Archive of SID

دکتر سعید جهانبخش، دانشگاه تبریز
دکتر سیما ترابی، دانشگاه ناتینگهام
S. Jahanbakhsh, Ph.D
S. Torabi, Ph.D
شماره مقاله: ۶۱۹

بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات زمانی درجه حرارت و بارندگی در ایران و پیش‌بینی مقادیر آتی برای فاکتورهای اقلیمی مذکور می‌باشد. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های آماری ۴۱ ایستگاه سینوپتیک به روش تحلیل خوشه‌ای تعداد پنج منطقه اقلیمی همگون مشخّص گردیده و سپس برای هر یک از مناطق مذکور یک ایستگاه معرّف انتخاب شده است. تغیرات حدّاقل و حدّاکثر دمای ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه در فاصله سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ با استفاده از مدل فصلی میانگین متحرّک تجمّعی ضربی (SARIMA) برای ایستگاههای منتخب مورد بررسی قرار گرفته است. از روش واریانس تغییرات و تست F نیز برای یافتن تغییرات اقلیمی ایستگاهها استفاده شده است.

پیش‌بینی مقادیر آتی فاکتورهای اقلیمی با طرح مدلهای آماری برای هر ایستگاه انجام گرفته است. نتایج این بررّسی‌ها نشان می‌دهند که تغییرات اقلیمی در مناطق مورد مطالعه در طول دوره آماری فوق یکسان نمی‌باشد به طوری‌که مقادیر حدّاقل دما در مناطق شمالی (سواحل دریای خزر) و نواحی کوهستانی ایران دارای تفاوتهای قابل ملاحظه‌ای بوده ولی در مناطق دیگر کشور تغییرات زیادی ندارد. از طرف دیگر مقادیر حدّاکثر دما در کلّیه مناطق به جز نواحی جنوبی کشور (مجاورت خلیج فارس و دریای عمّان) دارای تغییرات زیادی است. مجموع بارندگی ماهانه به جز در مناطق حاشیه‌ای کویرهای مرکزی تغییرات آماری معنی‌داری ندارند. عدم وجود روند کاهشی یا افزایشی در عناصر اقلیمی مورد مطالعه، نتایج مطالعات مشابه را تأیید می‌کند.

کلید واژه‌ها: طبقه‌بندی اقلیمی، تغییرات اقلیمی، نواحی اقلیمی ایران، مدلهای اقلیمی، کلاستر آنالیز.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

مقدّمه

تغییر اقلیم[1] مفهومی است که به سادگی نمی‌توان آن را تعریف کرد. با توجّه به تعاریف متعدّدی که برای این واژه وجود دارد، در این مطالعه دیدگاه مورد نظر از تغییر اقلیم، درجه و میزان تغییر پارامترهای دما و بارش در طول زمان است که از طریق مقایسه تفاوتهای مشاهده شده در طول دو دوره آماری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هدف اصلی این مطالعه بررسی تغییرات زمانی و پیش‌بینی دما و بارش در ایران است و به منظور یافتن پاسخهایی به سؤالات زیر که به عنوان فرضیّه‌های تحقیق نیز مطرح می‌باشند انجام گرفته است:

۱. مقادیر حدّاقل و حدّاکثر دما و مجموع بارش ماهانه در ایستگاه‌های معرّف[2] و حدود بالا و پایین آنها چقدر خواهد بود؟

۲. آیا مقادیر دما و بارش ایران در طّی دوره آماری مورد مطالعه تغییر معنی‌داری داشته است؟

این تحقیق یک مطالعه نیمه تجربی[3] می‌باشد. در مطالعات نیمه تجربی دستکاری در متغّیرهایی که تابع کنترل واکنش پدیده‌ها می‌باشند وجود ندارد (*کوک و کمپبل*، ۱۹۷۹). مطالعاتی که با استفاده از روش سریهای زمانی[4] انجام شوند جزو مطالعات نیمه تجربی بوده و در آنها کوشش می‌شود تغییرات پارامترها در طول دوره‌ای ممتّد از زمان نشان داده شود (*بروک*، ۱۹۸۹). در این پژوهش با توجّه به وسعت بسیار زیاد محدوده مورد مطالعه، جهت دستیابی به اهداف چند منظوره، استفاده از نوعی طبقه‌بندی اقلیمی ضروری می‌نمود. لذا ابتدا با بررسی آمار ماهانه تعدادی از فاکتورهای اقلیمی ایستگاههای سینوپتیک کشور به منظور تعیین خطّ پایه مشترک زمانی، با توجّه به وجود سابقه آماری در اکثر ایستگاههای از سال ۱۹۶۶، تعداد ۴۱ ایستگاه سینوپتیک که دارای آمار کافی برای سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ بودند انتخاب گردید، سپس ازطریق انجام آزمونهای همگنی و **برآورد** داده‌های مفقوده و با استفاده از مدل تحلیل خوشه‌ای و روش کمترین واریانس یا "روش وارد[5] " (مانلی، ۱۹۹۴؛ رومزبرگ، ۱۹۸۴) با انجام نوعی طبقه‌بندی اقلیمی تعداد پنج منطقه اقلیمی همگن مشخّص شد. آنگاه برای هریک از مناطق پنج‌گانه اقلیمی یک ایستگاه معرّف با داشتن کمترین فاصله از میانگین ناحیه انتخاب گردید. در هر یک از ایستگاه‌ها

1. Climatic Variability. 2. Representative Stations. 3. Quasi-Experimental.
4. Time Sequence. 5. Ward's Method.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

سه متغّیر اقلیمی شامل میانگین‌های حدّاقل و حدّاکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه جهت مدل‌بندی و نیز بررسی تغییرات دما و بارش مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از متغیّرهای فوق بین ۱۹ تا ۲۳ مدل احتمالاتی اعمال گردید و هر یک به طور جداگانه مورد ارزشیابی تشخیصی[۶] واقع شد. انجام محاسبات آماری در مرحله اوّل منجر به انتخاب مدل اولیّه‌ای گردید و مدل نهائی نیز با انجام آزمون نیکوئی برازش مدل و ارزشیابی تشخیصی به دست آمد. جهت انجام آزمون معنی‌دار بودن تغییرات دما و بارش در طول سالهای مورد مطالعه، کّل مدّت به دو دوره آماری تقسیم شد و سپس با استفاده از آزمون نسبت واریانس‌ها (تست F) و واریانس حاصل از مدل احتمالاتی، فرضیّات مطالعه مورد آزمون و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

روش تحقیق در دو مورد زیر خلاصه می‌شود:

الف) استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای به منظور ناحیه‌بندی اقلیمی ایران.

ب) مدل‌بندی آماری و بررسی تغییرات زمانی دما و بارش در ایستگاههای معرّف.

ناحیه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای

پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در ایستگاههای منتخب

جهت استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای به منظور ناحیه‌بندی اقلیمی ایران، برای ایستگاههای منتخب آمار ماهانه میانگین حدّاقل و حدّاکثر دما، متوسّط رطوبت نسبی در ساعت های ۳، ۹ و ۱۵، مجموع بارش ماهانه، بیشترین بارندگی روزانه و تعداد روزها با بارشی مساوی یا بیش از ۱۰ میلیمتر مورد استفاده قرار گرفته است.

بررسی کیفیّت داده‌ها

الف) بازسازی و برآورد داده‌های مفقوده

برآورد داده‌های مفقوده به روش رگرسیونی و توسّط نرم‌افزار SPSS انجام گرفته است.

ب) بررّسی همگنی داده‌ها

برای بررسی داده‌ها از لحاظ همگنی از روش غیرگرافیکی آزمون توالی استفاده شده است (*Edbon, 1977*). با شمارش تعداد دنباله‌ها در هر یک از متغیّرها و تعیین دنباله‌های مجاز، تصادفی بودن داده‌ها با احتمال خطای ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفته و از همگن

6. Diagnostics.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

بودن آنها اطمینان حاصل شده است. احتمال همگونی داده‌ها و تصادفی بودن متغیّرها با توجّه به P-value < 0.05 تأیید می‌شود.

ناحیه‌بندی اقلیمی

روش انجام ناحیه‌بندی اقلیمی شامل مراحل زیر بوده است:

الف) تهیّه ماتریس داده‌های خام.

ب) محاسبه نمره استاندارد Z برای تک تک متغیّرها.

ج) تشکیل گروه‌بندی‌های ممکن و محاسبه فاصله اقلیدسی[۷] هر پارامتر با میانگین گروه خود.

د) ادغام گروهها به روش کمترین واریانس (روش وارد) و تعیین گروه‌بندی نهایی.

ه) ترسیم دندوگرام که حاصل ادغام گروهها در چندین مرحله است.

و) تعیین محّل قطع کلاسترها و گروههای نهایی به دست آمده (*اوریت*، ۱۹۹۳).

با توّجه به دندوگرام حاصله و محّل قطع کلاسترها پنج ناحیه اقلیمی برای ایران به شرح ذیل تعیین گردیده است:

الف) معتدل خزری و خزری بسیار مرطوب شامل ایستگاههای بابلسر، گرگان، انزلی، رشت و رامسر.

ب) مدیترانه‌ای نسبتا سرد و کوهستانی شامل ایستگاههای ارومیه، تبریز، همدان، زنجان، شهرکرد، سقّز، کرمانشاه، خرّم آباد، مشهد، تربت حیدریّه، اراک، قزوین، شاهرود و سنندج.

ج) نیمه خشک گرم (مناطق حاشیه کویر) شامل ایستگاههای سمنان، تهران، سبزوار، کاشان، شیراز، یزد، زاهدان، کرمان، بیرجند، اصفهان و طبس.

د) خشک و گرم صحرایی شامل ایستگاههای آبادان، اهواز، دزفول، بم، زابل، ایرانشهر و فسا.

ه) خشک و گرم ساحلی شامل ایستگاههای بندر عبّاس، بندر لنگه، بوشهر و چابهار.

نواحی اقلیمی تعیین شده در این مطالعه با نقشه‌های آب و هوایی، توپوگرافی، بیوکلیماتیک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و خطوط همتراز درصد تغییرپذیری دما نیز مطابقت داده شده‌اند.

7. Euclidean Distance Function.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

تعیین ایستگاه‌های معرّف

به منظور استفاده از روش سری‌های زمانی در هر یک از مناطق اقلیمی تعیین شده، یک ایستگاه به عنوان ایستگاه معرّف انتخاب شده است. بدین منظور مجدّدا ماتریس ایستگاه‌های هر ناحیه اقلیمی به طور جداگانه تنظیم گردیده و سپس میانگین هر متغیّر در همان ناحیه محاسبه و به ماتریس اضافه شده است. بعد از استاندارد کردن کلیّه مقادیر و محاسبه ضرایب فاصله ایستگاه‌ها با میانگین متغّیرها در هر ناحیه، یک ایستگاه با داشتن کمترین ضریب فاصله از میانگین ناحیه خود به عنوان ایستگاه معرّف آن ناحیه انتخاب شده است. ایستگاه‌های معرّف نواحی پنج‌گانه اقلیمی به ترتیب عبارتند از بابلسر، قزوین، اصفهان، زابل و بندر لنگه. شکل ۱ محدوده نواحی اقلیمی و موقعیّت ایستگاه‌های معرّف را که با علامت دایره مشخّص شده است نشان می‌دهد.

شکل ۱ نواحی اقلیمی ایران و موقعیت ایستگاه‌های معرف

بررسی تغییرات دما و بارش با روشهای سری‌های زمانی

دوره‌های آماری و سری‌های زمانی پارامترهای اقلیمی در ایستگاه‌های معّرف

سری‌های زمانی به مجموعه‌ای از مشاهدات که بر حسب زمان (یا هر بعد دیگر) مرتّب شده‌اند گفته می‌شود. اگر از اطّلاعات قبل بتوان رفتار آتی یک سری زمانی را به

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

طور دقیق پیش‌بینی کرد، آن را می‌توان به صورت یک دستگاه معیّن جبری در نظر گرفت، در این حالت با حداکثر اطّلاعات قبلی می‌توان صورت احتمالی رفتار آتی سری زمانی را معیّن کرد (*بزرگ‌نیا، ۱۳۶۶*). در این مطالعه برای هریک از ایستگاههای معرّف سه سری زمانی برای پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. در جدول ۱ سالهای آماری و طول سری‌های متوسّط هر ایستگاه نشان داده شده است.

جدول ۱ پارامترها و طول سری‌های زمانی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی

نام ایستگاه	دوره آماری	طول سری متوسّط دمای حداقل	طول سری متوسّط دمای حداکثر	طول سری مجموع بارش ماهانه
بابلسر	۱۹۹۵-۱۹۵۱	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰
قزوین	۱۹۹۵- ۱۹۵۹	۴۴۴	۴۴۴	۴۴۴
اصفهان	۱۹۹۵- ۱۹۵۱	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰
زابل	۱۹۹۵- ۱۹۶۲	۴۰۸	۴۰۸	۴۰۸
بندر لنگه	۱۹۹۵- ۱۹۶۶	۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰

در جدول ۱ منظور از طول سری‌ها تعداد کل مشاهدات یک متغیّر است که برحسب ماه و سال به ترتیب در نرم‌افزار آماری S-plus مرتّب شده و برای انجام آنالیز آماده گردیده‌اند. پس از مرتّب کردن مشاهدات برحسب زمان برای هر یک از متغیّرها منحنی‌های تابع خود همبستگی[8] (به منظور تعیین حدود اطمینان) و تابع خودهمبستگی جزیی[9] (برای تعیین نوع و مرتبه (رسته) مدل سری زمانی) ترسیم شده است. جهت رعایت اصل امساک در مدل بندی یعنی کاهش مرتبه پارامترهای مورد نظر در مدل، به منظور انجام پیش‌بینی‌های بهتر، و اجتناب از خطای بیش از حدّ برازاندن مدل[10] آماره‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و سپس با توجّه به آنها مدل مناسبی تعیین گردیده است (*باکس و جنکینز، ۱۹۷۶؛ بروک ول و دیویس، ۱۹۹۱*). در نهایت با استفاده از آزمون نیکویی برازش مدل و ارزشیابی تشخیص، مدل نهایی تنظیم شده است. به منظور تعیین معنی‌دار بودن تغییرات پارامترها، ابتدا مبدأ زمانی همه آنها سال ۱۹۶۶ در نظر گرفته شده است تا امکان مقایسه تغییرات در همه مناطق اقلیمی امکان‌پذیر باشد. سپس طول دوره آماری به دو دوره ۱۹۶۶ تا ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۵ تقسیم گردیده و برای هر یک از زیر دوره‌ها مدل مجزّایی تعیین شده است. آنگاه با استفاده از واریانس حاصل از مدل Innovation Variance (Sigma2) (*کاتز، ۱۹۸۸*) و نیز از طریق آزمون نسبت واریانس‌ها (تستF) فرض‌های تحقیق مورد آزمون قرار گرفته‌اند.

8. Autocorrelation Function (ACF). 9. Partial Autocorrelation Function (PACF). 10. Over fitting.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

استفاده از روش سری‌های زمانی در تعیین مدل‌های آماری

از آنجایی‌که داده‌های اقلیمی دارای خود همبستگی بوده و از سوی دیگر دارای اثر فصل[۱۱] و یا اثر روند[۱۲] نیز می‌باشند بنابراین از لحاظ ریاضی در بررسی تغییر عناصر یا پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارش جهت تعیین میزان واریانس و مقایسه واریانس تغییرات مشاهده شده در طول دوره آماری لازم است اثر این خود همبستگی‌ها به نحوی منظور شوند. با توجّه به اینکه در مدلهای باکس و جنکینز این نکات به خوبی در نظر گرفته شده‌اند لذا روش مذکور در مورد تعیین تغییرات بارش و دما و سایر متغیّرهای اقلیمی کاربرد وسیعی پیدا کرده است.

در این مطالعه نیز به منظور تعیین مدلهای آماری برای هر یک از ایستگاههای معرّف با توجّه به سه متغیّر مورد مطالعه (میانگین‌های حدّاقل و حدّاکثر دما و مجموع بارش ماهانه) ابتدا با رسم نمودارهای سری‌های زمانی رده مدل مشخّص شده است. نمودارهای ترسیم شده نشان می‌دهندکه سری‌ها نا ایستا[۱۳] هستند بدین معنا که سری‌ها نوعی رفتار همگن یا روند از خود نشان می‌دهند. رفتار ناایستای همگن را می‌توان با مدلی نمایش داد که لازم می‌نماید تفاضل مرتبه d ام فرآیند، یک فرآیند ایستا[۱۴] باشد. در عمل d معمولا صفر، یک و یا حدّاکثر دو است. در مدلهای ایستا فرض بر این است که فرآیند پیرامون یک سطح میانگین ثابت به حال تعادل باقی می‌ماند. این فرآیند موسوم به مدل میانگین متحرّک تجمّعی خودهمبسته[۱۵] یا آریمای مرتبه (p,d,q) است. وجود رفتار تناوبی یا فصلی در پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارش باعث شده است که سری‌های زمانی این‌گونه پارامترها به صورت ناایستا بهتر نمایش داده شوند و در واقع منظور از ناایستایی وجود هرگونه روند و تناوب فصلی است (*بروکول و دیویس*، ۱۹۹۱).

به طورکلّی وقتی در یک سری پس از هر فاصله زمانی پایه (S)، شباهت‌هایی پیدا شوند گفته می‌شود سری رفتار تناوبی با دوره تناوب S از خود نشان می‌دهد. در سری‌های زمانی دما و بارش فاصله زمانی پایه یک ماه و دوره تناوب S=۱۲ ماه است (*مشکانی*، ۱۳۷۱). در این تحقیق، با توجّه به وجود اثرات فصلی، از مدل فصلی میانگین متحرّک تجمّعی خود همبسته (ساریما)[۱۶] استفاده شده است.

11. Seasonal Effect. 12. Trend Effect. 13. Non Stationary Time Series.
14. Stationary Time Series. 15. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA).
16. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

در مدل‌های خود همبسته[۱۷] لازم است میانگین متحرک دو جزء برآورد شود. اگر فرض شود Xt یکسری زمانی باشد، در آن صورت می‌توان مدل احتمالاتی آن را به صورت زیر نوشت:

$$Xi = Dt + Nt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (۱)$$

در رابطه فوق Dt معرّف بخش اصلی است که حرکات سری را نشان می‌دهد و Nt معرّف بخش احتمالاتی است که در واقع خطاهای تصادفی را شامل بوده و به آن ضربه هم گفته می‌شود که در این مطالعه تحت عنوان نوفه سفید[۱۸] ذکر گردیده است (*استورچ و زویرز، ۱۹۹۹*).

اجزای مدل خود همبسته میانگین متحرک نیز نظیر مدل ساده فوق بوده و شامل پارامترهایی است که مرتبه آنها با توجّه به نمودار خود همبستگی و خود همبستگی جزئی تعیین می‌شوند؛ آنگاه با توجّه به مرتبه پارامترها، ضرایب اصلی به دست می‌آیند. منظور از خود همبستگی تعیین میزان همبستگی تک تک مشاهدات با یکدیگر است. بدین معنا که اگر سری مشاهدات مرّتب شده برحسب زمان را به صورت یک در میان جدا نموده و دو سری X و Y از آنها به دست آوریم، مقدار همبستگی میان آنها به خود همبستگی تعبیر می‌شود. در مدل نهایی پارامترهای P (برای بخش فصلی) و p (برای بخش غیر فصلی) اجزای اصلی مدلی هستند که حرکات سری را در خود دارند.

در رابطه (۱) این اجزاء در سمت چپ مدل کلّی فصلی قرار می‌گیرند. امّا جزء احتمالاتی یا نوفه سفید که از یک سری خطاهای تصادفی تشکیل شده و لازم است پارامترهای آن برآورد شوند با Q (برای بخش فصلی) و q (برای بخش غیر فصلی) در سمت راست مدل (رابطه ۱) گنجانده می‌شوند. مرتبه تفاضل‌گیری فصلی (D) در سمت راست مدل و مرتبه تفاضل‌گیری روند (d) در سمت چپ مدل قرار می‌گیرند. در مرحله تعیین مدل برای این مطالعه، ابتدا سری‌ها ایستا گردیده و پس از برداشتن اثر فصل و روند، به منظور تعیین فرآیند خود همبسته مدل، برای مرتبه‌های P و p و در فرآیند میانگین متحرّک برای مرتبه‌های Q و q نمودارهای توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی برای هر یک از سری‌ها ترسیم شده است.

17. Autoregressive. 18. White Noise.

www.SID.ir

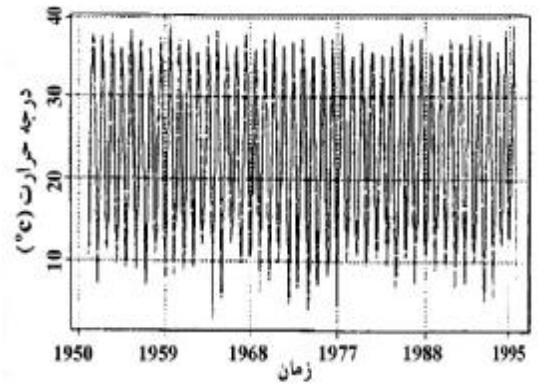
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

نمودارهای ترسیم شده در سری‌های زمانی

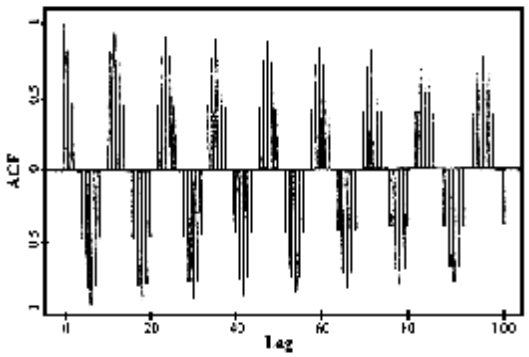
نمودارهای رسم شده برای هر یک از ایستگاهها شامل پارامترهای مورد اشاره در جدول ۱ می‌باشند. در اینجا جهت رعایت اختصار فقط نمودارهای ایستگاه اصفهان به طور نمونه ارائه گردیده‌اند که نتایج حاصل از آنها در مورد سایر ایستگاهها نیز صادق است. این نمودارها عبارتند از:

۱. نمودارهای سری‌های زمانی داده‌های اصلی که نشان دهنده تغییرات سری در طول زمان بوده و به خوبی فقدان روند در سری‌ها را آشکار می‌سازند. بنابراین مقدار تفاضل‌گیری اثر روند (d) در همه سری‌ها مساوی صفر در نظر گرفته شده است (شکل ۲ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۲ نمودار سری‌های زمانی داده‌های اصلی ایستگاه اصفهان

۲. نمودارهای توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی سری‌های زمانی به منظور تعیین مرتبه‌های P، p ، Q و q ترسیم شده‌اند (شکل ۳ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۳ نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی ایستگاه اصفهان

بررّسی شکل ۳ نشان می‌دهد که سری‌ها دارای تغییرات منظّم فصلی می‌باشند. بدین

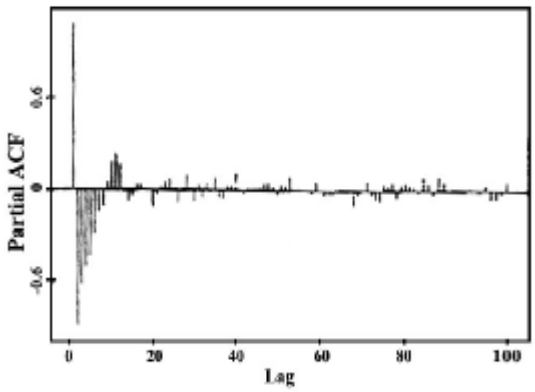
www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

معنا که اثر فصل به خوبی در آنها مشهود بوده و به علاوه عدم میرایی سریع خود همبستگی‌ها، نا ایستایی سری را نشان می‌دهد. برای ایستا نمودن سری با توجّه به وجود بیشترین خود همبستگی در گام ۱۲ دوره تناوب S=۱۲ منظور شده است.

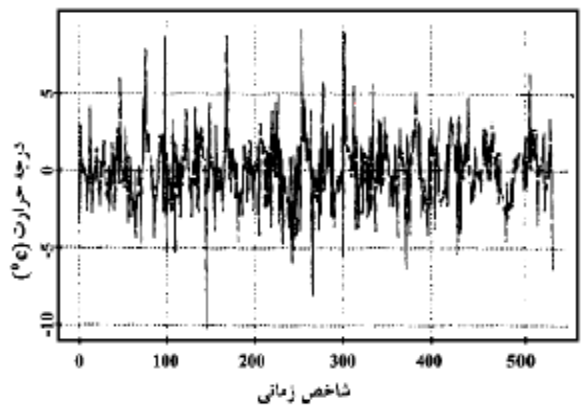
۳. نمودارهای تغییر سری زمانی میانگین حدّاقل دما نشانگر تغییرات سری زمانی مشاهده شده پس از یک بار تفاضل‌گیری فصلی در گام ۱۲ می‌باشند (شکل ۴ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۴ نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی با یکبار تفاضل‌گیری فصلی ایستگاه اصفهان

در نمودار فوق اثر فصل با یک بار تفاضل‌گیری از بین رفته و سری ایستا شده است. لذا مقدار تفاضل‌گیری فصلی (D) مساوی یک در نظر گرفته شده است.

۴. نمودارهای توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی، جهت نمایش سری زمانی میانگین داده‌ها پس از یک بار تفاضل‌گیری فصلی ترسیم شده‌اند (شکل ۵ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۵ تغییرات سری زمانی با یک بار تفاضل‌گیری فصلی ایستگاه اصفهان

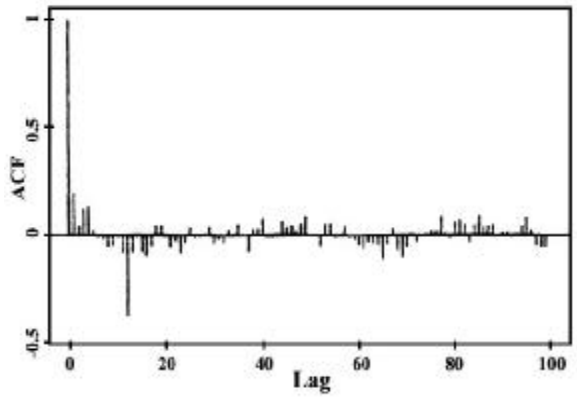
۵. سری نمودارهای ارزشیابی تشخیصی مدل که به منظور ارزیابی مدل تعیین شده به

www.SID.ir

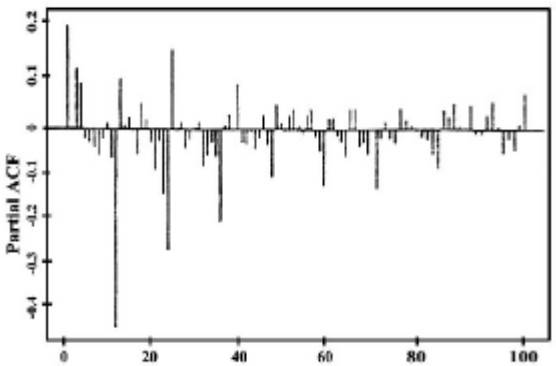
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

کار می‌روند، به ترتیب شامل نمودار مقادیر استاندارد شده باقیمانده‌ها[۱۹]، نمودار تابع خود همبستگی باقیمانده‌ها[۲۰]، نمودار تابع خود همبستگی جزیی باقیمانده‌ها[۲۱] و همچنین مقادیر احتمالات کای اسکوییرال جونگ باکس[۲۲] می‌باشند (*وی ویلیام*، ۱۹۹۰) (شکل‌های ۶ و ۷ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۶ نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی با یک بار تفاضل‌گیری فصلی ایستگاه اصفهان



شکل ۷ نمودار تابع خود همبستگی جزیی سری زمانی با یک بار تفاضل‌گیری فصلی ایستگاه اصفهان

شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهند که سرانجام، خود همبستگی‌ها در محدوده صفر قرار گرفته و از یکدیگر مستقّل می‌باشند. این وضعّیت نشانگر مناسب بودن مدل انتخابی است.

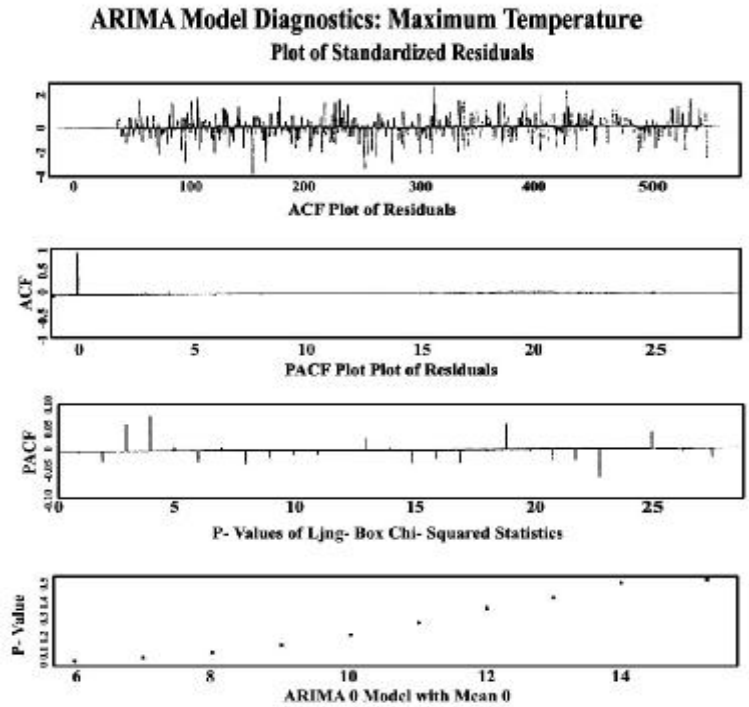
۶. نمودارهای تست احتمال (ARIMA 0 model with mean 0) با اطمینان ۹۵٪ ، فرض صفر مبنی بر وجود خود همبستگی را در مجذور باقیمانده‌ها رد می‌کند (P-value>0.05). بدین‌ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که به علّت عدم وجود خود همبستگی در مجذور باقیمانده‌ها انتخاب مدل مناسب بوده است (شکل ۸ نمونه ایستگاه اصفهان).

19. Standardized Residuals.
20. ACF Plot of Residuals.
21. PACF Plot of Residuals.
22. P-Values of Ljung-Box Chi-Squared Statistics.

www.SID.ir

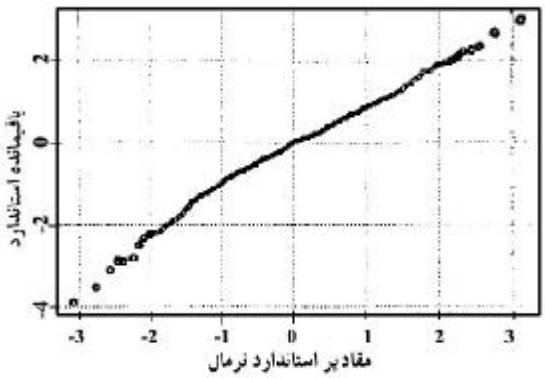
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID



شکل ۸ نمودارهای ارزشیابی تشخیصی مدل و آزمون باقیمانده‌های سری زمانی ایستگاه اصفهان

۷. نمودار کاغذ احتمال نرمال[۲۳] نرمال بودن باقیمانده‌های مدل سری زمانی را نشان می‌دهد (شکل ۹ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۹ نمودار کاغذ احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل سری زمانی ایستگاه اصفهان

۸. نمودار هیستوگرام فراوانی باقیمانده‌های مدل[۲۴]، سری زمانی مربوط به ایستگاه را نشان می‌دهد (شکل ۱۰ نمونه ایستگاه اصفهان).

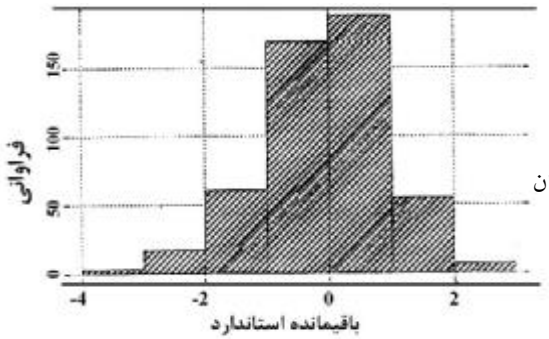
23. Normal Probability.

24. Frequency Histogram of Standardized Residuals.

www.SID.ir

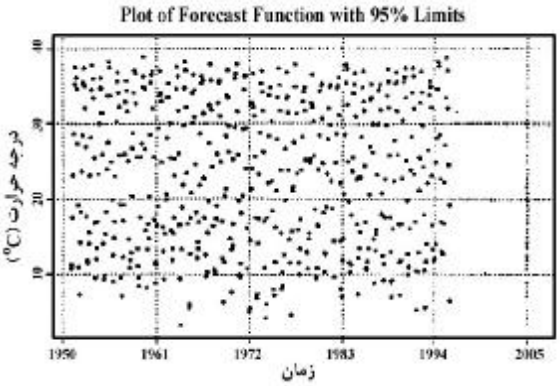
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID



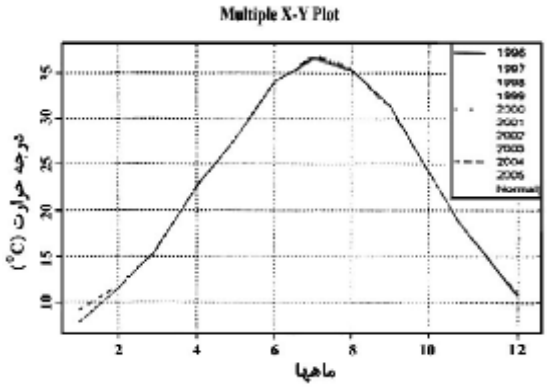
شکل ۱۰ نمودار هیستوگرام فراوانی باقیمانده‌های مدل سری زمانی ایستگاه اصفهان

۹. نمودار مقادیر پیش‌بینی و حدود اعتماد آنها در مدل سری زمانی که نشان‌دهنده تابع پیش‌بینی[۲۵] مقادیر احتمالی متغیّر برای سالهای ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ و حدود اطمینان بالا و پایین آن با قبول احتمال خطای ۰/۰۵ می‌باشند (شکل ۱۱ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۱۱ نمودار مقادیر پیش‌بینی و حدود اعتماد آهنا در مدل سری زمانی ایستگاه اصفهان

۱۰. نمودار مقایسه مقادیر پیش‌بینی و مقادیر نرمال[۲۶] که مقادیر نرمال شده سری را در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده نشان می‌دهد (شکل ۱۲ نمونه ایستگاه اصفهان).



شکل ۱۲ نمودار مقایسه مقادیر پیش‌بینی و مقادیر نرمال سری زمانی ایسنگاه اصفهان

25. Forecasting Function.
26. Multiple X-Y Plot.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

جداول تنظیمی برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه

۱. جداول آماره‌ها و مقادیر احتمال آزمون نیکوئی برازش مدل (آزمون کای اسکوئیرال جونگ- باکس). (توزیع احتمال نرمال باقیمانده‌های استاندارد شده مدل نهایی از طریق تست کولموگروف اسمیرنوف (*Edbon, 1977*) مورد آزمون قرار گرفته است). در اینجا نیز جهت رعایت اختصار فقط به ارائه جداول نمونه ایستگاه اصفهان اکتفا شده است. (جداول ۲ و ۳ نمونه ایستگاه اصفهان).

جدول ۲ مشخصات آماره‌های مدل برای ایستگاه اصفهان

AIC	AICC	SBC	MSE	Loglik	Sigma2	n.used	n.cond	M
۲۰۳۱/۱۷	۲۰۳۵/۳۴	۲۰۲۹/۲۱	۳/۴۶۴	۲۰۲۱/۱۷	۳/۱۵۰۷۶	۵۰۲	۳۸	۵

مدل نهایی برای میانگین حداکثر دما در ایستگاه اصفهان با توجّه به آماره‌های جدول ۲ و ارزشیابی تشخیصی باقیمانده‌های مدل (شکل ۸) عبارت است از:

$$(2, 0, 0)(2,1,1)(1\text{-}1.221B\text{+}0.006B)(1\text{+}0.050B^{12}\text{+}0.080B^{24})(1\text{-}B_{12})Zt=(1\text{-}B)(1\text{-}0.904B^{12})at$$

آزمون نرمال بودن باقیمانده‌ها نشان می‌دهد که آماره کولموگروف اسمیرنوف در مورد ایستگاه اصفهان برابر

x±2SD = (- 0.0753903, 0.9981486)’df =10’ P-value = 0.0573’ 0.039

می‌باشد که فرض صفر مبنی بر نرمال بودن باقیمانده‌ها را تأیید می کند.

جدول ۳ آماره‌های آزمون کای اسکوئیرال جونگ باکس و مقادیر احتمال آنها برای ایستگاه اصفهان

Log	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Statistic	۶/۸۰	۷/۰۲	۷/۳۲	۷/۵۳	۷/۶۲	۷/۹۶	۷/۶۹	۷/۹۸	۷/۹۹	۸/۷۲
P-value	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۵۵

۲. جداول مقادیر پیش‌بینی شده، جهت بررسی متغیّرها در فاصله سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ به تفکیک ماه‌های سال برای کلیه ایستگاه‌ها تنظیم شده است (جدول ۴ نمونه ایستگاه اصفهان).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

جدول ۴ مقادیر پیش‌بینی شده حدّاکثر دمای ماهانه از سال ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ و میانگین مقادیر از سال ۱۹۵۱ تا ۱۹۵۵ ایستگاه اصفهان

سال / ماه	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	۲۰۰۱	۲۰۰۰	۱۹۹۹	۱۹۹۸	۱۹۹۷	۱۹۹۶	میانگین ۴۴ سال
ژانویه	۹/۰۸	۹/۰۸	۹/۰۸	۹/۰۸	۹/۰۸	۹/۰۷	۹/۰۹	۹/۲۰	۸/۸۵	۷/۷۴	۹/۲۰
فوریه	۱۱/۷۶	۱۱/۷۶	۱۱/۷۶	۱۱/۷۶	۱۱/۷۶	۱۱/۷۶	۱۱/۷۷	۱۱/۷۹	۱۱/۷۰	۱۱/۵۱	۱۲/۲۰
مارس	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۱۵/۸۱	۱۵/۸۲	۱۵/۸۱	۱۵/۷۳	۱۵/۸۷	۱۶/۸۰
آوریل	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۲۲/۶۰	۲۲/۶۲	۲۲/۶۵	۲۲/۴۵	۲۲/۴۰
مه	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۷۵	۲۷/۸۰	۲۷/۷۶	۲۷/۹۰
ژوئن	۳۴/۰۵	۳۴/۰۵	۳۴/۰۵	۳۴/۰۵	۳۴/۰۵	۳۴/۰۵	۳۴/۰۴	۳۴/۰۴	۳۴/۱۰	۳۴/۰۳	۳۴/۱۰
ژوئیه	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷	۳۶/۶۶	۳۶/۶۸	۳۶/۶۹	۳۶/۵۱	۳۶/۴۴	۳۶/۶۰
اوت	۳۵/۵۸	۳۵/۵۸	۳۵/۵۸	۳۵/۵۸	۳۵/۵۸	۳۵/۵۸	۳۵/۵۹	۳۵/۶۱	۳۵/۴۸	۳۵/۳۵	۳۵/۴۰
سپتامبر	۳۱/۲۶	۳۱/۲۶	۳۱/۲۶	۳۱/۲۶	۳۱/۲۵	۳۱/۲۶	۳۱/۲۶	۳۱/۲۴	۳۱/۱۹	۳۱/۴۴	۳۱/۶۰
اکتبر	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۸	۲۴/۰۷	۲۴/۰۴	۳۴/۱۷	۲۴/۶۰
نوامبر	۱۷/۳۰	۱۷/۳۰	۱۷/۳۰	۱۷/۳۰	۱۷/۳۰	۱۷/۳۰	۱۷/۳۱	۱۷/۳۱	۱۷/۲۵	۱۷/۲۳	۱۷/۰۰
دسامبر	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۰/۹۱	۱۰/۹۹	۱۱/۲۹	۱۱/۰۰	۱۰/۰۷

۳. جداول مشخّصات آماری مدل در دو دوره زمانی شامل واریانس حاصل از مدل، تعداد داده‌های به کار رفته در مدل و آماره F (جدول ۵ نمونه ایستگاه اصفهان).

جدول ۵ مشخصات آماری مدلها در مورد ایستگاه اصفهان

مشخّصات مدلها	دوره دوّم: ۱۹۹۵- ۱۹۸۱	دوره اوّل: ۱۹۸۰- ۱۹۶۶
واریانس حاصل از مدل	Σ_{y^2} = ۲/۶۸۳	σ_{x^2} = ۳/۷۸۱
تعداد داده‌های بکار رفته در مدل	۱۴۳	۱۴۳
آماره F	۱/۴۰۹	

با توجّه به آماره آزمون F، فرض صفر مبنی بر $H_0 : \sigma_{x^2} = \sigma_{y^2}$ با اطمینان ۹۵٪ رد می‌شود ($P>0.05, n1=142, n2=142$). جدول ۵ نشان می‌دهد که با احتمال خطای ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری میان واریانس‌های حاصل از مدلها وجود دارد. به عبارت دیگر این آزمون گویای آن است که از لحاظ آماری تغییرات حدّاکثر دما در ایستگاه اصفهان در دو دوره با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. آماره‌های محاسبه شده برای هر یک از مدلها که جهت انتخاب مدل نهایی به کار رفته‌اند عبارتند از:

۱. معیار اطلاعاتی آکاییک[۲۷] جهت تعیین رسته مدل.

27. Akaike`s Information Criterion (AIC).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

۲. مدل اصلاح شده AIC یا تست معیار اطلاّعاتی (AICC) به منظور انتخاب بهترین مدل (*باکس و جنکینز*، ۱۹۷۰).

۳. ملاک SBC (Schwartz's Bayesian) (*وی ویلیام*، ۱۹۹۰) یا ملاک بیزی شوارتز (*نیرومند*، ۱۳۷۶).

۴. میانگین مربّع خطاها[۲۸].

برای هریک از ایستگاه‌های مورد مطالعه با توّجه به نمودارهای توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی بین ۱۲ تا ۱۳ مدل مختلف انتخاب گردیده و پارامترهای مدلها با روش حدّاکثر درست نمایی برآورد شده‌اند. روش حدّاکثر درست‌نمایی که براساس خوّاص نوفه سفید طرح‌ریزی شده است شامل روشهای بازگشتی بوده و مبتنی بر به حدّاقل رساندن تابع به ازای مجموعه پارامترها می‌باشد (*باکس، جنکینز و رینسل*، ۱۹۹۴). پس از تعیین مدل مناسب، عملا می‌توان مقادیر آینده را پیش‌بینی نمود.

برای بررّسی مدل کلّی سه روش متفاوت وجود دارد که راههای مختلفی را برای پیش‌بینی به دست می‌دهند (*مشکانی*، ۱۳۷۱). در این مطالعه از مدل رهیافت معادله تفاضلی استفاده شده است.

یافته‌های تحقیق

مهمّترین یافته تحقیق در رابطه با تغییرات اقلیمی را می‌توان عدم وجود روند افزایشی یا کاهشی در سری‌های مورد مطالعه عنوان کرد. نمودارهای سری‌های زمانی به وضوح نشان می‌دهند که در ایستگاه‌های منتخب هیچ‌گونه روند افزایشی یا کاهشی در مقادیر میانگین‌های حدّاقل و حدّاکثر دما و مجموع بارش ماهانه وجود ندارد. این یافته تحقق، مطالعه‌ای را که غیور (۱۳۷۴) در مورد عدم وجود روند در ایستگاه اصفهان انجام داده است تأّیید می‌کند.

با توجّه به مقادیر پیش‌بینی شده ملاحظه می‌شود که این مقادیر تفاوت بسیار کمی با مقادیر برآورد شده دارند. از بررسی جداول مربوطه نیز مشخّص می‌شود که مقادیر پیش‌بینی شده برای سالهای بعد از سال ۲۰۰۰ یکسان می‌باشند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که مدلهای پیش‌بینی جهت برآورد مقادیر پارامترهای اقلیمی دارای نواقصی بوده و قابلیّت

28. Mean Square Error (MSE).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

برآورد مقادیر بیش از سه تا چهار سال را ندارند. در عمل می‌بایست با قرار دادن آخرین مقدار مشاهده شده در مدل نهایی حدود بالا و پائین مقادیر آینده را پیش‌بینی نمود. این عمل را اصطلاحا به روز در آوردن نامند (*مشکانی، ۱۳۷۱؛ رحیم‌زاده و گلستانه ۱۳۶۹؛ وی ویلیام، ۱۹۹۰؛ بروک ول و دیویس، ۱۹۹۱*).

در تحقیق حاضر با توجّه به اینکه طول دوره آماری به دو دوره تقسیم شده است، پس از تعیین مدلهای نهایی مجدّدا برای هر زیر دوره مدل دیگری تعیین گردیده و سپس فرضیّات تحقیق مبنی بر معنی‌دار بودن تغییرات در طول سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ با استفاده از آزمون نسبت واریانس، مورد ارزیابی قرار گرفته است. یافته‌های حاصل از این آزمون در ایستگاه‌های مختلف به شرح زیر می‌باشند:

- بررسی تغییرات میانگین حدّاقل دما

مقایسه میانگین حدّاقل دما در ایستگاه‌های بابلسر و قزوین در دو دوره آماری (۸۰-۱۹۶۶ و۹۵-۱۹۸۱) نشان‌دهنده وجود تفاوتهای معنی‌دار بین این دوره‌ها بوده و فرض تحقیق در آنها تأیید می‌شود. ولی نتایج به دست آمده از ایستگاه‌های اصفهان، بندر لنگه و زابل گویای آن است که تغییرات حدّاقل دما در دوره اوّل هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری با دوره دوّم آماری نداشته و بدین ترتیب فرض تحقیق در این ایستگاه‌ها مورد تأیید نیست.

- بررسی تغییرات میانگین حدّاکثر دما

میانگین حدّاکثر دما در ایستگاه‌های بابلسر، قزوین، اصفهان و زابل دارای تغییرات معنی‌داری میان دو دوره آماری است. به عبارت دیگر در ایستگاه‌های مذکور فرض تحقیق مبنی بر وجود تفاوت معنی‌دار میان دو دوره تأیید می‌گردد، ولی در ایستگاه بندر لنگه این تغییرات معنی‌دار نبوده و فرض تحقیق در این ایستگاه تأیید نمی‌شود.

- بررسی تغییرات مجموع بارش ماهانه

مجموع بارش ماهانه در ایستگاه‌های بابلسر، قزوین، بندر لنگه و زابل دارای تغییرات معنی‌داری میان دو دوره آماری نمی‌باشد بنابراین فرض تحقیق در این ایستگاه‌ها مورد تأیید نبوده و فقط در ایستگاه اصفهان که میان دو دوره آماری تغییرات معنی‌داری وجود دارد تأیید می‌گردد (جدول ۶).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

جدول ۶ خلاصه یافته‌های حاصل از آزمون فرضیّات تحقیق

متغیّر / نام ایستگاه	حدّاقل دما	حدّ اکثر دما	مجموع بارش ماهانه
بابلسر	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود ندارد
قزوین	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود ندارد
اصفهان	تفاوت وجود ندارد	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود دارد
زابل	تفاوت وجود ندارد	تفاوت وجود دارد	تفاوت وجود ندارد
بندر لنگه	تفاوت وجود ندارد	تفاوت وجود ندارد	تفاوت وجود ندارد

مقایسه مناطق اقلیمی از لحاظ تغییر پارامترها

الف- مناطق خشک و گرم سواحل پست جنوبی فاقد هرگونه تغییر مهمّ در مقادیر پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه در دو دوره آماری می‌باشند.

ب- در مناطق معتدل خزری و خزری بسیار مرطوب و نیز در مناطق مدیترانه‌ای سرد و نسبتا مرتفع، مقادیر دمای حدّاقل وحدّاکثر از اواخر دهه ۶۰ تا اواسط دهه ۹۰ دارای تغییرات قابل توجّهی است امّا تغییرات بارش در آنها کم بوده و معنی‌دار نمی‌باشد.

ج- در مناطق نیمه خشک گرم حاشیه کویر تغییرات حدّاقل دما چشمگیر نبوده امّا تغییرات حدّاکثر دما و بارش در آنها زیاد است.

د- در مناطق خشک و گرم صحرایی تغییرات حدّاکثر دما قابل توجّه بوده ولی تغییرات حدّاقل دما و بارش معنی‌دار نیست.

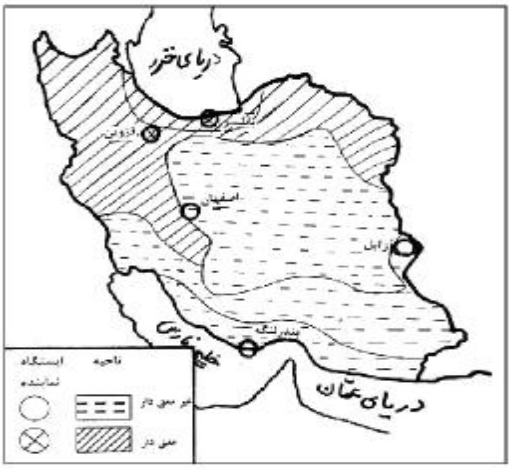
نتیجه‌گیری

با قبول تعمیم یافته‌های این مطالعه به مناطق اقلیمی پنج‌گانه به طور کلّی می‌توان چنین نتیجه گرفت که مقادیر حدّاقل‌های دما در طول یک دوره ۳۰ ساله در مناطق نیمه خشک گرم، خشک و گرم صحرایی و خشک و گرم ساحلی تغییرات مهّمی نداشته است به عبارت دیگر مناطق مذکور از لحاظ مقادیر حدّاقل دما دچار تغییرات شدیدی نبوده‌اند در صورتی‌که منطقه معتدل خزری و خزری بسیار مرطوب و مناطقی با آب و هوای مدیترانه‌ای و نسبتا سرد و کوهستانی از لحاظ حدّاقل دما از اواخر دهه ۶۰ تا اواسط دهه ۹۰ دچار تغییرات شدید بوده‌اند. بنابراین عامل حدّاقل دما را می‌توان به عنوان پارامتر تأثیرگذار روی تغییرات اقلیمی مناطق اخیر محسوب کرد (شکل ۱۳).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID



شکل ۱۳ معنی‌دار بودن تغییرات میانگین حداقل دما در ایران

نتایج حاصل از بررّسی حدّاکثر دما نشان می‌دهد که این پارامتر اقلیمی در همه مناطق ایران به استثنای ناحیه خشک و گرم ساحلی جنوب از سال ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ دارای تغییرات مهمّی بوده و لذا به عنوان متغّیری تأثیرگذار در شرایط و تغییرات اقلیمی مناطق وسیعی از کشور عامل مهمّی محسوب می‌شود (شکل۱۴). مقایسه نتایج گزارش شده توسّط پژوهشگران دیگر نیز موارد فوق را تأیید می‌کند (*رحیم‌زاده و گلستانه، ۱۳۶۹ و طاهری، ۱۳۷۷*).

شکل ۱۴ معنی‌دار بودن تغییرات میانگین حداکثر دما در ایران

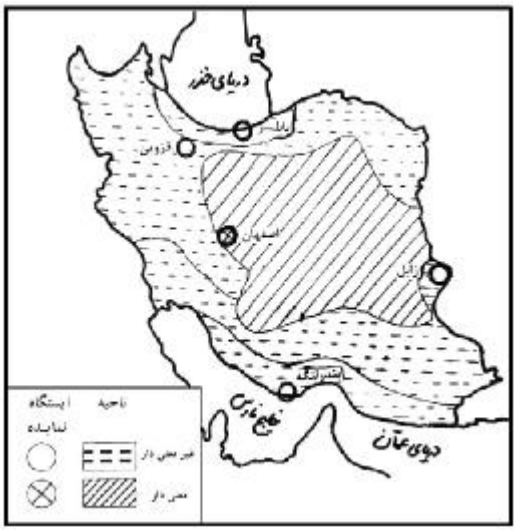
بررسی تغییرات زمانی مجموع بارش ماهانه نشان می‌دهد که علیرغم مباحثی که پیرامون مسأله تغییر بارش در ایران مطرح است، از نظر آماری تفاوت معنی‌دار میان مقادیر بارش در فاصله سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ در هیچ یک از مناطق پنج‌گانه صرفنظر از

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

ناحیه نیمه خشک گرم، که شامل ایستگاه‌های حاشیه کویر می‌باشد، وجود ندارد. تغییرات مذکور فقط در مناطق حاشیه کویر که ایستگاه‌های آنها اکثرا در مناطق پایکوهی واقع شده‌اند، چشمگیرتر است. (شکل ۱۵).



شکل ۱۵ معنی‌دار بودن تغییرات مجموع بارش ماهانه در ایران (۹۵-۱۹۶۶)

مقایسه این یافته تحقیق، نتایج حاصل از مطالعات انجام یافته توسّط غیور (۱۳۷۴) و غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) را تأیید می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در مناطقی با عرضهای بالاتر تغییرات دماهای حدّاقل و حدّاکثر معنی‌دار می‌باشند. حتّی تغییرات دمای حدّاکثر، پوشش بیشتری نسبت به دمای حدّاقل داشته و سراسر ایران را شامل می‌شود چرا که در عرضهای پایین‌تر وجود گرمای غالب سبب می‌شود تا حسّاسیت هوا نسبت به دمای حدّاقل ناچیز باشد ولی تغییرات دمای حدّاکثر در اغلب مناطق ایران شدید و معنی‌دار است. تأثیرپذیری از جبهه‌های متنوّع هوایی و موقعیّت جغرافیایی مناطق ساحلی دریای خزر و مناطق سرد و مرتفع ایران عوامل مهّمی در تغییرپذیر بودن دمایی آنها محسوب می‌شوند.

نتایج به دست آمده در رابطه با تغییرات بارش ماهانه نشان می‌دهد که این پارامتر در ایستگاه‌های حاشیه کویر در طول مدّت ۳۰ سال آماری (از اواخر دهه ۶۰ تا ۹۰) دارای تغییرات معنی‌داری بوده است. این امر در واقع بیانگر حسّاستر بودن مناطق خشکتر داخلی نسبت به تغییرات بارش است. این موضوع با عواملی نظیر جبهه‌های هوای مختلفی که

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

ایران را از جهات مختلف تحت تأثیر قرار داده و ایجاد بارانهای شدید می‌کنند در ارتباط است به طوری که در دامنه‌های پشت به باد از جمله ایستگاه‌های حاشیه کویر نظیر ایستگاه اصفهان تغییرات بارش معنی‌دار است. لازم به ذکر است نمونه مورد استفاده و مقطع زمانی در نظر گرفته شده نیز از عوامل مهّم و تأثیرگذار در تحلیل و تفسیر تغییرات اقلیمی است (*کاتز*، ۱۹۸۸) و شامل حال تحقیق حاضر نیز می‌شود.

علّت عدم وجود تغییرات معنی‌دار در هر سه پارامتر اقلیمی مورد مطالعه در نوار ساحلی جنوب ایران را می‌توان از لحاظ تئوری به عامل نزدیکی به دریا نسبت داد. بدین معنی که وسعت آبهای دریای عمّان و خلیج فارس و تأثیر این عامل می‌تواند نقش مهّمی در بروز شرایط مذکور داشته باشد. در این رابطه بررسی عوامل سینوپتیکی و سایر عوامل تأثیرگذار نیاز به انجام تحقیق مفصّل‌تری دارد.

هرچند که وسعت بسیار زیاد منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، بررسی مسأله تغییر اقلیم را فقط به ایستگاه‌های معرّف منحصر نموده است ولی با آزمون روش مورد استفاده برای سایر ایستگاه‌ها می‌توان به واقعیّتهای بیشتری در مورد تغییرات اقلیمی ایران پی برد. با انجام این قبیل مطالعات می‌توان به ایده‌های جدیدی در مورد علل اساسی تغییر اقلیم در مناطق مختلف ایران دست یافت. از طرفی با توجّه به اینکه اغلب اقلیم‌شناسان به وجود خودهمبستگی در پارامترهای اقلیمی تأکید دارند، لذا در بررسی تغییرات اقلیمی می‌بایست به این موضوع نیز توجّه شود.

همچنین با استفاده از روشهای آماری نظیر مدل‌سازی از طریق روشهای کوچک مقیاس نمودن و مدلهای گردش عمومی جوّ[۲۹] می‌توان نتایج به دست آمده را با روش به کار رفته در این مطالعه مورد مقایسه قرار داد. به‌کارگیری سایر متغیّرهای اقلیمی و برآورد معنی‌دار بودن تغییرات آنها در مقاطع زمانی و دوره‌های مختلف نیز از موارد ضروری است.

انجام مطالعات منسجم و دامنه‌دار در زمینه تغییرات اقلیمی با هدف بررسی تغییرات فصلی و معنی‌دار بودن آن از سالی به سال دیگر و از دهه‌ای به دهه دیگر نیز قابل توصیه است. بدین منظور استفاده از روشهای آماری چند متغّیره در قالب طرحی که بتواند

29. General Circulation Model (GCM).

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

الگوهای تغییرپذیری زمانی و مکانی تغییرات پارامترهای اقلیمی را در ایران مشخّص کند بسیار ضروری به نظر می‌رسد. روشهای مذکور ابزارهای مهّم و سودمندی برای انجام مطالعات تغییر اقلیم بوده و استفاده از آنها در بسیاری از کشورهای جهان نتایج مطلوبی به دست داده است.

منابع و مآخذ

۱. بزرگ نیا، ا (۱۳۶۶)؛ **"تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش بینی"**، (ترجمه)، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲. رحیم زاده، ف. و ر. گلستانه (۱۳۶۹)؛ **"مدل‌بندی و پیش‌بینی فاکتورهای مجموع بارندگی ماهیانه، میانگین درجه حرارت ماهیانه و میانگین فشار شهر تهران از دیدگاه سری‌های زمانی"**، سازمان هوا شناسی کشور.

۳. طاهری، م (۱۳۷۷)؛ **"مدل‌بندی میزان دما و بارش در ۱۱ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری ۱۹۹۷-۱۹۵۱و پیش‌بینی آنها تا پایان سال ۲۰۰۰"**، سازمان هواشناسی کشور، معاونت آموزشی و پژوهشی.

۴. غیور، ح (۱۳۷۴)؛ **"بررّسی تغییرات بارش در چند ایستگاه ایران"** ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۹، ص ۷۱-۵۵.

۵. غیور، ح. و ا. مسعودیان (۱۳۷۵)؛ **"بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران"** ، نشریه نیوار، ص. ۶ الی ۲۷.

۶. مشکانی، م.ر (۱۳۷۱)؛ **"تحلیل سری‌های زمانی: پیش‌بینی و کنترل** (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران.

۷. نیرومند، ح.ع (۱۳۷۶)؛ **"تحلیل سری‌های زمانی- روشهای یک متغیّری و چند متغیّری"**، (ترجمه)، انتشارات دانشگاه مشهد، شماره ۲۲۸.

8. Box, G.E.P. and Jenkis, G.M. (1970); **"Time Series Analysis: Forecasting and Control"**, San Francisco, Holden-Day.

9. Box, G.E.P. and Jenkis, G.M. (1976); **"Time Series Analysis: Forecasting and Control"**, 2nd.ed. San Francisco, Holden-Day.

10. Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel G.C. (1994); **"Time Series Analysis Forecasting and Control"**, 3rd.ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

11. Brockwell, Peter. J. and Davis, Richard. A. (1991); **"Time Series: Theory and Methods"**, Springer-Verlag.

12.Bruce, M. (1989); **"Geography and Resource Analysis"**, Long man group UK, LTD. PP 386.

13. Cook, T.D. and D.T. Campbel (1979); **"Quasi-Experimentation: Designed Analysis Issues for Field Setting"**, Rand Mc Nally, Chicago.

14. Edbon David (1977); **"Statistics in Geography: A practical Approach"**, Basil Blackwell.

15. Everit, Brian S. (1993); **"Cluster Analysis"**, Edward Arnold Publishers.

16. Katz.W. Richard (1988); **"Statistical procedures for making inferences about Climate variability"**, Journal of Climate, Vol. 1:1057-1064.

17. Manly B.F.J. (1994); **"Multivariate Statistical Methods"**, 2nd.ed.Chapman and Hall.

18. Romesburg, H.C. (1984); **"Cluster Analysis for Researchers"**, Lifetime Learning Publications, Belmont, California.

19. Storch, H. Von and Francies.W. Zweirs (1999); **"Statistical Analysis in Climate Research"**, Cambridge University Press.

20. Wei William W.S. (1990); **"Time Series Analysis"**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com