند، تغییرات فصلی و دوره‌ای این سری را بهتر آشکار کند. هم چنین تحلیل فراوانی با آمار طولانی مدت دقیق تر است. طولانی-ترین دوره آماری دما در ایران ۶۰ سال است که با تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی همدید توسط سازمان هواشناسی ایران آمار برداری شده است. این آمار به اندازه کافی طولانی نیست تا بتواند به خوبی روند (خطی یا غیر خطی) و نوسانات دوره‌ای را نشان دهد. مشهد دارای ۱۲۷ سال آمار ماهانه دما (۱۵۲۴ ماه) مطابق جدول (۷) است. ۶۰ سال اخیر آن با تاسیس ایستگاه سینوپتیک مشهد ۱۳۳۲ شمسی (۱۹۵۱ میلادی) در اختیار است. ۶۷ سال باقی مانده دمای ماهانه توسط کنسولگری امریکا از سال ۱۸۹۰ تا ۱۹۵۰ آمار برداری شده است (جدول ۷). تعدادی از ماه‌ها مفقود و آمار برداری نشده اند. این موارد در جدول (۷) با رنگ

شکل (۶) نمودار سری زمانی دمای سالانه ایستگاه مشهد را در دوره ۱۲۷ ساله نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که یک روند غیرخطی کاملاً مشهود در آن وجود دارد. نقطه تغییر این روند حدود سال ۱۹۸۶ است. هم چنین تغییرات دوره‌ای ۳۰ ساله نیز در این آمار طولانی مدت مشاهده می‌شود.

آزمون‌های پایه برای تشخیص تصادفی بودن، استقلال، همگنی و نبود داده پرت روی این آمار انجام شده است. این آزمون‌ها برای داده‌های قبل از ایجاد روند انجام که همگی تایید شدند. نتیجه نهایی اینکه آمار ۱۲۷ ساله فوق می‌تواند مبنای خوبی در اختیار محققین باشد.

۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۹۳ است. این موارد نشان از قدرت خوب الگوها در ترمیم آمار مفقودی ماهانه دارد. عدم وجود داده پرت و همخطی با آماره کوک و VIF آزمون شد. هر دو مورد نشان دادند که داده پرت و هم خطی وجود ندارد. آماره دوربین واتسن نشان داد که باقی مانده‌ها مستقل‌اند. نمودارهای آسیب شناسی نیز پیروی باقی مانده‌ها را از قانون نرمال (شکل‌های ۵ تا ۲) نشان داد. بنابراین می‌توان آمار مفقودی را ترمیم کرد. لذا ۱۲۷ سال دمای ماهانه (۱۸۸۵ تا ۲۰۱۱) ایستگاه مشهد به این ترتیب کامل شد که نتیجه نهایی در جدول (۷) آمده است. کمترین دمای سالانه در سال ۱۹۳۰ (۱۱/۵) درجه سانتیگراد و بیشترین دمای سالانه در سال ۲۰۱۰ (۱۷) درجه سانتیگراد رخ داده است.

جدول ۷- آمار ۱۲۷ سال دمای ماهانه مشاهده‌ای و مفقودی (رنگی) مشهد (۲۰۱۱-۱۸۸۵). داده‌های رنگی ترمیم شده‌اند.

Annual Teprature of mashad station from world weather records													
Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jon	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1885	-0.5	0.9	9.9	16.2	20.4	23.7	25.7	24.3	19.8	13.8	8.0	2.8	13.7
1886	2.0	-1.8	8.4	13.9	18.3	23.0	26.0	24.8	18.4	11.2	6.5	1.4	12.7
1887	-1.8	-0.3	7.8	16.8	18.4	24.3	24.8	24.1	20.1	15.1	9.0	5.7	13.7
1888	3.7	5.3	11.3	16.2	21.8	23.6	27.4	24.3	18.1	16.2	8.7	2.9	15.0
1889	-4.2	5.3	10.5	15.8	17.6	25.1	26.0	24.3	19.7	14.1	8.2	3.6	13.8
1890	1.2	-0.2	8.1	14.2	19.4	23.7	25.7	24.0	19.8	13.8	8.1	2.9	13.4
1891	-1.4	-0.8	7.9	15.5	18.9	23.9	25.6	24.6	19.0	11.8	7.8	6.2	13.2
1892	3.4	4.8	9.6	16.3	21.1	23.1	25.6	24.0	17.2	12.8	5.8	3.3	13.9
1893	1.5	-0.4	10.8	15.8	21.2	25.1	25.1	22.1	20.3	13.1	9	5.6	14.1
1894	-3.2	2.6	8.7	12.9	19.5	24	24.5	22.2	19.4	11.8	6.5	2.0	12.6
1895	-3.6	3.9	9.9	14.8	18.7	23.3	25.1	22.7	19.4	13.8	7.3	4.2	13.3
1896	5.2	4.2	9.2	13.8	19.9	23.4	25.0	24.0	19.0	13.9	6.0	1.0	13.7
1897	-2.3	2.6	6.9	13.5	19.9	23.0	25.6	24.8	21.2	13.8	8.7	4.8	13.5
1898	0.0	0.2	3.6	13.8	19.3	22.5	24.7	22.1	18.7	13.6	6.0	3.3	12.3
1899	2.8	5.0	10.1	15.4	20.4	24.8	25.1	24.1	19.7	15.7	8.8	1.3	14.4
1900	-6.1	-0.1	8.5	14.4	20.7	23.4	25.1	23.5	19.2	14.6	9.0	3.9	13.0
1901	0.2	2.4	10.2	15.9	20.1	22.3	24.4	22.5	18.8	11.9	8.5	5.5	13.6
1902	4.2	3.8	10.2	14.6	19.9	24.5	25.1	23.9	19.3	13.5	7.8	5.4	14.3
1903	-1.2	3.7	5.2	12.6	18.4	23.0	25.2	23.5	19.3	14.3	6.7	2.1	12.7
1904	-2.5	3.4	8.4	13.7	20.4	23.6	25.1	23.8	18.7	12.8	8.9	5.0	13.5
1905	-0.6	-1.5	4.9	14.3	18.9	24.9	24.5	23.7	18.6	14.9	9.4	5.1	13.1
1906	2.2	3.4	8	11	19.4	23.6	24.4	24.3	18.7	14.8	8.5	6.3	13.7
1907	3.2	1.6	7.6	15.3	17.2	21.3	24.6	22.7	18.9	11.4	6.7	5.1	13.0
1908	2.2	3.4	5.8	13.4	17.3	22.3	24.9	22.7	19	11.7	9	2.7	12.9
1909	-1.7	3.2	8	14.6	17.5	22	23.2	22.4	17.2	12.3	10.9	3.6	12.8
1910	1.5	3.2	4.4	11.3	18.2	21.1	23.3	21.2	16.4	12.6	7	0.8	11.7
1911	-4.1	3.8	6.8	12.7	18.6	23.8	24.1	23.3	18.9	12.3	7.1	2.3	12.5
1912	0.6	7	8.9	13.7	18.9	23.8	25.7	22.4	16.9	15.3	8.4	2.8	13.7
1913	2.8	0.1	6.2	11.2	21.1	22.8	26.1	22.6	20	14.5	9.7	6.8	13.7
1914	5.2	3.6	7.3	13.3	18.6	25.2	24.1	22.1	19.2	15.2	8.2	2.7	13.7
1915	4.2	4.3	12.1	12.5	21.1	23.8	24.6	25.3	21.3	13.4	10.6	5.6	14.9
1916	2.7	1.1	7.8	14	19.6	20.4	25.1	25.9	19.8	12.7	4.8	5.1	13.3
1917	4.8	5.9	8.2	16.1	22.1	23.6	25.5	23.9	19.2	12.1	8.2	2.9	14.4
1918	2.2	4	6.1	12.1	20.6	22.1	24.0	24.0	21.4	17.3	9.4	3.5	13.9
1919	1.0	2.6	6.3	13.1	19.4	21.6	22.7	21.8	19.7	15.7	9.8	2.8	13.0
1920	3.2	0.5	8.7	10.8	17.1	23.1	24.8	23.4	20.9	15.1	5.9	-3.7	12.5
1921	2.5	3.5	5.3	15.5	17.2	24.4	26.3	22.8	19.3	13.9	8.7	4.4	13.7
1922	3.7	2.3	8.3	15.4	18.5	24.1	25.1	23.1	19.2	14.9	10	5	14.1
1923	2	3.5	8.7	12	18.7	22.7	24.4	24.3	16.4	13.7	6.9	2.1	13.0
1924	2.7	3.8	8.9	12.7	15.4	21.1	23.7	23.3	18	12.9	7.7	2.9	12.8
1925	-1.2	-0.2	10.6	15.4	20.8	25.2	26.8	24.5	19.6	14.3	7.6	7.6	14.3
1926	3.2	4.5	8.9	11.8	20.1	22.6	24.7	25.4	19.7	13.7	5.6	4.5	13.7
1927	0.4	2.1	6.6	14.6	20.5	24.2	26.6	24.7	20.2	15.9	8	4.8	14.1
1928	-1.2	3	5.1	16.3	20.4	24.3	24.2	22.3	17.7	12.9	9.1	3.2	13.1
1929	-2.8	1.3	8.6	16.4	19.3	21.9	24.2	21.4	20.3	12.1	6.2	-2.2	12.2
1930	-5.3	-0.6	6.6	12.1	17.6	22.9	24.7	21.5	16.5	12	8.6	1.7	11.5
1931	-0.2	-2	8.2	15.4	17.2	21.4	25.8	24.1	20.4	13.2	6.7	2.8	12.8

1932	-1.3	3.1	9	14.1	19.5	21.2	23.9	21.9	18.6	12.9	6.3	-2.7	12.2
1933	-1.4	4.5	5.3	13.6	20.4	22.8	26.1	24.4	19.8	14.3	8.8	4.0	13.6
1934	-2.9	5.6	7.9	12.9	15.1	23.8	25.2	25.1	18.5	14.2	7.2	4.5	13.1
1935	-1.3	6.9	9.4	15.7	19.2	21.8	25.2	25.2	19.6	14.5	6.9	3.7	13.9
1936	1.2	5.3	6.1	14.3	20.6	24.4	25.6	23.2	19.9	16.2	8.3	1.9	13.9
1937	-2.3	3.2	6.7	12	19.7	24	26.6	25.5	20.4	14.8	8.2	4.6	13.6
1938	4.3	6.4	5.8	16.6	21.5	22.5	24.6	24	19.8	13.9	7.9	4.5	14.3
1939	3.2	2.6	6.7	10.7	18.3	26.1	25.4	23.6	20.2	15.1	10.1	6.4	14.0
1940	2.9	5.7	6.2	16.1	18.9	24.7	26.4	23.2	20.4	16.6	10.5	6	14.8
1941	1.5	6.3	10.0	15.2	20.2	24.9	24.8	24.2	19.5	15.2	8.1	5.5	14.6
1942	4.0	2.6	8.2	13.3	19.8	24.4	25.4	23.9	18.8	14.4	9.1	3.9	14.0
1943	0.6	0.5	6.7	14.0	19.9	22.7	26.0	23.7	18.5	12.5	7.0	3.6	13.0
1944	3.6	5.8	11.7	15.0	20.8	23.9	26.1	23.1	19.5	13.5	7.7	-1.7	14.1
1945	-0.5	0.5	6.9	14.8	19.5	24.0	24.8	25.3	19.3	15.1	5.9	2.2	13.2
1946	0.4	5.7	8.1	14.8	20.5	22.6	24.1	23.1	19.9	14.7	6.1	-1.3	13.2
1947	0.5	4.5	10.5	14.7	18.9	22.6	24.3	23.2	19.6	14.1	10.3	3.4	13.9
1948	3.2	4.3	7.5	13.7	20.7	24.0	26.3	24.5	18.6	13.9	7.0	0.8	13.7
1949	-2.0	2.8	6.8	14.5	20.0	23.6	25.1	23.3	16.6	10.2	4.8	2.7	12.4
1950	-2.9	-0.3	9.8	11.6	20.2	23.5	25.7	23.8	17.9	15.6	5.3	0.1	12.5
1951	0.9	-0.7	7.5	13.9	20.2	22.3	25.5	23.4	20.9	15	8.1	5.1	13.5
1952	0.9	6.1	8.3	14.4	18.4	23.2	25.8	23.6	19.1	13.7	5.4	3	13.5
1953	4.3	7.5	7.3	13.4	19.5	23.9	26.1	24.2	19.7	12	6.2	1	13.8

توضیح: داده‌های رنگی مفقوداند. الگوی ترمیمی (۲) تا (۴) به ترتیب با خاکستری روشن تا خاکستری تیره مشخص شده است.

ادامه جدول ۷- آمار ۱۲۷ سال دمای ماهانه مشاهده‌ای و مفقودی (رنگی) مشهد (۲۰۱۱-۱۸۸۵). داده‌های رنگی ترمیم شده‌اند.

Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1954	2.8	0.9	5.5	12.8	19.3	21.8	25.5	23.5	18.9	14.7	7.4	4.4	13.1
1955	3.8	6.9	8.2	13.6	18.2	23.6	27.2	26.2	20.4	13.2	10.4	6	14.8
1956	0.7	4	6.7	13.4	18.6	21.8	27.6	23.7	19.2	12.9	9.3	2.2	13.3
1957	-1.5	1.6	9.7	11.4	18.4	22.3	24.6	23.3	19	12.9	5.8	3.5	12.6
1958	4.2	5.8	11.9	14.7	18	24.5	25.9	23.3	19.6	13	3.2	4.7	14.1
1959	3	-1.6	6.2	16.7	18.7	23.7	24.8	26.2	21.8	14.6	5.9	0.1	13.3
1960	4.4	7.3	4.4	12.2	18.2	24.5	25.4	24.5	19.6	15	7.4	3.2	13.8
1961	2	2.6	8.1	12.7	21	24.3	27.1	24.2	20.1	12	8.5	6	14.1
1962	2.4	6.9	11.3	12.5	19.2	22.5	26.4	23	17.3	13	4.6	4.4	13.6
1963	6.1	8	7.8	15.8	18.2	24.8	26.4	24	20.4	15.8	7.9	1.6	14.7
1964	-7.1	3.3	11.1	12.3	19.1	24	26.5	25.1	19.5	10.9	8.1	-1.5	12.6
1965	0.6	4.3	7.2	13.8	20.6	24.2	26.7	24.3	19.2	15.9	10.5	4.9	14.4
1966	7.3	7.8	9.4	13.8	19.3	26	26.1	25	20	12.7	7.3	4.4	14.9
1967	-0.6	1.9	7.9	12.4	18.3	22.2	25.5	23.8	20.1	13.6	9.8	4	13.2
1968	3.5	2.7	8.5	12.5	18.7	23.3	25.1	24.1	20.1	14.2	9.1	4	13.8
1969	-2.2	-2	9	12.7	18	23.4	25.2	23.3	19.1	14.6	6.3	5.8	12.8
1970	0.1	6.5	8.1	15.7	21.6	23.5	25.2	25.3	18.5	13.7	10.1	1	14.1
1971	1	4.7	10.3	13.7	20.6	23.7	25.3	23.2	18.3	13.2	9.9	5.1	14.1
1972	-5.4	-8.5	4.3	14.7	16.6	22.8	23.8	20.7	19.3	14.8	9.4	-1	11.0
1973	-1.7	5.7	7.4	15.4	18.1	24.3	25.4	24.5	18.2	14.6	9.1	1.7	13.6
1974	-2.9	-4	7.2	12.6	19.4	23.1	25.5	21.8	18.5	11.3	8.8	1.5	11.9
1975	0.6	2.7	8.3	13.8	19.6	23.6	26.2	24	19.4	12.1	5.2	1.8	13.1
1976	4.6	0.4	4.4	13.4	19.5	23.5	25.9	24.1	19.8	13	4.8	2.1	13.0
1977	-5.6	3.5	12.6	16.2	19.7	25.9	25.8	24.1	19.5	13.1	9.3	3.9	14.0
1978	0.5	2.6	8.1	15.4	18.7	23.1	25.5	22.7	20.2	14.9	4.7	6.3	13.6
1979	1.1	4.6	7.5	16.1	16.1	22.3	26.5	23.3	20.3	16.9	7.9	4.9	14.0
1980	-0.6	-0.2	8.1	18.1	20.5	23.9	26.2	23.7	19.4	13.7	10.8	5.7	14.1
1981	4.6	5.6	10.9	14.2	18.9	22.8	26	23.7	19.9	12.7	9.6	5.2	14.5
1982	0	1.1	6.7	16.3	19.5	23	24.9	22.8	18.2	13.8	5	0.7	12.7
1983	1.5	5.3	6.2	14.1	19.8	24.2	27.7	25.4	20	13.2	11.1	3.2	14.3
1984	1.7	-1.5	9.4	15.4	19	23.7	27.4	26.1	18.9	12.7	9.8	-1.9	13.4
1985	1.1	6.3	5.3	14.9	19.3	25.4	26.3	22.7	19.7	13.2	9.4	4	14.0
1986	3.3	4	3.7	12.9	20	23.1	26.4	24	20.7	16.4	8.3	3.4	13.9
1987	5.9	5.8	10	14	21.2	24.3	26.4	26.2	20.3	10	9.8	6.4	15.0
1988	2.5	3	9.9	15.3	18.9	25.9	27.3	24.5	20.6	14.8	11.9	7.3	15.2
1989	-1.8	-0.9	9	15.1	18.4	26	28.4	25.7	20.6	16.9	8.7	6.4	14.4
1990	0.6	3.8	8.8	14.7	21.3	27.2	26.9	26.3	22.2	14.5	11.5	2.3	15.0
1991	2.2	3	7.3	15.5	18.2	24.1	26.7	24.9	21.3	14.9	8.8	5.6	14.4
1992	1.1	4.6	4.8	13.7	16.2	24	26.5	23.5	19.5	14	11	5	13.7
1993	1.2	3.6	7.6	14.7	18.5	24	26.6	24.4	21.9	13	7	5.2	14.0
1994	3.6	2.3	10.2	14.4	21.3	25.6	27.1	26.9	18	13.7	12.3	3.5	14.9
1995	5.2	5.1	8.6	15.7	20.1	25.2	28.9	27.3	21	14	11.6	3.3	15.5
1996	1.4	3.6	7.2	13.5	20	25.5	27.7	25.1	23.3	15.1	7.8	6.6	14.7
1997	4.2	4.1	7.7	15.7	19.8	26.4	28.4	26.3	21.7	18	8.3	4.9	15.5
1998	2.3	1.3	8.8	16.6	19.1	25.4	27.9	26.7	21.9	15.6	11.9	8.4	15.5
1999	3.8	9	8.1	13.8	19.7	26.1	26.6	27.4	21.4	16.4	8.2	7.3	15.7
2000	4.1	4.9	9.2	19.4	23.2	24.8	27.3	26.6	23.1	14.9	7.1	6	15.9
2001	0.9	5.7	11.6	18.7	24.4	26.7	27.5	26.7	21.9	15.6	11.5	6.4	16.5

2002	4.9	6.5	11.8	15.3	19.5	26.1	27	27.3	22.4	19	10.3	1.9	16.0
2003	3.1	6.2	9.2	14.8	17.8	23.9	28.4	26.1	21.4	18.3	8.8	4.3	15.2
2004	5.7	8.8	10.4	13.1	21.3	25.8	27	26.5	21.6	15.1	11.6	4.2	15.9
2005	3.8	3.3	11.4	15.4	19.6	25.8	28.5	25.7	23	16.4	9.4	6.9	15.8
2006	-0.4	8.6	11.0	17.6	23.3	27.1	27.7	27.2	21.3	20.0	10.6	3.1	16.4
2007	3.2	6.0	7.9	17.6	20.9	26.2	27.8	26.0	21.3	13.8	11.7	3.5	15.5
2008	-6.9	1.0	14.9	17.8	23.2	26.8	28.4	26.7	22.3	16.1	8.0	4.8	15.3
2009	3.5	7.7	12.1	12.0	21.2	24.4	27.7	26.6	21.4	15.1	9.6	6.4	15.6
2010	6.2	6.1	11.8	16.8	21.6	27.4	28.6	26.4	21.2	19.4	11.0	7.5	17.0
2011	4.0	3.0	9.7	17.7	24.0	28.2	28.9	27.9	22.4	16.1	6.2	2.9	15.9
میانگین	1.1	3.3	8.3	14.4	19.5	23.9	25.8	24.2	19.7	14.2	8.3	3.6	13.9
انحراف معیار	3.0	2.9	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.5	1.4	1.7	1.9	2.3	1.1
ضریب چولگی	-0.59	-0.70	0.15	0.20	0.20	0.36	0.34	0.31	0.10	0.57	-0.10	-0.73	0.36
ضریب کشیدگی	3.04	4.37	3.08	2.094	4.13	3.16	2.82	2.75	3.30	4.11	3.61	3.71	3.33

توضیح: داده‌های رنگی مفقوداند. الگوی ترمیمی (۲) تا (۴) به ترتیب با خاکستری روشن تا خاکستری تیره مشخص شده است.

- Publications, 679 pages.
12. Ghahraman, B., Ahmadi, F., 2007, Application of Geostatistics in Time series: Mashhad Annual Rainfall, Iran-Watershed Management Science & Engineering. Vol. 1, No. 1.
13. Goutami, B., 2007, The Prediction of Indian Monsoon Rainfall: A Regression Approach. An Electronic Journal of Geography and Mathematics. Vol. XVIII, No. 1
14. Guhathakurta, P (2005) "Long-range monsoon rainfall prediction of 2005 for the districts and sub-division Kerala with artificial neural network", Current Science, 90, 773-779
15. Helsel, D. R., Hirsch, R. M., 2002, Statistical Methods in Water Resources.
16. Jacob. D., Reed. D. W., Robson. A. J., 1999. Choosing a pooling group. Flood Estimation Handbook. Vol. 3. Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
17. Lo, S. S., 1992, Glossary of Hydrology, Water Resource Pub.
18. Ott, Edward, 2002. Chaos in Dynamical Systems. Cambridge University Press New, York.
19. Ranhao, S., Baiping, Z., and Jing, T., 2008, A Multivariate Regression Model for Predicting Precipitation in the Daqing Mountains, Mountain Research and Development, 28(3):318-325.
20. Ritz C. and Streibig, J. C., 2008, Nonlinear regression with R, Springer. 144 pages.
21. Robert J. Allen and Arthur T., (2001) Estimating missing daily temperature extremes using an optimized regression approach, International Journal of Climatology. 21: 1305-1319.
22. Sheather, S. 2009, A model approach to regression with R, Springer. 392 pages.
23. Smithsonian Institution. 1927. World
- منابع
1. Arghami, N.R., Sanjari, N., Bozorgnia, A., 2001, Elementary Survey Sampling Mashhad University Pub, pp435.
2. Amini, A., Chahraman, B., Davari, k., Mousavi, M., 2011, Reconstruction precipitation of Khorasan with two-component method, Journal of Soil and Water (Agricultural Sciences and Technology), Volume 25, Number 5.
3. Khalili, A., Bazrafshan, J. 2008, Evaluation of drought duration risk using annual secular precipitation data in ancient stations of Iran, Journal of Geophysical, Volume 2, Number 2.
4. Rezaee-Pazhand, H., Bozorgnia, A., 2002, Nonlinear Regression Analysis with application, Mashhad University Pub, pp400.
5. Razavi Parizi, Syed Ibrahim., 2005, Introduction to linear regression analysis, Kerman University Press. 193-211, 246-304.
6. Statistical Yearbook of Meteorology, 1955-56, Iran Meteorological Organization.
7. Besley D. A, et all, 2004. Regression Diagnostics, John Whily & Sons Ltd.
8. Clarke, R. T., 1994, Statistical model of Hydrology, John Whily & Sons Ltd, pp9, 87.
9. Dingman, S. L., 2002, Physical Hydrology, Second Edition, PRENTICE HALL.
10. Dolman, J. A., Blyth, E. M., 1997. Patch scale aggregation of heterogeneous land surface cover for mesoscale meteorological models. Journal of Hydrology, No. 3, pp. 252-268.
11. Edmond F. Schulz, Victor A. Koelzer, Khalid Mahmood, 1973, Floods and droughts, Water Resources

- Washington, DC, V.S. Department of Commerce. Environmental Science Services Administration.
29. U.S. Department of Commerce. 1977. World weather records, 1971-1980. Washington, DC, V. S. Department of Commerce. National Oceanographic and Atmospheric Administration.
30. U.S. Department of Commerce. 1981. World weather records, 1961 -1970. Washington, DC, V.S. Department of Commerce. National Oceanographic and Atmospheric Administration.
31. Yevjevich, V., 1982, Probability and Statistic in Hydrology, W. R. Pub. Pp232-276.
- weather records, 1910-1920. S. Smithson. Miss C. Collect. , 79. (Publication2913.)
24. Smithsonian Institution. 1934. World weather records, 1921-1930. Smiths on. Miss c. Col lect., 90. (Publication3216.)
25. Smithsonian Institution. 1947. World weather records, 1931 - 1940. Smiths on. Misc. Col Lect., 105. (Publication3803.)
26. Storch, H. V., Zwiers, F.W., 2003, Statistical Analysis in Climate Research, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
27. U.S. Department of Commerce. 1950. World weather records, 1941 -1950. Washington, DC, V. S. Department of Commerce. Weather Bureau.
28. U.S. Department of Commerce. 1968. World weather records, 1951 -1960.