

ضرورت قابل اعتماد بودن اطلاعات هواشناسی در مسائل

اقلیم و تغییر اقلیم

زهره جهانگیری^۱، فاطمه رحیم زاده^۱

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۴/۴/۲)

اقلیم در همه مقیاس‌های مکانی و زمانی تغییر می‌کند، اما روشن ساختن همه جانبه تغییرات اقلیمی کار آسانی نیست. مطالعات آشکارسازی تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر براساس اندازه‌گیری مشاهدات هواشناسی انجام شده است. اندازه‌گیری مشاهدات فوق اغلب دارای خطا و یا عدم قطعیت است. حتی اگر این خطاها وجود نداشته باشد، رفتار اقلیمی چنان است که باعث می‌شود روش‌های آماری مورد نیاز برای ارزیابی تغییرپذیری اقلیمی و مؤلفه‌های گوناگون این تغییر دچار پیچیدگی شوند. تغییر در تجهیزات و دستگاهها (با خطاهای سیستماتیک مختلف)، تغییر در شرایط محیطی (تغییر در پوشش گیاهی اطراف ایستگاهها و احداث ساختمان‌های مسکونی، اداری و ...) و همچنین جابجایی ایستگاهها اغلب می‌توانند سبب ناهمگنی در سری داده‌ها گردند که در صورت بی‌توجهی به این مسائل، انحراف زیادی از واقعیت‌ها در نتایج بروز خواهد کرد. به دلیل حساسیت مطالعات تغییر اقلیم، داده‌های آماری بلند مدت و با کیفیت مطلوب در ایستگاههایی با شرایط نسبتاً استاندارد مورد نیاز می‌باشد. به عبارت دیگر داده‌های مورد استفاده در مطالعات فوق باید قابل اعتماد باشد. از همین روست که سازمان هواشناسی جهانی بر جمع‌آوری کامل تاریخچه تغییر در تجهیزات، تغییر در اندازه‌گیری‌ها و تغییر در موقعیت مکانی و شرایط طبیعی اطراف ایستگاهها تأکید داشته است. با توجه به مطلب فوق و نتایج بدست آمده از

چکیده

*

*

*

مطالعات تغییرات اقلیم در ایران، مشاهده شده که اگر این موارد نادیده فرض شوند نتایج گمراه کننده‌ای ببار خواهد آمد. برای مثال تغییرات مکانی ایستگاههایی مانند ایستگاه سینوپتیک خرم آباد و کرمان سبب کاهشی بودن روند دما شده است که از واقعیت انحراف دارد. تغییر شرایط محیطی و ساخت منازل مسکونی در اطراف ایستگاه سینوپتیک انزلی و احداث بزرگراه در اطراف ایستگاه سینوپتیک تبریز، ناهمگنی‌های خاصی در سری پارامترهای هواشناسی این ایستگاهها ایجاد نموده است. هدف از ارایه این مقاله تأکید بر استفاده مطلوب از داده‌های هواشناسی در جهت آشکارسازی تغییرات اقلیمی با ذکر نمونه‌های مشخص می‌باشد که از بررسی تاریخچه‌های مکانی و زمانی و ادواتی ایستگاهها همراه با تحلیل آماری آنها در پروژه آشکارسازی تغییرات اقلیمی پژوهشکده هواشناسی بدست آمده است. نتایج نشان می‌دهند که حذف و نادیده گرفتن داده‌های حاصل از بعضی ایستگاهها مناسب تر از به کار گرفتن آنها و حصول نتایج انحرافی خواهد بود.

کلمات کلیدی: جزیره گرمایی، جهش، شناسه داده ها، شیو، همگنی.

مقدمه

مشاهدات روزانه پارامترهای هواشناسی در ایستگاههای مربوطه علاوه بر اینکه برای تحلیل وضعیت سینوپتیکی و پیش‌بینی‌های روز به روز و بلندتر از آن استفاده می‌شود، در مطالعات اقلیمی و بسیاری از برنامه ریزی‌های عمرانی کشور نیز بکار می‌آید. وضعیت استقرار ایستگاهها و ادوات آنها و استانداردهای دیدبانی و تعداد آنها با توجه به همین نیازها تعیین می‌شود. استفاده از داده‌های هواشناسی با گسترش علوم و فن آوری‌های جدید افزایش یافته و نحوه ثبت و استفاده از آنها از گذشته تا حال تغییر پیدا کرده است. بنابراین در هنگام استفاده از آمار بلند مدت هواشناسی بایستی مکان ایستگاهها و تجهیزات موجود در آنها و جابجایی آنها در نظر گرفته شود تا ناهمگنی‌های حاصل از اینگونه موارد، قابل تمایز از تحولات و تغییرات اقلیمی گردد.

اطلاعات حاصل از ایستگاههای هواشناسی بایستی ویژگی‌های قابل قبولی از اقلیم و جغرافیای یک منطقه ارایه دهند. طولانی‌ترین سری‌های زمانی موجود مربوط به ایستگاههایی هستند که اغلب در مجاورت شهرهای در حال توسعه واقع شده اند. مکان و وضعیت این ایستگاهها بطور فزاینده‌ای تغییر یافته و اقلیم اینچنین ایستگاههایی با مناطق روستایی اطراف آنها بسیار متفاوت

است. نه تنها توسعه شهرنشینی بلکه ساخت و سازهای ساحلی، خشک کردن مرداب ها و باتلاق ها ایجاد دریاچه‌های مصنوعی و مخازن آب و دیگر تغییرات حاصل از فعالیت انسان به عنوان منابع ناهمگنی در داده‌های اقلیمی بشمار می روند. تغییر پوشش زمین ها بوسیله خاک‌های زراعی، آبیاری‌های بزرگ مقیاس و ساخت تأسیسات زیربنایی و روبنایی و سایر تغییرات پایستار در مقیاس بزرگ بر روی اقلیم تأثیر می گذارند. بنابراین عملکرد انسان می تواند بر اقلیم اثر گذاشته و باعث دگرگونی در نوع همگنی داده‌های اقلیمی گردد. اغلب این ناهمگنی ها به شکل جهش در سری‌های زمانی ظاهر می شوند و تغییرات به آسانی آشکار می گردند، مخصوصاً اگر ایستگاههای مجاور این جهش را نشان ندهند. اگر دلایل شناخته شده باشند (مثل تغییر در تجهیزات)، عوامل ناهمگنی به روشنی آشکار می شوند. در موارد دیگر مانند پیوسته بودن اثر ناهمگنی، آشکارسازی مشکل است. مثلاً توسعه شهرسازی و شهرنشینی منجر به رشد اثر جزیره گرمایی^۱ می شود که نایستی به عنوان گرمایش جهانی^۲ تلقی شود. بررسی ناهمگنی سری‌های زمانی اقلیمی موکول به اخذ نتایج از آزمون‌های آماری از جمله آبه [۶] و فرم بهبود یافته آن [۱۲]، آزمون انحرافات تجمعی [۵]، نسبت پیشینه ورسلی [۱۷] و خودهمبستگی مرتبه اول [۸] و دیگر آزمون‌های توصیه شده [۱۴] و [۱۶] و همچنین بررسی تاریخچه ایستگاهها و شناسه داده [۱۶]^۳ می شود.

خطاهای سیستماتیک تجهیزات و داده‌های پارامترهای اقلیمی

دما

دستگاههای اندازه گیری دما و توزیع مکانی این تجهیزات به ترتیب دارای پیچیدگی بیشتر و کمتری نسبت به تجهیزات سنجش فشار و بارش هستند [۹]. مسائلی مانند آلودگی سیال داخل دماسنج، کوتاه بودن عمر شیشه آن، نصب پایه چوبی با ظرفیت گرمایی بالا، خطاهایی را در سری داده‌ها بوجود می آورند. انواع مختلفی از جعبه اسکرین ها و ارتفاع متفاوت آنها باعث می شوند که گاهی اندازه گیری در یک زمان معین حدود ۱ تا ۳ درجه سانتیگراد از مقدار واقعی اختلاف داشته باشد. قابلیت اعتماد به داده‌های دما صد درصد نیست و مقادیر ثبت شده این پارامتر را باید با دیگر عناصر مانند باران، برف و غیره مقایسه نمود. دماهای حدی^۴ ثبت شده بایستی در ارتباط با شرایط آب و هوایی منطقه بررسی شوند. برای مثال تاریخ یخ بستن و آب شدن رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شاخص مفیدی را از شرایط دمای موجود در یک منطقه نمایش می دهد. از منابع دیگر خطا که

1 . Heat Island
2 . Global Warming
3 . Metadata
4 . Extreme

باعث کاهش قابلیت اعتماد آنها می شود اثر شهرسازی و بخصوص وجود جزایر گرمایی شهری است که در مطالعات تغییر اقلیم می توان از آن صرف نظر نمود [۱۶]. معمولاً دمای سطح زمین و هوای مجاور آن در مناطق شهری بیشتر از نواحی اطراف است و این به دلیل ظرفیت گرمایی بزرگتر سطح زمین، تبخیر روزانه کمتر و تزریق گرمای حاصل از فعالیت های انسانی به جو در نتیجه آلودگی هوا، مصرف سوخت های فسیلی، حجم بالای ترافیک و غیره است. در طول روز به دلیل ظرفیت گرمایی بالایی سطوح شهری گرمای زیادی ذخیره شده و در شب به آرامی از دست می رود [۲]. همچنین دیوارها سبب عکس العمل تابشی مضاعف در خیابان ها خواهند شد [۱۰]. اختلاف دما می تواند از ۲ تا ۱۲ درجه سانتیگراد یا بیشتر بسته به جمعیت و روش زندگی، متغیر باشد [۳]. اگر توزیع دمایی مورد بررسی قرار گیرد مشخص می شود که خطوط همدمای بسته در نواحی شهری به پرندهای کنتورهای^۱ ارتفاع روی یک جزیره دورافتاده در اقیانوس شباهت دارند، به همین دلیل نام جزیره گرمایی شهری برای این پدیده انتخاب شده است [۴]. وجود جزایر گرمایی سبب می شود که در هر زمان از شبانه روز اختلاف دما بین مرکز شهر و اطراف آن (دارای پوشش گیاهی بیشتر) به اندازه چند درجه بیشتر مشاهده شود که به شدت تابش، وزش باد و ابرناکی بستگی دارد.

بارش

داده های بارش از پیچیدگی های خاصی برخوردار هستند زیرا به مکان استخراج آنها، تغییرات و وضع ظاهری شان، ناهمواری و گرمایش سطحی بستگی زیادی دارند. در مطالعات بارش بایستی مکان باران سنج ها، ارتفاع ایستگاهها و وضع قرار گرفتن این ادوات بطور دقیق بررسی شوند. اگر تغییری در عوامل ذکر شده اتفاق افتد، داده های قبل و بعد از تغییر قابل مقایسه نیستند. جمع آوری میزان بارش در دریا و داده های حاصل از بارش برف و یا مخلوط برف و باران مسائلی هستند که تا امروز هم بطور کامل حل نشده اند. تعدادی از باران سنج ها که حداقل یکبار در روز قرائت می شوند مقداری از باران را به دلیل تبخیر در طول روز از دست می دهند. به همین دلایل در مسئله همگنی^۲، ایستگاهها باید بادقت انتخاب شوند طوری که بتوانند بخوبی نماینده بارش مناطق باشند. اگر میانگین های بارش از تعداد زیادی ایستگاه بدست آیند بایستی به آنها توجه بیشتری نمود. ناپیوستگی در اندازه گیری های بارش نتایج حاصل از روند را تغییر می دهند. تغییر در تجهیزاتی که

1 . Countor

2 . Homogeneity

دارای حفاظ (برای کاهش اثر باد) هستند، مخصوصاً اگر بخشی از بارندگی به شکل برف باشد مهم است. برای مثال در فنلاند بین سالهای ۱۹۰۹ تا ۱۹۸۱ با تعویض تجهیزات، افزایشی به اندازه ۲۵ تا ۳۰ درصد، در اندازه گیری بارش حاصل از برف گزارش شد [۹]. در سال ۱۹۴۵ به دلیل تغییر ارتفاع باران سنج در هلند، میزان بارش به طور مصنوعی ۵ درصد افزایش یافت [۹]. در شوروی سابق به دلیل تعویض تجهیزات در سالهای ۱۹۴۸ و ۱۹۵۳، بارش به شکل برف به اندازه ۵ تا ۴۰ درصد به طور غیر واقعی افزایش نشان داد [۹]. تحقیقات آزمایشگاهی نشان می دهند که تجهیزات استاندارد به علت جهت گیری ها و ارتفاع های مختلف، فقط ۵۰ تا ۹۵ درصد بارش واقعی را اندازه می گیرند. علاوه بر منابع خطاهایی که در نتیجه بادهای متغیر (مانند اثر تلاطم) در بسیاری از موارد حاکم است شکل و سیمای وابسته به تجهیزات مانند حجم، جنس، سن و غیره را بایستی مورد توجه قرار داد. در اندازه گیری های دستی مسائلی مانند اسپری (پاشیدن)، تبخیر، تراکم و ترشدن با شبنم^۱ باعث کاهش دقت می شوند. به دلایل مذکور به جای بارش روزانه، بارش های ماهانه و سالانه در نظر گرفته می شوند زیرا احتمالاً خطاها در آنها تعدیل می گردند. همچنین روندهای نسبی در مقایسه با روندهای مطلق کمتر تأثیر می پذیرند.

فشار

فشار هوا یک عنصر اقلیمی است که نقش محوری را در گردش عمومی جو بازی می کند. داده های فشار بر طبق توصیه های سازمان هواشناسی جهانی با دقت ۰/۱ هکتوپاسکال تعیین می شوند. پیدا کردن سری های زمانی بلند مدت فشار به آسانی امکان پذیر است و شناسایی انحرافات ناشی از تغییرات وضعیت استقرار ادوات موجود برای مقایسه مقادیر روزانه و یا ماهانه آن مناسب می باشد. البته در مطالعات ماهانه، سالانه و دوره های زمانی بلندتر در عرض های جغرافیایی پایین تغییرات روزانه بایستی صرف نظر شوند. میانگین های فشار سالانه در دهه ها و دوره های بلندتر در هر مکان به اندازه ۳ یا ۴ میلی بار تغییر داشته و عموماً دارای توزیع مکانی هموار با شیو^۲ ضعیف می باشند که این امر می تواند در نقاطی که چند ایستگاه محدود برای اندازه گیری وجود دارد فاکتور مهمی برای مسئله کنترل محسوب شود. در ارزیابی همگنی مقادیر فشار می توان موارد زیر را مورد توجه قرار داد:

1. Bedewing
2. Gradient

- معرفی تاریخ تصحیح گرانی استاندارد
- تغییرات احتمالی در ارتفاع ایستگاه

در مورد سایر پارامترها مسائل خاصی وجود دارد که بایستی در جای خود و به طور مفصل بحث شوند.

ناهمگنی داده‌ها به دلایل غیرطبیعی در ایستگاههای کشور

گرچه داده‌های اندازه گیری شده دارای این خطاهای سیستماتیک می‌باشند لکن تنها شواهد و مدارکی هستند که باید برحسب آنها مشخصه‌های تغییرات زمانی و مکانی بدست آیند. همین مدارک و مستندات حاصل از اندازه گیری‌های عناصر جوی در طی دهه‌های اخیر، زمینه اصلی را برای تبیین مسئله تغییر اقلیم فراهم نموده‌اند. برای آشکارسازی تغییرات اقلیمی در کشور نیز از همین داده‌ها و مستندات استفاده شده است.

شبکه ایستگاهی سازمان هواشناسی کشور از سال ۱۹۵۱ میلادی کار دیدبانی عناصر جوی را در چارچوب دستورالعمل‌های سازمان هواشناسی جهانی آغاز نموده است و در حال حاضر شبکه ایستگاههای هواشناسی کشور شامل ایستگاههای سینوپتیک (همدیدی)، جو بالا، هواشناسی کشاورزی، اقلیم شناسی، آلودگی زمینه، باران سنجی و ... می‌باشد. اما متأسفانه شبکه ایستگاههای هواشناسی در ایران نسبت به بعضی کشورها به ویژه ممالک توسعه یافته مانند سوئد و آلمان جوان می‌باشد [۷]. در ایران تعداد محدودی از ایستگاهها با سنوات آماری حدود ۱۰۰ سال و آن هم با داده‌های ناقص وجود دارند. در این میان ایستگاه بوشهر دارای طولانی ترین آمار از سال ۱۸۷۸ به بعد است، اما در مقایسه با بعضی از کشورها که بیش از ۲۰۰ سال آمار دارند، تعداد این ایستگاهها بسیار محدود می‌باشد. بررسی تغییرات دما و سایر عناصر اقلیمی در اینچنین دوره‌هایی مسلماً می‌تواند نتیجه قابل قبول تری به دنبال داشته باشد. در مطالعات تغییر اقلیم علاوه بر کمیت داده‌ها، کیفیت و تداوم آنها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گرچه روش‌های مجاز و توصیه شده‌ای از سوی سازمان هواشناسی جهانی و محافل آماری برای بازسازی شکاف‌های کوتاه مدت وجود دارد ولی بازسازی بیش از حد داده‌های گمشده در مطالعات تغییر اقلیم توصیه نمی‌گردد [۱۰]. بری مثال شکاف‌های داده‌ای تا سه سال با استفاده از درون یابی میانگین دهه قبل و بعد توصیه شده و داده‌های با شکاف طولانی تر کنار گذاشته شده است [۱۱].

در بررسی آشکار سازی تغییرات اقلیمی داده‌های سطح زمین شامل دما، بارش، رطوبت و فشار در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه، مشخص شد که ناهمگنی‌های خاصی در این سری‌ها وجود

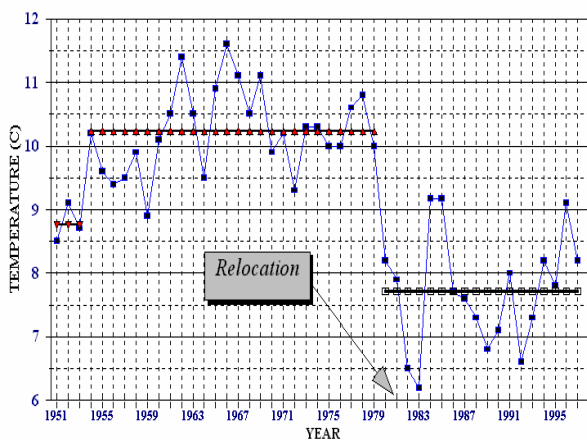
دارد. لازم به ذکر است که پنج آزمون آماری ناهمگنی بر روی سری ها انجام گردید که نتایج آنها غالباً حاکی از ناهمگنی سری های فوق بود. پس از بررسی علل ناهمگنی مشخص گردید که ناهمگنی داده های عناصر ذکر شده در بالا به دلایل مختلف انسانی و طبیعی اتفاق افتاده است. اما آنچه که سری های اقلیمی مورد نظر را بشدت دچار ناهمگنی کرده است همان تغییرات مکانی و ادواتی ایستگاههای سینوپتیک کشور می باشد [۱]. در جدول ۱ اطلاعات مربوط به تغییرات مکانی تعدادی از ایستگاهها ارائه شده است. نتایج حاصل از جمع آوری اطلاعات حاکی از آن است که بسیاری از ایستگاههایی که تغییر مکان اساسی نداشته اند، حداقل یک یا چندبار شاهد جابجایی های کوچکی بوده اند و این موضوع نقطه ضعف بسیار بزرگی در مطالعات تغییر اقلیم بشمار می رود.

در بررسی ها مشخص گردید که ایستگاههای مهمی چون آبادان، بندر انزلی، بم، اصفهان، کرمان، کرمانشاه، خرم آباد، مشهد، سبزوار، شاهرود، شیراز، تبریز و زاهدان شاهد تغییر مکان بوده اند که در مورد بعضی از آنها مانند خرم آباد و کرمان تغییرات ایستگاهی و ادواتی، مستقیماً بر همگنی داده ها به شکل جهش های ناگهانی اثر نموده است. در مورد خاص خرم آباد محل ایستگاه در سال ۱۹۸۱ میلادی از داخل شهر به خارج انتقال داده شده است. شکل ۱ مربوط به جهش دمای حداقل در سال ۱۹۸۱ میلادی ایستگاه خرم آباد می باشد. طبق بررسی های انجام شده این جهش به دلیل جابجایی و دور شدن از جزایر گرمایی اتفاق افتاده است. از این قبیل ناهمگنی ها در سری های دما، بارندگی، رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم و فشار نیز دیده شده که برای مثال تعدادی از آنها در این مقاله ارائه می شود. جهش کاهشی در سری دمای حداقل ایستگاه اصفهان همزمان با تغییر مکان آن در سال ۱۹۹۴ میلادی مشاهده شده که علت آن مانند کاهش دما در سال ۱۹۸۱ میلادی ایستگاه خرم آباد می باشد و این امر بخوبی در شکل ۲ مشخص گردیده است. هر چند براساس این اطلاعات، روند دمای حداقل اصفهان مانند خرم آباد کاهشی نمی شود اما شیب خط روند دما تغییر می یابد. ایستگاههای بوشهر و کرمانشاه نیز چنین شرایطی را دارا می باشند. میانگین دمای ایستگاه شاهرود که متأسفانه شاهد چندین جابجایی بوده از این امر بسیار تأثیر می پذیرد. میانگین دما در سری های سالانه این ایستگاه دارای جهش می باشد. ناهمگنی این اطلاعات متأثر از همین تغییرات است. شکل ۳ نشان می دهد که تغییرات مکانی با جهش های ناگهانی سری دما کاملاً منطبق است اما این رفتار در مورد بارندگی کمی مبهم تر و به وضوح جهش دمای نمی باشد. لازم به تذکر است که بدون توجه به تاریخچه تغییرات، تحلیل آماری بعضی ایستگاهها نتایج کاملاً مبهمی را بوجود خواهند آورد.

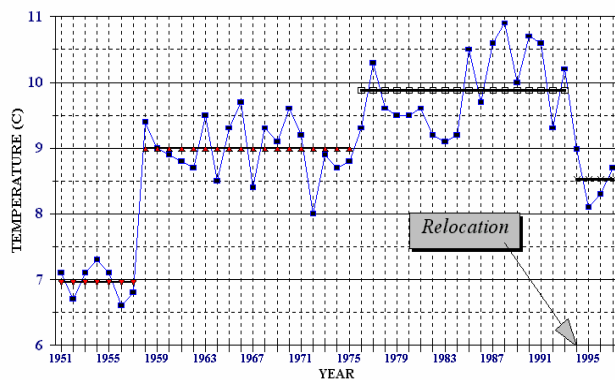
جدول ۱- تغییرات مکانی ایستگاهها براساس پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط مسئولین هواشناسی استان‌ها

ردیف	ایستگاه	تغییر مکان
۱	آبادان	در سال ۱۹۸۵ میلادی جابجایی بدون تغییر در طول و عرض جغرافیایی اتفاق افتاده است. ارتفاع مخزن فشارسنج قبلی از سطح دریا ۱۱ متر بوده و ارتفاع مخزن فشارسنج ۶/۵۶ محاسبه شده که به نظر اشتباه می‌رسد و حدود ۴ متر می‌باشد.
۲	انزلی	در سال ۱۹۸۵ ایستگاه قدیم به علت قرار گرفتن خانه‌های سازمانی در اطراف آن و در نتیجه غیراستاندارد بودن، به محل فعلی که نزدیک ساحل می‌باشد تغییر مکان یافته است.
۳	بوشهر	ایستگاه در سال ۱۹۵۰ در اطافی واقع در محل بی سیم (مرکز مخابرات اداره پست) تأسیس شده است. در سال ۱۹۶۳ به فرودگاه منتقل شده است. در سال ۱۹۷۱ (یکماه بعد از جنگ تحمیلی) به داخل پایگاه هوایی انتقال داده شده که با مدیریت همزمان نیروی هوایی و هواشناسی مشغول اندازه گیری پارامترها بوده است. در سال ۱۹۹۵ با تمام ادوات و تجهیزات به پایگاه هوایی تحویل داده شده است.
۴	اصفهان	ایستگاه در سال ۱۹۹۴ میلادی به محل جدید از سنجی انتقال یافته که ارتفاع آن ۱۵۵۰ متر می‌باشد. زمین‌های اطراف آن، باند و تأسیسات فرودگاهی است و از سمت شمال به ساختمانهای شهری منتهی می‌شود.
۵	همدان نوژه	عدم دسترسی
۶	کرمان	در سال ۱۹۵۰ در داخل شهر تأسیس شده است. در سال ۱۹۵۷ به منطقه فرودگاه انتقال پیدا کرده است. در سال ۱۹۸۵ جابجایی در داخل فرودگاه داشته و طول و عرض جغرافیایی تغییری نیافته و فقط ارتفاع بارومتر ایستگاه با توجه به انتقال به طبقه دوم محل جدید، ۴ متر افزایش داشته است.
۷	کرمانشاه	در سال ۱۹۶۸ ایستگاه از فرودگاه قدیم به فرودگاه جدید نقل مکان یافته است و مشخصات طول و عرض جغرافیایی تا حدود کمی و همچنین ارتفاع آن ۴ متر تغییر کرده است.
۸	خرم‌آباد	ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد در سال ۱۹۸۱ میلادی از مرکز شهر خرم‌آباد به داخل فرودگاه انتقال یافته است. طول و عرض جغرافیایی تغییر کرده و ارتفاع آن حدود ۱۱۲۵ متر شده است.
۹	مشهد	در سال ۱۹۸۵ میلادی ایستگاه قدیم واقع در ضلع شمالی فرودگاه و در مجاورت پایانه قدیمی به محل جدید و در ضلع غربی فرودگاه مابین پایانه قدیم و جدید و در ۷۰۰ متری باند فرودگاه انتقال یافته است.
۱۰	شاهرود	از بدو تأسیس ایستگاه تاکنون ۶ بار تغییر مکان داده است. تغییرات کلاً در خانه‌های استیجاری و غیراستاندارد به تاریخ‌های زیر بوده است. از ۱۹۵۰ تا ۱۹۵۸ میلادی از ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۵ میلادی از ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۹ میلادی از ۱۹۶۹ تا ۱۹۸۱ میلادی از ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۳ میلادی از ۱۹۸۳ تا کنون طول و عرض جغرافیایی تغییری نداشته ولی ارتفاع آن عوض شده است.
۱۱	شیراز	تغییر محل در سال ۱۹۸۵ انجام شده است.
۱۲	تبریز	در سال ۱۹۸۳ پلاتفرم استاندارد شده و از ساختمان اداری فاصله گرفته است. در سال ۱۹۹۶ بعلت احداث خیابان توسط سازمان هواپیمایی و قطع شدن ارتباط بین پلاتفرم و ساختمان، مجدداً حدود ۳۰ متر به طرف ساختمان انتقال داده شده است.
۱۳	تهران	محل ایستگاه تغییر نکرده است.

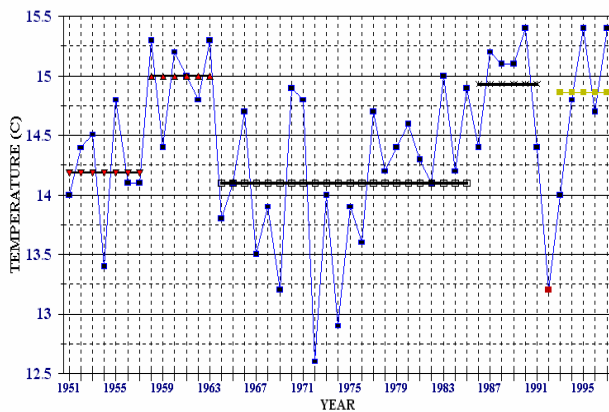
برای مثال دمای حداقل ایستگاه همدان-نوژه حالت نزولی دارد در صورتیکه این روند از لحاظ طبیعی و مقایسه با سایر ایستگاههای مجاور و همچنین از لحاظ دید عموم کاملاً غیر منطقی است. این در حالیست که اطلاع دقیقی از نحوه تغییرات مکانی این ایستگاه در دسترس نیست. بنابراین منطقی است که از نتایج تحلیلی این ایستگاه صرف نظر گردد. در سایر سری های دما، بارش، رطوبت و فشار نیز ناهمگنی دیده شده است. از نمونه های مشخص آن سری فشار QFE ایستگاه شیراز است که بطور غیر منطقی طی دو سال حدود ۵ یا ۶ میلی بار جهش داشته است (شکل ۴). متأسفانه دلیل این ناهمگنی تاکنون نامشخص است. به دلیل عدم کنترل کیفیت داده ها، در اطلاعات بعضی سالها جهش های غیر طبیعی وجود داشته است مانند سری فشار ایستگاه تهران-مهرآباد و مشهد که ناهمگن می باشند (شکل های ۵ و ۶).



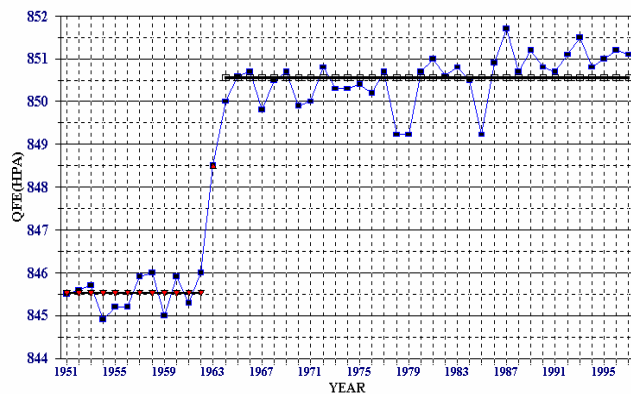
شکل ۱- جهش در سری زمانی میانگین سالانه دمای حداقل ایستگاه خرم آباد



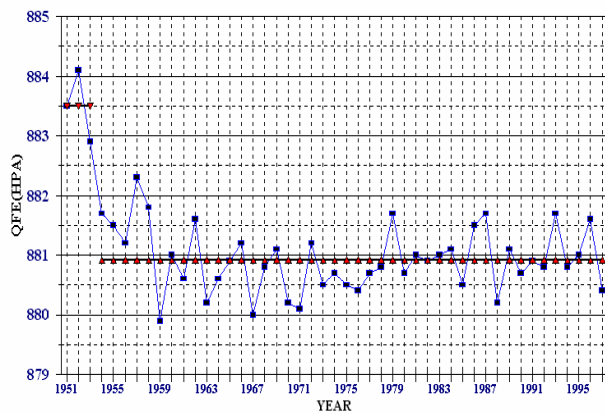
شکل ۲- جهش در سری زمانی میانگین دمای حداقل ایستگاه اصفهان



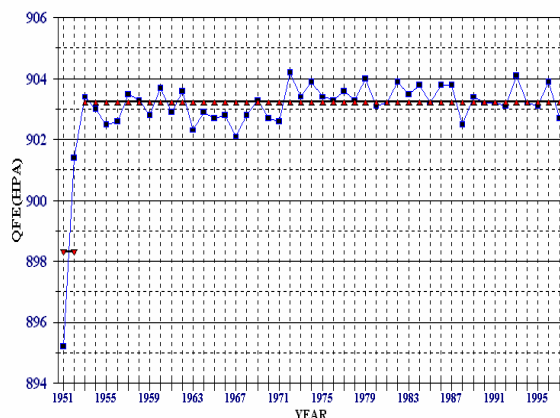
شکل ۳- جهش در سری زمانی میانگین سالانه دمای حداقل ایستگاه شاهرود



شکل ۴- جهش در سری زمانی میانگین سالانه فشار (QFE) ایستگاه شیراز



شکل ۵- جهش در سری زمانی میانگین سالانه فشار (QFE) ایستگاه تهران-مهرآباد



شکل ۶- جهش در سری زمانی میانگین سالانه فشار (QFE) سالانه ایستگاه مشهد

نتیجه‌گیری و توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی در رابطه با استاندارد ایستگاهها

به منظور آشکار سازی آماری تغییرات اقلیمی، سری‌های زمانی پارامترهای هواشناسی مورد نیاز است اما برای بدست آوردن نتایج قابل استناد از این بررسی‌ها باید توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی مبنی بر جمع آوری مشخصات تاریخی و مکانی هر ایستگاه هواشناسی به شرح زیر انجام شود [۱۳ و ۱۵]:

اطلاعات اولیه هر ایستگاه

کد و نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، متغیرهای اندازه‌گیری شده، مکان ایستگاه، دوره زمانی اندازه‌گیری، اولین و آخرین سال ثبت داده‌ها، دستور عملیات، آدرس و منطقه حوضه آبریز (اگر ایستگاه جریان سنجی مورد نظر باشد).

تاریخچه تغییر در تجهیزات، تغییر در اندازه‌گیری‌ها، تغییر در محل ایستگاه و شرایط آن

ماهیت و زمان تغییر تجهیزات و یا مراحل اندازه‌گیری‌ها شامل تغییر در فواصل نمونه برداری و روش پردازش آنها، تغییرات مربوط به عملیاتی شدن ایستگاه، جزئیات مکانی یا ایستگاه به

صورت مختصات جغرافیایی و یا مراجعه به موقعیت قبلی هر ایستگاه باران سنجی یا جریان سنجی، جزئیات دسترسی به ایستگاه، بررسی مکان هر ایستگاه با توجه به تاریخچه آن و توضیح تغییرات ناگهانی یا تدریجی در هر ایستگاه که ممکن است بر تغییرپذیری اندازه گیری‌ها و یا طرز کار تجهیزات اثر بگذارد. جمع آوری عکس هایی از ایستگاه و تغییرات احتمالی مکانی و تجهیزاتی آن، جزئیات مربوط به داده‌های گمشده، تاریخچه بازرسی ایستگاه، تغییر دیدبان‌ها و زمان آنها.

تاریخچه تغییر در رفتار ایستگاه

تاریخچه تغییر در شرایط محیطی (شهرسازی، کاربری زمین، جنگل زدایی، جنگل زایی، توسعه آبیاری و غیره) همراه با نقشه‌های توصیفی و حوادثی از قبیل آتش سوزی جنگل، ریزش یخچال‌ها و فوران‌های آتشفشانی و سایر بلایای طبیعی.

داده بارش

اگر برف مقدار قابل ملاحظه‌ای از بارندگی یک ایستگاه را تشکیل دهد، تعیین عمق برفی که تبدیل به آب معادلش می‌شود بسیار مهم می‌باشد.

داده دما

چگونگی میانگین گیری‌های زمانی داده‌ها با استفاده از روش‌های مختلف مهم است. برای مثال یکی از روش‌ها عبارت است از مقدار حداکثر بعلاوه مقدار حداقل تقسیم بر عدد دو.

طبقه‌بندی سری داده‌ها بر طبق کیفیت آنها بر اساس جدول ۲

در جدول ۲ داده‌ها بر اساس شناسه آنها، تاریخچه ایستگاه و همگنی آنها طبقه بندی شده است [۱۳ و ۱۵].

جدول ۲- طبقه بندی داده‌ها

درجه	مفهوم	خواص
۱	خیلی خوب	تاریخچه ایستگاه شناخته شده است و همگنی رکوردها امتحان شده و هیچ تنظیمی لازم نیست.
۲	خوب	تاریخچه ایستگاه شناخته شده و همگن شده است.
۳	قابل قبول	تاریخچه ایستگاه بخوبی شناخته و همگن نشده است اما قابل قبول در نظر گرفته می‌شود.

در پایان توصیه می‌شود که علاوه بر جمع آوری اطلاعات فوق، مرکزی برای تحلیل نتایج آزمون‌های همگنی کلیه سری‌های اقلیمی اندازه‌گیری شده و بررسی علل ناهمگنی در نظر گرفته شود تا امکان دسترسی کاربران آمارهای هواشناسی به آمار همگن سریعتر گردد.

سپاسگزاری

در اینجا از حمایت‌های مسئولین و دست‌اندرکاران پژوهشکده هواشناسی که امکانات لازم در جهت انجام این تحقیق را فراهم کرده‌اند و همچنین از مسئولین ادارات هواشناسی استان‌ها که در امر تهیه و تنظیم تاریخچه ایستگاه‌ها ما را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی بعمل آید.

منابع

- ۱- پروژه آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران، ۱۳۸۱، پژوهشکده هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.
2. Arya, S. P., 1999, Air Pollution Meteorology and Dispersion, Oxford University Press.
3. Arya, S. P., 1988, An Introduction to Micrometeorology, Academic Press.
4. Baik, J., 1992, Response of a Stably Stratified Atmosphere to Low-level Heating on Application to the Heat Island Problem, Jour. Appl. Met., Vol. 3, 291-303.
5. Buishand, J.A., 1982, Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records, J. Hydro., 58, 11-27.
6. Conrad, U. and Pollack, L.K., 1962, Methods in Climatology-Cambridge (USA).
7. Eriksson, B. and H. Alexandersson, 1990, Our Changing Climate, Agricultural and Forest Meteorology, 50, 55-64.
8. George, E. P. B. and Gwilim M. J., 1976, Time Series Analysis Forecasting and Control, Revised Edition, Holden – Day, San Francisco.
9. Mitchell. J.M. & Dzerdzeuski. B. & Flohn, H. & Hofmeyer. W.L. & Lamb, H.H., Rao K.N. & Walle'n, C.C., 1966, Climatic Change, WMO Publ., No. 195 (Tech. Note No. 79), Geneva.

10. Munn, R. E. & H. Rodhe, 1991, Air Chemistry and Air Pollution Meteorology, WMO, No. 364, Part 6, Vol. II, P. 104 – 107.
11. Shonwiese, C.D., 1997, Statistical Analysis of Observed Climate Trends and Statistical Signal Detection Analysis, WMO Publ., No. 834, Geneva.
12. Shonwiese, C.D. & Malcher. J. & Hartmann. C., 1986, Globale Statistik Langer Temperatur und Nieder Schagstreiher, Report No. 65, Inst. Meteorol. Geophys. Univ. Frankfort/Main:2ned (1990).
13. WCAP, No., 3, 1988, Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect of Climate Variability and Change, WMO/TD No. 224.
14. WCDMP, No. 20, 1992, Report on the Informal Planning Meeting on Statistical Procedures for Climate Change Detection, WMO/TD No. 498, World Meteorological Organization, Geneva.
15. WCDMP, No., 32, 1997, Progress Report to CCI on Statistical Methods (Prepared by C. D. Schonwiese), WMO/TD, No. 834, World Meteorological Organization, Geneva.
16. WCDMP, No. 53, 2003, WMO/TD, No. 834, World Meteorological Organization, Geneva.
17. Worsley, K.J., 1979, On the Likelihood Ratio Test for a Shift in Location of Normal Populations, J. Am. Stat. Assoc., 74, 365-367.