

مجله علمی - پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان

دوره دوم، شماره بیست و ششم و بیست و هفتم

باییز و زمستان ۱۳۸۰، صص ۳۸ - ۱۹

بررسی و مدل‌سازی روند دما طی سده گذشته (مطالعه موردی ایستگاه جاسک)

دکتر محمدرضا کاویانی* - حسین عساکره**

چکیده

دانسته‌های دمایی را در اجرای اهداف عملی، اقتصادی و صنعتی به‌خصوص در سالهای اخیر بسیار به کار می‌گیرند. هر چند تأثیرات دمایی محیط در سایر زمینه‌ها مثلاً پزشکی نیز مهم است اما جنبه‌های جغرافیایی آن کاربرد متداولتری پیدا کرده است. برای مثال در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و نیز بسیاری از برنامه‌هایی که به مسائل زیست محیطی، بهداشتی، شهرسازی و صنعتی مربوط می‌شود، مطالعه و بررسی دما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. صنعت و ترافیک نیز نمی‌تواند از تأثیرات دما برکنار باشد. در این زمینه اهمیت دما در فنون گرم‌سازی، ترافیک هوایی و دریایی را می‌توان نام برد. بنا به اهمیت دما در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی - اجتماعی، مطالعه تغییرات دمایی در دوره‌های بلندمدت از مطالب مورد توجه محافل علمی است. در این تحقیق میانگین سالانه دمای جاسک جهت شناخت و ارزیابی این تغییرات مورد توجه قرار گرفته است. جاسک در ۲۵°۳۸' شمالی و ۵۷°۴۶' شرقی در منتهی‌الیه شرقی استان هرمزگان

قرار دارد. ارتفاع این شهر نسبت به سطح دریا حدود ۵ متر و میانگین سالانه دما در این ایستگاه حدود ۲۷ درجه سلسیوس است. آب و هوای این شهر در پهنه‌بندی کوپن، جزء اقلیم BW_s به شمار می‌رود.

دمای جاسک طی ۱۰۴ سال گذشته (سالهای ۱۹۹۶-۱۸۹۳) روندی افزایشی نشان می‌دهد. این روند با به‌کارگیری شیوه‌های آماری اثبات گردید. میزان این افزایش طی دوره مزبور $0/293 \pm 0/835$ درجه سلسیوس برآورد شده است. بسیاری از تغییرات کوتاه‌مدت به‌خصوص از سال ۱۹۵۰ به بعد حاصل تأثیر جابه‌جایی ایستگاه هواشناسی، تغییر دیده‌بان، تغییر ابزار سنجش، تغییر ارتفاع پناهگاه دماسنج و ... بوده است.

بررسی و ارزیابی روند و فازهای دمایی و مقایسه این عناصر با تغییرات سه عامل «نوسانات اطلس شمالی»، «نوسانات جنوبی» و «کلف‌های خورشیدی» نشان می‌دهد که کمی بیش از ۲۰ درصد تغییرات بلندمدت میانگین دمای سالانه جاسک با تغییرات درازمدت سه عامل مزبور قابل توجیه است.

سه فراسنج مؤثر بر تغییرات، دمای جاسک را به‌طور همسان و یکسان تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. نوسانات جنوبی با تأخیر یکساله و تبدیل سینوسی و کلف‌های خورشیدی با تأخیر پنج‌ساله دمای جاسک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در حالی که توده‌های اطلسی بدون هیچ تأخیری دمای جاسک را متأثر می‌سازند. همچنین رابطه دما با کلف‌های خورشیدی مثبت، اما با دو عامل دیگر رابطه‌ای منفی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

۱- روند ۲- نوسان ۳- وردایی ۴- شیب خط ۵- هموارسازی

مقدمه

طی سده گذشته میانگین دمای کره زمین $0/15 \pm 0/45$ درجه سلسیوس افزایش یافته است (۱۷) بیشتر گرمایش مزبور از دهه‌های نخستین قرن بیستم آغاز شده است اگر چه این میزان گرمایش ممکن است در نظر اول ناچیز به نظر برسد اما بررسی‌های بوم‌شناختی نشان می‌دهد که تغییرات میانگین ارقام درازمدت دمای هوا حتی در صورتی که از $0/1 \pm 0/2$ درجه سلسیوس هم تجاوز نکند باز واکنشهای حساسی در سیستم مزبور پدید می‌آورد. در حالی که نوسانات سالانه و فصلی از لحاظ وضعیت هوا اگر چه حاوی دامنه بزرگتر می‌باشد اما اکوسیستم‌ها را چندان تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. بنابراین زمان تعادل و لختی اکوسیستم را می‌توان یک فرایند حفاظتی در مقابل تأثیرات کوتاه‌مدت و شدید هوا تلقی نمود.

بدین جهت گرمایش زمین به دلیل آثار محیطی و اقتصادی - اجتماعی آن از موضوعات جالب توجه محافل علمی و حتی توده مردم طی چند دهه اخیر بوده، تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی انجام گرفته است. قسمت عمده‌ای از این تحقیقات با به کارگیری روشهای آماری سعی در شبیه‌سازی فراسنج‌های اقلیمی داشته‌اند. اخیراً دانشمندان به منظور تحلیل الگوهای اقلیمی توجه خاصی به سری‌ها و مقادیر دمایی معطوف می‌دارند. از این قبیل مطالعات می‌توان به کارهای جونس و همکاران (۱۹۸۶ الف، ب، ج)، جونس (۱۹۸۸) و فولاند و همکاران (۱۹۹۰) اشاره نمود. بررسی و مطالعه تغییرات اقلیمی - دمایی از این نظر در مطالعات جغرافیایی حایز اهمیت است که جنبه‌های عمده‌ای از این تغییرات، به خصوص طی سده اخیر حاصل نقش و عملکرد انسانی (شهرسازی - جنگل‌زدایی - توسعه و رشد صنعتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و ...) بوده است.

کشور ما به لحاظ سابقه کوتاه در بهره‌گیری از روشهای اندازه‌گیری مستقیم داده‌های جوی از این نظر کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این میان فقط ایستگاههای معدودی دارای مقادیر ثبت شده طولانی هستند. از این قبیل ایستگاهها، جاسک با توجه به طول دوره آماری ۱۰۴ ساله جهت مطالعه و سنجش روند دما بسیار مناسب تشخیص داده می‌شود. جاسک در ۲۵°۲۸' شمالی و ۵۷°۴۶' شرقی در جنوب شرقی ایران و در منتهی‌الیه شرقی استان هرمزگان قرار گرفته است. ارتفاع این شهر در محل ایستگاه هواشناسی ۵ متر بالاتر از سطح دریا است. آب و هوای این شهر در پهنه‌بندی کوپن جزء اقلیم BWS به‌شمار می‌رود.

روشها

دمای سالانه ایستگاه جاسک طی سالهای ۱۸۹۳-۱۹۹۶ مورد مطالعه قرار گرفته است. داده‌های مربوط به این دوره از سه منبع اطلاعاتی استخراج و پردازش شده‌اند.

طی دوره ۱۸۹۳-۱۹۵۰ میانگین سالانه دما از گزارش سازمان جهانی هواشناسی^۱ تحت عنوان: «گزارش جهانی هوا»^۲ استخراج شده است. در این گزارش دما به درجه فارنهایت ثبت شده است. طی این دوره سه مرحله ثبت داده‌ها را سه دیده‌بان انجام داده‌اند. دوره ۱۹۵۱ به بعد با تأسیس سازمان هواشناسی کشور، میانگین دما در این ایستگاه تحت

نظارت این سازمان به ثبت رسیده است. اما طی سالهای ۱۹۸۴-۱۹۸۰ به دلیل آغاز جنگ تحمیلی عراق با ایران اندازه‌گیری دما به وسیله سازمان هواشناسی انجام نشده و ایستگاه جاسک طی ۵ سال مزبور تعطیل بوده است.

به‌منظور همخوانی دمای پیش از دهه ۵۰ و بعد از آن، دمای گزارش شده سازمان جهانی هواشناسی به درجه سلسیوس تبدیل شده است. میانگین روزانه دما طی سالهای ۱۹۸۴-۱۹۸۰ از مدیریت منابع آب استان هرمزگان دریافت گردیده و به وسیله آن دمای سالانه را در مقیاس ماههای میلادی شکل داده‌ایم. از موارد قابل توجه در بررسی دمای جاسک تغییر ارتفاع پناهگاه دماسنج (جمعیه اسکرین) و به تبع آن تغییر ارتفاع مخزن دماسنج می‌باشد. تا سال ۱۹۸۴-۱۹۸۳ ارتفاع پناهگاه ۱/۲۵ متر و ارتفاع مخزن دماسنج نیز ۱/۳۵ متر بوده است. از آن پس ارتفاع پناهگاه ۲ متر و مخزن دماسنج ۲/۱ متر از سطح زمین تغییر پیدا کرد. تغییر ارتفاع مخزن دماسنج بر دمای ثبت شده تأثیر آشکاری داشته است. این امر به دلیل تأثیر فوق‌العاده زیاد انرژی بازتاب زمین بر پناهگاه و دماسنج می‌باشد. در این مطالعه اهداف زیر مورد توجه قرار گرفته است.

۱- بررسی وجود روند در دمای سده اخیر که به روشهای زیر انجام گرفته است:

- مطالعه اختلاف دو نیمه مقادیر

- بررسی شیب خط وایزی دما طی زمان

۲- هموارسازی میانگین‌های دمای سالانه به منظور شناخت رفتارهای نوسانی و تغییرات دیگر. هدف کلی در این بخش درک و تصویری از چگونگی تغییرات روند و افت و خیزهای اطراف آن طی سده گذشته است.

۳- ارزیابی اثر سه عامل «نوسانات اقیانوس اطلس شمالی»،^۱ «شاخص‌های نوسانات جنوبی»^۲ و «شمار کلف‌های خورشیدی»^۳ در توضیح و توجیه برخی تغییرات بلندمدت، از اهداف دیگر تحقیق است. مشخصات آماری دما و سه فراسنج مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

نوسانات اطلس شمالی بخشی از وردایی^۴ اقلیم در حوضه اطلس و الگویی پایدار از وردایی چرخش عمومی جو در این ناحیه است. این پدیده به یک نوسان

1- North Atlantic Oscillation (NAO)

2- Southern Oscillation Index

3- Sunspots Number

4- Variation

نصف‌النهاری در جرم جو گفته می‌شود که مرکز عمل آن در نزدیکی ایسلند و بر روی منطقه جنب حاره (از آזור تا شبه‌جزیره ایبری) است. هنگامی که آنومالیهای کم فشار ناحیه ایسلند و سرتاسر شمالگان کاهش یافته و کم فشار عمیق‌تر از معمول ایجاد شود و در عین حال آنومالیهای فشار زیاد در منطقه جنب حاره اقیانوس اطلس افزایش یافته و پرفشار قوی‌تر از معمول ایجاد گردد، نوسانات اطلس شمالی در فاز مثبت است. در طی فاز منفی نوسانات اطلس شمالی، یک مرکز پرفشار ضعیف‌تر از معمول در جنب حاره ایجاد شده و کم فشار ناحیه ایسلند نیز ضعیف‌تر از معمول خواهد بود. بنابراین یک شاخص عمومی برای ارزیابی نوسانات اطلس شمالی اختلاف فشار نرمال شده سطح دریا بین منطقه جنب حاره (آזור) و کم فشار جنب قطبی (ایسلند) است. همبستگی تغییرات سالانه این پدیده با تغییرات میانگین سالانه دما طی ۱۰۴ سال دوره آماری ۲۰۰۲/۰۳۲ - به دست آمده است، این مقدار همبستگی با توجه به تعداد داده‌ها در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است.

تغییر فشار سطح دریا و تأثیر آن بر دما و بارش باعث نوساناتی در نیمکره جنوبی می‌شود که به علت تفکیک این نوسانات از نوسانات اقیانوس اطلس شمالی با اصطلاح نوسانات جنوبی خوانده می‌شود (۱۰). پدیده نوسان جنوبی، افت و خیزی در شدت گردش عمومی جو و جریانهای اقیانوسی بین حاره‌ای است. این افت و خیز گسترده بر اثر تبادل هوای بین پرفشار جنوب شرقی اقیانوس آرام و کم فشار استوایی اندونزی تولید می‌شود (۲). والکر برای نوسانات جنوبی شاخصی تعریف نمود (۶)، این شاخص بر اساس اختلاف فشار در دو منطقه تاهیتی و جزایر داروین تعریف می‌شود. با منفی شدن مقادیر این شاخص، پدیده ال‌نینو^۱ و در صورت مثبت شدن آن لانیو^۲ حاکمیت پیدا می‌کند. رابطه تغییرات سالانه این شاخص با تغییرات سالانه دما در جاسک ۰/۱۴۶۶ - است و در سطح ۰/۱۳۷ معنی دار است.

تغییرات کمی تابش خورشید حاصل فعالیت دوره‌ای لکه (کلف)های خورشیدی است. این پدیده شاخص تغییرات عمده‌ای در سطح خورشید می‌باشد. به این ترتیب بین لکه‌های خورشیدی و شعله‌افشانی انفجاری خورشید رابطه نزدیکی وجود دارد. رابطه مزبور منفی است.

اگر چه چگالی انرژی خورشیدی نقش زیادی در اقلیم دارد، اما برای اینکه این تغییرات بر اقلیم تأثیر بگذارد باید آثار آن بر سطح وسیعی انعکاس یابد. یکی از محیط‌هایی که می‌تواند آثار تغییر چگالی تابش خورشید را در سطح وسیعی گسترش دهد اقیانوس‌هاست. تغییر دمای آب اقیانوس‌ها می‌تواند باعث تغییراتی بر دمای اتمسفر شود. لازم به یادآوری است که اقیانوس‌ها با تأخیر حدوداً چهار ساله به تغییرات چگالی خورشید پاسخ می‌دهند (۳). همبستگی تغییرات فعالیت کلف‌های خورشیدی و دمای جاسک ۱۳۷۹+۰ است. این میزان ضریب همبستگی با توجه به طول دوره آماری در سطح ۱۶۳/۰ معنی دار است.

ویژگی‌های عمومی و بررسی‌های اولیه آماری

با توجه به جدول شماره ۱ میانگین سالانه دما در جاسک ۲۷، انحراف معیار ۴۹۶/۰ درجه سلسیوس و ضریب تغییرات آن ۸۴/۱ درصد است. ضریب چولگی و کشیدگی به ترتیب برابر است با ۱۴۶/۰ و ۴۱/۰.

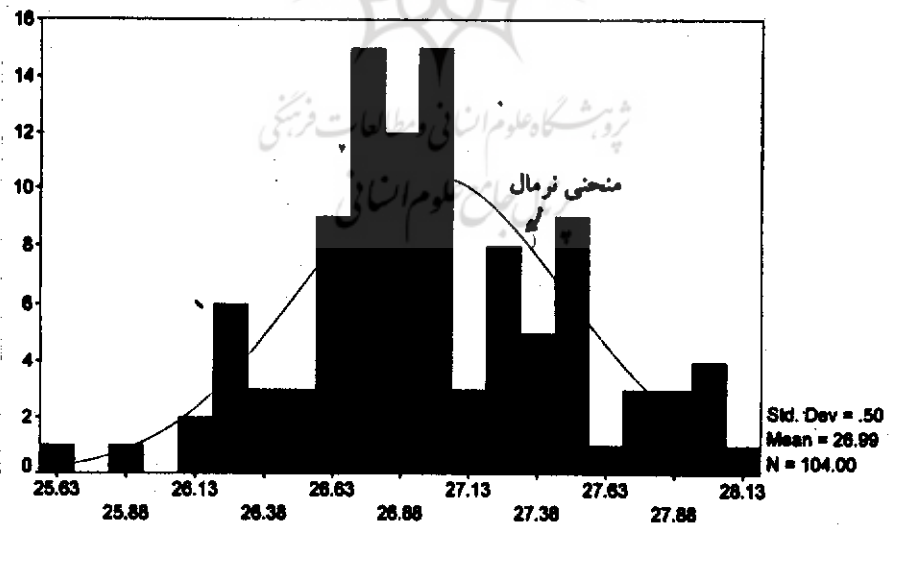
جدول ۱- مشخصات آماری دمای جاسک و فراسنج‌های مورد بررسی طی ۱۹۹۶-۱۸۹۳

| فراسنج | میانگین | واریانس | انحراف معیار | ضریب تغییرات | چولگی | کشیدگی | حداقل | حداکثر | دامنه |
|--------------------|---------|---------|--------------|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| دمای جاسک | ۲۶/۹۸۶ | ۰/۲۴۶ | ۰/۴۹۶ | ۱/۸۴ | ۰/۱۴۶ | ۰/۰۴۱ | ۲۵/۶ | ۲۸/۱۵ | ۲/۵۵۲ |
| نوسانات اطلس شمالی | ۰/۱۷۴ | ۰/۲۳۸ | ۰/۴۸۸ | ۲۸۰/۴۶ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۵۳۷ | -۱/۱۳ | ۱/۱۲ | ۲/۲۵۳ |
| نوسانات جنوبی | ۰/۸۲۴ | ۴۷/۳۷ | ۶/۸۸۲ | ۸۳۵/۱۹ | ۰/۰۴ | ۰/۱۶ | -۱۶/۷۵ | ۲۰ | ۳۶/۷۵ |
| کلف‌های خورشیدی | ۵۹/۶۱ | ۲۲۴۱/۲۹ | ۴۷/۳۴۲ | ۷۹/۴۲ | ۰/۸۶۳ | ۰/۱۰۷ | ۱/۴ | ۱۸۹/۸۵ | ۱۸۸/۴۵ |

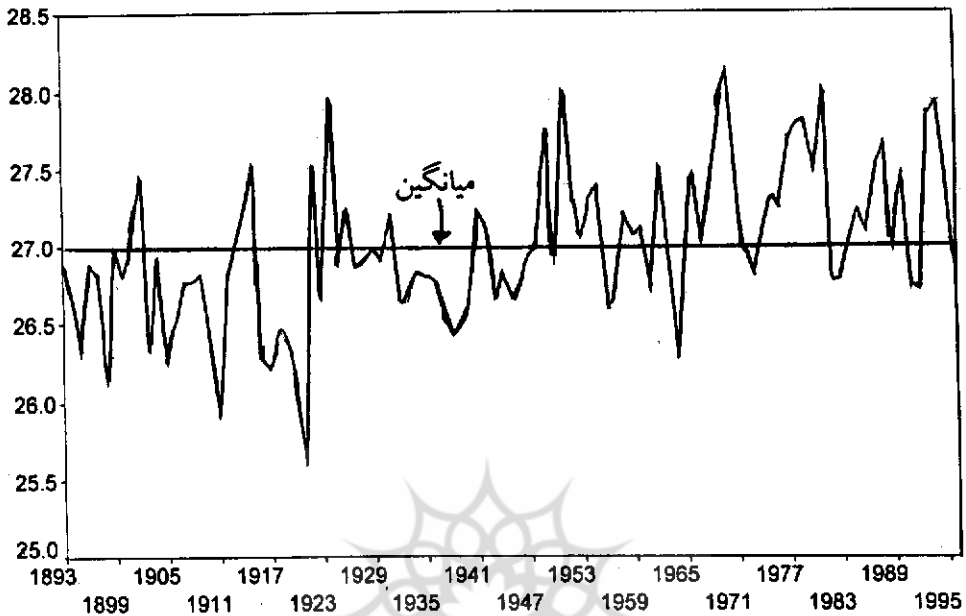
توزیع فراوانی میانگین دما به وسیله بافت‌نگار (هیستوگرام) مشخص شده است (نمودار ۱). همان‌گونه که واضح است، دامنه دما در جاسک ۲۸/۱۵-۲۵/۶۱ (۲/۵۵) درجه سلسیوس) می‌باشد. بیشترین فراوانی وقوع دما در دامنه ۲۷-۲۶/۷ درجه سلسیوس (۳۷/۵ درصد فراوانی‌ها) می‌باشد. در این ایستگاه علی‌رغم اینکه تواتر (بسامد) دامنه‌های دمای بالا و پایین در دو طرف خط میانگین کم می‌باشد، ولی فراوانی دماهای بالاتر از میانگین بیش از فراوانی دماهای پایین‌تر از میانگین است.

تغییرات میانگین‌های سالانه دما

با توجه به نمودار ۲ دمای جاسک، افت و خیزهای فراوانی را تجربه نموده است. همان‌گونه که در نمودار مشهود است تداوم سالهای پایین‌تر از میانگین در فاصله سالهای ۱۸۹۳ تا ۱۹۲۱ غلبه بیشتری نسبت به سالهای بالاتر از میانگین دارد و از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۶



نمودار ۱- بافت‌نگار دمای سالانه جاسک



نمودار ۲- میانگین دمای سالانه در جاسک طی سالهای ۱۸۹۳-۱۹۹۶

دمای بالاتر از میانگین بیشتر از دمای پایین‌تر از میانگین به وقوع پیوسته است. و در حد فاصل این دو دوره، دما در اطراف میانگین در نوسان است واضح است که علاوه بر نوسانات، تمایل عمومی دما نیز افزایشی به نظر می‌رسد.

تغییرات بلندمدت دما (روند)

تغییرات آرام و یکنواخت در دما را روند گویند. گرانجر، روند را به صورت ترکیبی از مؤلفه‌های فرکانسی که طول موج آن از طول سری مشاهده شده تجاوز می‌کند، تعریف می‌نماید (۱). بنابراین طبیعی است که روند را حالتی کمابیش پایدار از افزایش یا کاهش بدانیم. برآورد روند در سریهای اقلیمی به دلیل اهمیت علمی و عملی آن است. چه، سیستمهای انسانی وابسته به عوامل اقلیمی (کشاورزی، صنایع، شهرسازی، و خانه‌سازی و...) براساس فرض ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عمل می‌کنند. به منظور بررسی روند از دو روش به شرح زیر بهره گرفته شده است:

۱- مقایسهٔ اختلاف میانگین دو نیمهٔ آماری

ساده‌ترین روش بررسی تغییرات بلندمدت محاسبهٔ اختلاف بین میانگین دو نیمه سریهاست (۹) که به روش زیر قابل محاسبه است:

$$\beta_1 = 1/m \{1/m \Sigma Y_2 - (1/m \Sigma Y_1)\}$$

مقدار $1/m$ خارج از گروه میزبان تغییرات به ازای هر سال، ΣY_1 و ΣY_2 نیز به ترتیب مجموع دمای نیمهٔ اول و دوم را نشان می‌دهد.

از آنجا که مقادیر حاصل از این فرمول تحت تأثیر تغییرات شدید و اتفاقی (واریانس) در هر نیم دوره است میانگین‌های دو نیمه با فرض همبسته بودن آن دو بر اساس روش ناپارامتری و با نرم‌افزار SPSS/WINDOWS محاسبه شده و اختلاف دو نیمه در سطح ۹۵٪ با جدول توزیع نرمال مقایسه شده است:

نتایج حاصل، عدم همخطی را نشان می‌دهد. زیرا میزان همبستگی دو نیمه ۰/۲۴ به دست آمده است. این مقدار همبستگی با آماره t دو طرف در سطح ۹۵٪ معنی دار نیست. بنابراین اختلاف دو نیمه با آماره t در سطح صفر معنی دار است.

دو نیمه دورهٔ آماری ۰/۴۷ درجهٔ سلسیوس با هم اختلاف دارند. بنابراین بر اساس این روش، سالانه ۰/۰۰۹ درجه سلسیوس افزایش دما در جاسک به وقوع می‌پیوسته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

رتال جامع علوم انسانی

۲- بررسی شیب خط دما

روش پیشین در بررسی تغییرات تدریجی توانایی ضعیفی دارد. به منظور تصویر این گونه تغییرات تدریجی و حتی مقطعی، خطی راست و به روش کمترین مربعات خطاهای وایازی دما (T) بر زمان (Y) را محاسبه می‌کنیم، شیب این خط که گویای نوع و میزان روند است، به روش زیر محاسبه می‌شود (۴):

$$\beta_2 = \frac{\Sigma(Y-Y)T}{\Sigma Y(Y-Y)^2}$$

در روش محاسبهٔ شیب خط اگر باقی‌ماندهٔ وایازی تصادفی بوده یعنی خودهمبستگی آنها کم، میانگین صفر و واریانس ثابت داشته باشد خطای استاندارد β به این شرح برآورد می‌شود:

$$SE(\beta_2) = \sqrt{\frac{\Sigma(T-a-b)^2}{(n-2)\Sigma(Y-Y)^2}} = \sqrt{[12\Sigma(T-a-bY)/(n-2)n(n^2-1)]}$$

در این فرمول: $a = T + by$

چنانکه واضح است و در مخرج کسرهای بالا نیز مشهود است تغییرات شیب خط یعنی افزایش تدریجی دما تحت تأثیر حجم داده‌هاست. چه، فزونی داده‌ها احتمال معنی‌داری مقادیر کم شیب را نیز تضمین می‌کند زیرا وجود شیب در داده‌های با طول مدت زیاد (حتی هنگامی که مقدار شیب کم است) حکایت از وجود روند دارد.

آزمون فرض صفر ($H_0: \beta_2 = 0$) که عدم وجود شیب را گواهی می‌دهد بر اساس $B/SE(\beta_2)$ بنا نهاده شده است. صحت فرض صفر بر این ایده استوار است که β_2 توزیعی مشابه t استیودنت با $n-2$ درجه آزادی داشته باشد. مقادیر حاصل از روشهای فوق در سطح ۹۵٪ برای β_2 مساوی (۰/۰۰۸۰۲۶) و برای $SE(\beta_2)$ برابر (۰/۰۰۱۴۹۱) به دست آمد. با مقایسه t محاسبه شده و t جدول روند افزایشی دما در جاسک به اثبات می‌رسد. بر این اساس طی سده اخیر سالانه ۰/۰۰۸۰۲۶ و طی ۱۰۴ سال گذشته ۰/۸۳۴۷۰۴ درجه سلسیوس به دمای جاسک افزوده شده است. محاسبه فاصله اطمینان برای β_2 برآورد حداقل و حداکثر افزایش دما به ازای هر سال را نشان می‌دهد. مقادیر حاصل از محاسبه فاصله اطمینان ۰/۱۰۸ تا ۰/۰۰۵۲ درجه سلسیوس افزایش سالانه دما را نشان می‌دهد. یعنی افزایش دما طی ۱۰۴ سال گذشته در جاسک ۰/۵۴۲ تا ۱/۱۲۸ (۰/۸۳۵ ± ۲۹۳) درجه سلسیوس بوده است.

بررسی عوامل مؤثر بر فازهای دمایی جاسک

شناخت نوسانات دمایی به کمک هموارسازی امکان‌پذیر است. این شیوه علاوه بر فازهای دمایی قادر است روند را نیز نمایش دهد. هموارسازی شیوه‌ای آماری-ترسیمی برای تخفیف نوسانات در یک سری زمانی است. این روش به منظور حذف نوسانات موضعی در دامنه‌ای مشخص و مورد نظر به کار گرفته می‌شود. یعنی ضمن کم کردن دامنه تغییرات، فاز را ثابت نگه می‌دارد. در واقع این روش یک نوع صافی یا میانگین متحرک است که در آن به مشاهدات دورتر، وزن کمتر و به مشاهدات نزدیکتر وزن بیشتری داده می‌شود (18, 19, 20). هانسن و لیدف (۱۹۸۸) در تصویر نحوه تغییرات سده اخیر در سطح جهانی، این روش را به نحو مفیدی به کار گرفته‌اند، بر این اساس و به شیوه ارائه شده در سازمان جهانی هواشناسی (۱۹۶۶) ضرایب میانگین متحرک به این شرح حاصل شده‌اند.

$$M = 0.24T + 0.22T \pm_1 + 0.12T \pm_2 + 0.05T \pm_3 + 0.01T \pm_4$$

این ضرایب نوسانات ده سال و بیشتر را نشان داده و نوسانات ده سال و کمتر را حذف می‌نماید. در فرمول فوق:

M = مقادیر هموار شده

T = دما در یک سال معین

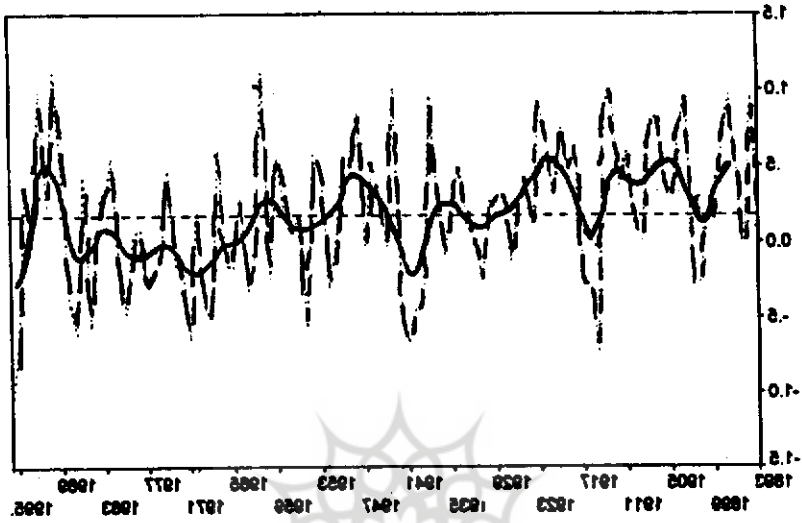
$T \pm_i$ = دما در i سال قبل یا بعد است

نتایج حاصل از کاربرد صافی فوق برای میانگین سالانه دمای جاسک، نوسانات اطلس شمالی، نوسانات جنوبی و کلف‌های خورشیدی در نمودار (۳/۱) و (۳/۲) ارائه شده است. دیده می‌شود کلیه فراسنج‌های مورد بررسی طی دوره آماری مورد مطالعه سه فاز را گذرانده‌اند. مشخصات این فازها در جدول ۲ ارائه شده است:

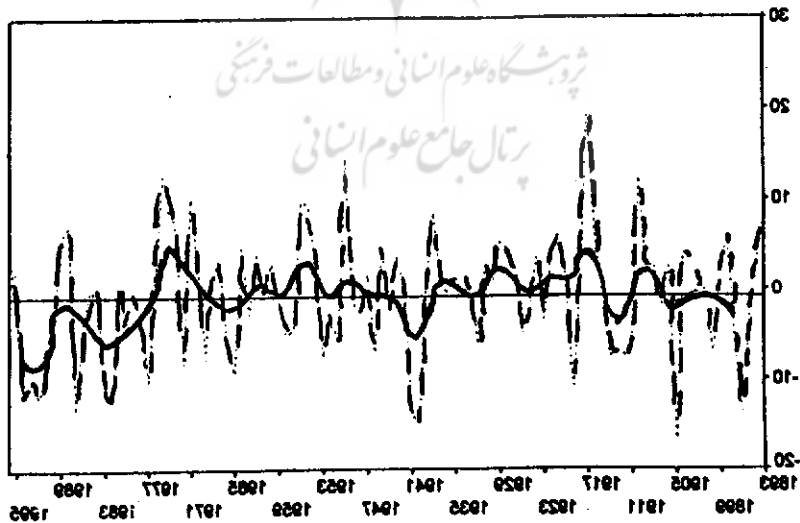
همان‌طور که در نمودار (۴/۱) و (۴/۲) و جدول ۲ مشهود است، گرچه فازهای دمایی و فازهای فراسنج‌های دیگر به‌طور هم‌زمان به‌وقوع نپیوسته است، اما عموماً تقارن زمانی نسبی در کلیه فراسنج‌ها با میانگین سالانه دما دیده می‌شود. از مقایسه میانگین‌ها در هر فاز نتایج زیر حاصل می‌شود:

طی فاز نخست میانگین فاز همه فراسنج‌ها بجز نوسانات اطلس شمالی پایین‌تر از میانگین کل خود بوده است. در فاز دوم همه فراسنج‌ها میانگینی بالاتر از میانگین کل را تجربه نموده‌اند. در فاز سوم میانگین سالانه دما در جاسک و متوسط سالانه تعداد کلف‌های خورشیدی میانگینی بالاتر از میانگین کل داشته‌اند، در حالی که نوسانات شمالی و جنوبی میانگینی پایین‌تر از میانگین کل را تجربه کرده‌اند. شیب خط تغییرات در فاز اول برای تمامی فراسنج‌ها منفی و در فاز دوم برای همگی مثبت است؛ اما در فاز سوم رابطه بین دما و تعداد کلف‌های خورشیدی همسان ولی با نوسانات جنوبی و شمالی رابطه معکوس دارد. به نظر می‌رسد در شرایطی که میانگین‌های هر سال بالاتر یا پایین‌تر از میانگین کل باشد نوع رابطه یا اثر هر عامل بر روند دمای جاسک متفاوت باشد.

نوسانات اطلس شمالی

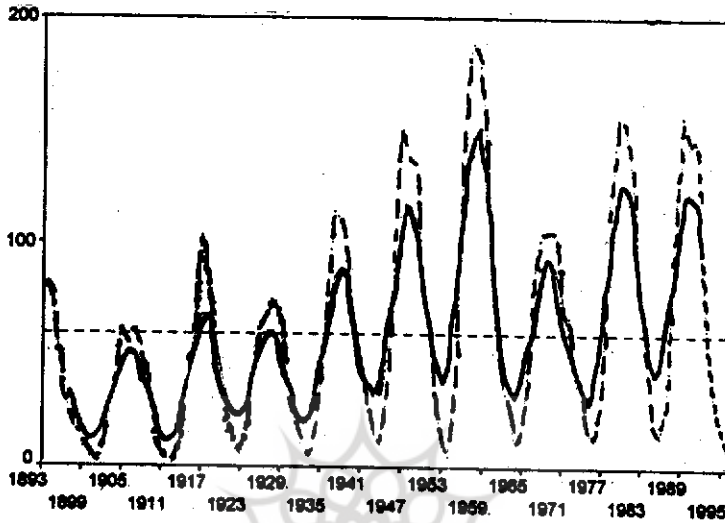


نوسانات جنوبی

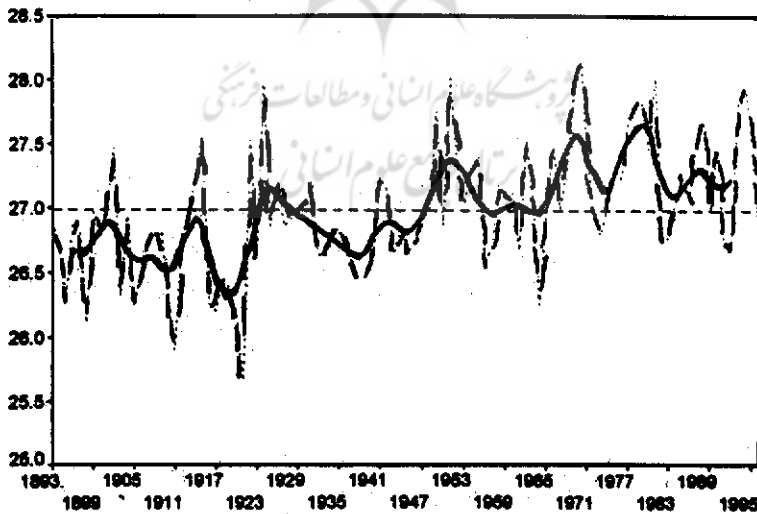


نمودار ۳/۱- مقادیر هموار شده تغییرات میانگین‌های سالانه فراسنج‌های مورد بررسی

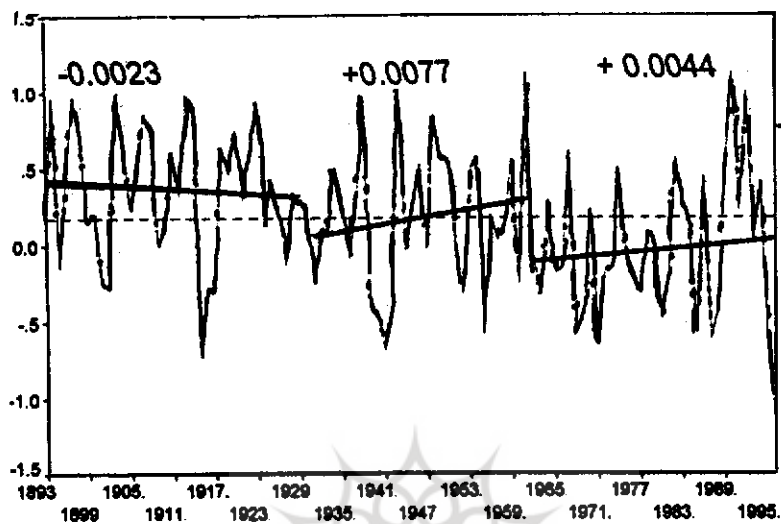
کلف‌های خورشیدی



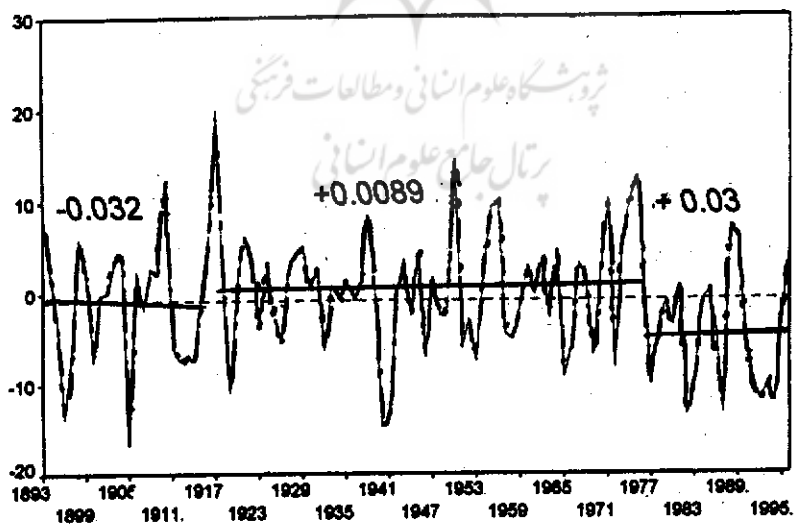
میانگین دمای جاسک



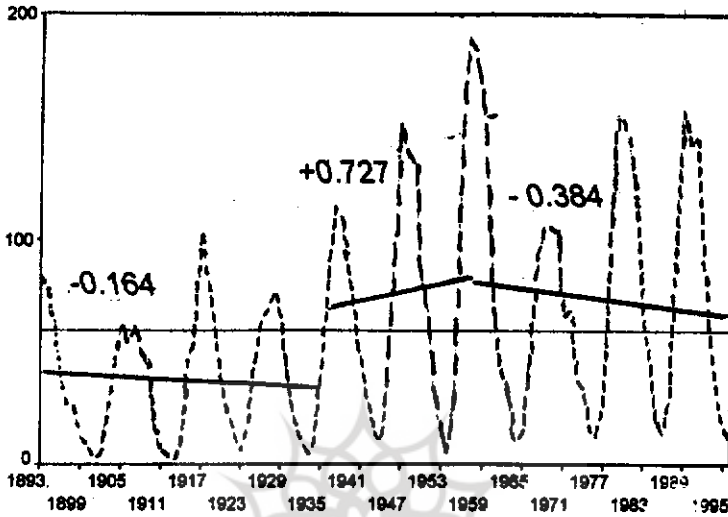
نوسانات اطللس شمالی



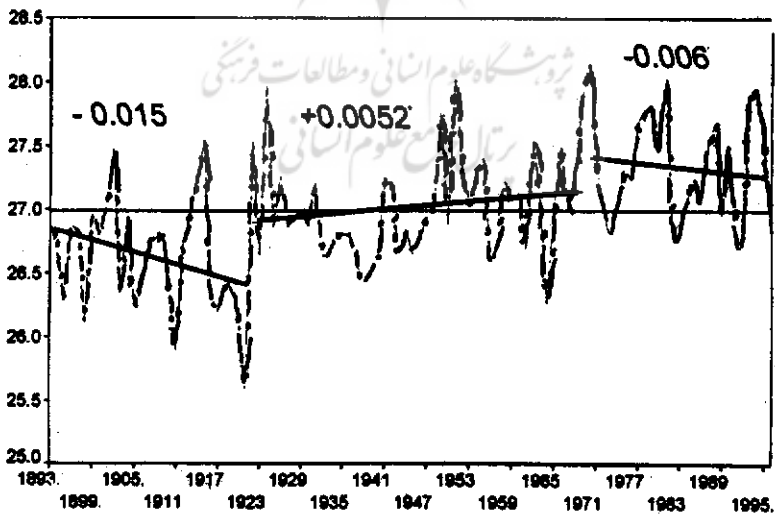
نوسانات جنوبی



کلف‌های خورشیدی



میانگین دمای جاسک



جدول ۲- ویژگیهای فازهای دمایی جاسک و فراسنج‌های اقلیمی مورد بررسی

| فاز | دوره | میانگین | شیب خط | فراسنج‌ها |
|-----|-----------|---------|-----------|-----------------|
| اول | ۱۸۹۳-۱۹۲۱ | ۲۶/۶۲۰ | -۰/۰۱۵۴۲۷ | دمای جاسک |
| | ۱۸۹۳-۱۹۲۹ | ۰/۳۵۹ | -۰/۰۰۲۲۵۸ | نوسانات شمالی |
| | ۱۸۹۳-۱۹۱۶ | -۱/۰۱ | -۰/۰۳۲۴۲۸ | نوسانات جنوبی |
| | ۱۸۹۳-۱۹۳۵ | ۳۷/۶۳ | -۰/۱۶۴ | کلف‌های خورشیدی |
| دوم | ۱۹۲۲-۱۹۶۹ | ۲۷/۰۱۵ | ۰/۰۰۵۱۸۸ | دمای جاسک |
| | ۱۹۳۰-۱۹۶۱ | ۰/۱۷۹ | ۰/۰۰۷۶۸ | نوسانات شمالی |
| | ۱۹۱۴-۱۹۷۶ | ۰/۵۵ | ۰/۰۰۸۸۷۵ | نوسانات جنوبی |
| | ۱۹۳۶-۱۹۵۷ | ۷۶/۶۱ | ۰/۷۲۷ | کلف‌های خورشیدی |
| سوم | ۱۹۷۰-۱۹۹۶ | ۲۷/۳۲ | -۰/۰۶۰۱۹ | دمای جاسک |
| | ۱۹۶۲-۱۹۹۶ | -۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۴۳۷۲ | نوسانات شمالی |
| | ۱۹۷۷-۱۹۹۶ | -۴/۷۱ | ۰/۰۲۹۸۲۵ | نوسانات جنوبی |
| | ۱۹۸۵-۱۹۹۶ | ۷۴/۲۵ | -۰/۳۸۴ | کلف‌های خورشیدی |

جدول ۳- همبستگی میانگین دمای سالانه جاسک و فراسنج‌های مورد بررسی طی فازهای سه‌گانه

| فازها | نوسانات اطلس شمالی | نوسانات جنوبی | کلف‌های خورشیدی |
|-------|--------------------|---------------|-----------------|
| اول | -۰/۱۶۰۱ | -۰/۲۰۸۳ | ۰/۲۰۶۱ |
| دوم | -۰/۲۹۵۷ | -۰/۱۴۶۱ | ۰/۰۰۱۵ |
| سوم | -۰/۱۵۴۳ | ۰/۰۳۴۱ | ۰/۱۱۹ |

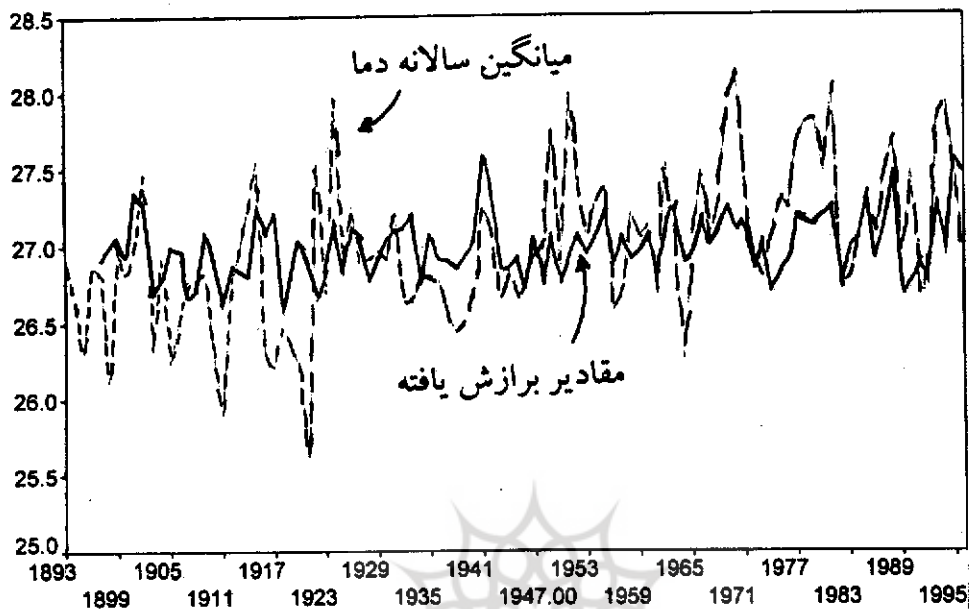
روشی دقیق‌تر برای بررسی اثر فراسنج‌های مورد بررسی، مطالعه همبستگی آماری بین میانگین دمای سالانه جاسک و فراسنج‌های مورد بررسی طی سه فاز مزبور است. نتایج محاسبات در جدول ۳ ارائه شده است. دیده می‌شود که رابطه دمای سالانه در جاسک با نوسانات شمالی منفی است. این بدان معنی است که میانگین سالانه دما تحت تأثیر هجوم توده هوای اطلسی می‌باشد. همان گونه که پیش‌تر نیز اشاره نمودیم همبستگی بین کل دوره آماری دما و نوسانات شمالی ($r = -0/3202$) نیز منفی و در سطح $0/05$ معنادار است. رابطه دما با نوسانات جنوبی در دو فاز نخست معکوس و در فاز سوم مثبت می‌باشد. در حالی که این رابطه برای کل دوره آماری ($r = -0/1466$) منفی اما در سطح $0/05$ معنی دار نیست. بنابراین به نظر می‌رسد که مقدار تبدیل شده یا تأخیری نوسانات جنوبی بر دمای جاسک اثر می‌گذارد، بنابراین چهار مقدار تبدیل شده نوسانات جنوبی (ریشه دوم، لگاریتم طبیعی، ریشه سوم و معکوس) و همبستگی آنها با دمای جاسک را محاسبه نموده‌ایم. همچنین رابطه نوسانات جنوبی با تأخیرهای مختلف نیز محاسبه شده است. حاصل محاسبات گویای مناسب بودن رابطه دما و نوسانات جنوبی با یک سال تأخیر است. میزان این رابطه منفی ($-0/2131$) و در سطح $0/05$ معنی دار است. این به مفهوم اثرگذاری میانگین سالانه نوسانات جنوبی با یک سال تأخیر بر میانگین سالانه دمای جاسک است.

تلاش برای یافتن بهترین شکل رابطه بین کلف‌های خورشیدی و درجه حرارت جاسک تبدیل سینوسی برای کلف‌های خورشیدی و تأخیر ۵ را پیشنهاد می‌کند. در این نوع تبدیل رابطه خطی بین دما و کلف‌های خورشیدی ($r = 0/2766$) حاصل شد.

بنابر آنچه که گفته شد برای توجیه دمای هر سال رابطه‌ای به شرح زیر به دست آمد:

$$T = 27.05 - 0.2982 \text{ NAO}_{t-1} - 0.013 \text{ SOI}_{t-1} + 0.178 \text{ Sin sunspots}_{t-5}$$

در این فرمول اندیس t ، مشخص کننده سال است و $t-1$ یک سال قبل از سال مورد نظر است. sin نشان دهنده سینوس (رادیان) برای لکه‌های خورشیدی است و اندیس $t-5$ گویای متأثر شدن دما از لکه‌های خورشیدی ۵ سال قبل است. میزان همبستگی حاصل از رابطه بالا ($r = 0/44741$) بسیار قوی و در سطح $0/05$ معنی دار است. ضریب تعیین ($r^2 = 0/20017$) گویای این است که کمی بیش از ۲۰٪ تغییرات بلند مدت دما تحت تأثیر سه فراسنج مورد بررسی است. نمودار ۵ خط و ایازی حاصل از رابطه یاد شده را به ما نشان می‌دهد.



نمودار ۵ - میانگین سالانه دما و مقادیر برآزش یافته از الگوی وایازی سه متغیره

نتایج

در این تحقیق با استفاده از آمار ۱۰۴ ساله دمای جاسک، نوسانات اطلس شمالی، نوسانات جنوبی و کلف‌های خورشیدی سعی بر ارائه رابطه‌ای بین تمایل عمومی دما و روند بلندمدت سه فراسنج دیگر بوده است. در این راستا با استفاده از روشهای محاسبات منطقی (محاسبه اختلاف دو نیمه دوره مورد بررسی)، آماری (خط وایازی) و آماری - ترسیمی (هموارسازی) معلوم شد که روند عمومی دما در جاسک طی ۱۰۴ سال گذشته $0/293 \pm 0/835$ درجه سلسیوس افزایش نشان داده است. فراسنج‌های مورد بررسی می‌توانند بیش از ۲۰٪ تغییرات دمایی جاسک را توجیه کنند. جالب توجه است بدانیم که نوع و میزان تأثیر هر عامل به بزرگی آن عامل نسبت به میانگین درازمدت و جهت عمومی تغییرات آن عامل بستگی دارد.

مطالعه آماری فراسنج‌ها نشان می‌دهد که یک عامل به ندرت می‌تواند تأثیر مستقیمی بر دما به جا بگذارد. این امر به دلیل مکانیزم زمان تعادل در سیستم اقلیمی است. در این میان فقط نوسانات اطلس شمالی اثر مستقیم و بدون تأخیر بر دمای

جاسک به جا می‌گذارد و آن نیز به دلیل اثرگذاری این عامل از طریق جابه‌جایی توده‌های هوایی و در چارچوب و محدوده اتمسفر است. زمان تأخیر در انتقال آبهای گرم اثر نوسانات جنوبی را با تأخیر یکساله به جا می‌گذارد. طبیعت کلف‌های خورشیدی نیز حکایت از زمان تأخیر ۵ ساله برای تأثیر بر دمای جاسک دارد.

در مدلی ساده می‌توانیم تغییرات را وابسته به زمان بدانیم در این صورت عامل اساسی در تعیین تغییرات، گذر زمان است. در این صورت مدل به شکل زیر خواهد بود:

$$T = 11.38 + 0.008026 Y$$

در اینجا T دما در سال Y ام است. ضریب همبستگی در این مدل $0/49$ و ضریب تعیین $0/24$ است. یعنی ۲۴ درصد تغییرات با این مدل تبیین می‌شود.

لازم به ذکر است برخی عوامل دیگر از جمله، تغییر دیده‌بانها، جابه‌جایی ایستگاهها، تغییر ابزار اندازه‌گیری عناصر جوی و.. قادر به ایجاد تغییرات کوتاه‌مدت در داده‌ها خواهند بود. بنابراین تغییرات بلندمدت (روند) و طبیعت نوسانی آن در بازه‌های زمانی طولانی به ندرت از این گونه عوامل متأثر می‌شوند از این رو در مطالعه روند بلندمدت دما می‌توان از این قبیل عوامل چشم‌پوشی نمود. اما در هر صورت تأثیر عوامل مزبور بر تغییرات کوتاه‌مدت دما زمینه‌های تحقیقی مناسبی برای ارزیابی آثار آنها بر تغییرات دمایی می‌باشد، به‌ویژه برخی تغییرات به وقوع پیوسته در میانگین سالانه دما طی دهه ۱۹۵۰ به بعد ایده‌های مناسبی در مورد آثار انسانی بر تغییرات کوتاه‌مدت دما ارائه خواهند نمود.

منابع

- ۱- چتفیلد، سی. مقدمه‌ای بر تحلیل سریهای زمانی، ترجمه حسینعلی نیرومند و ابوالقاسم بزرگ‌نیا، دانشگاه فردوسی، مشهد، ۱۳۷۲.
- ۲- قائمی، هوشنگ. هواشناسی عمومی، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۷۵.
- ۳- کاره، فرانسوا. اقیانوسها، ترجمه محمود مصاحب، (مجموعه چه می‌دانم؟)، چاپ اول، انتشارات آموزش انقلاب اسلامی، تهران، ۱۳۶۸.
- ۴- کرایر، جاناتان. تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، ترجمه حسینعلی نیرومند، دانشگاه فردوسی، مشهد، ۱۳۷۱.
- ۵- کرلینجر، پدهاوزر. کاربرد رگرسیون چند متغییری در پژوهشهای رفتاری، ترجمه حسن سرایی، جلد اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۴.

- ۶- مدرس پور، آزاده. ناهنجاریهای اقلیمی و ENSO، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شمال تهران، ۱۳۷۳.
- ۷- نتر و دیگران. آمار کاربردی، ترجمه علی عمیدی، جلد دوم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۴.
- ۸- ویتینک، دیک. ار. کاربرد تحلیل رگرسیون، ترجمه حمید ابریشمی و تیمور محمدی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۴.
- 9- Bloomfield, P and Nychka, D. (1992). "Climate Spectra and Detecting Climate Change", *Climate Change*, 21, 275-287.
- 10- Carpenter, C. (1991). "The Changing World of Weather", GWNNESS, Pub. London.
- 11- Folland, C. K. et al. (1990). "Observed Climatic Variation and Change" *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University press. 195-238.
- 12- Hansen. J. And Lebedeff, S. (1988). "Global Surface Air Temperature" *Geo Lett.* 15, 323-326.
- 13- Jones et al. (1986 a). "Northern Hemispher Surface Air Temperature Variations 1851-1984" *J. Climate Appl. Meteor* 25, 161-179.
- 14- Jones et al. (1986 b). "Southern Hemisphere Surface Air Temperature Variation 1851-1984" *J. Climate Appl meteor* 25, 1213-1230.
- 15- Jones et al (1986 c). "Global Temperature Variation Between 1861 and 1984" *Nature* 322, 430-434.
- 16- Jones P.D (1988). "Hemispheric Surface Air Variation Recent Trend and An Update To 1987" *J. Clim.* 1 654- 660.
- 17- Nasraollah H. A and Balling Jr. R. C (1966). "Analysis of Recent Climatic Changes in The arabian Peninsula Region" *Theor and Appl Climatology* 53, 245-252.
- 18- WMO (1966). "Climate Change". Technical Note no. 79.
- 19- WMO (1998). "WMO / EMEP Workshop on Advanced Statistical Methods and Their Application to Air Quality Data". Helsinki 14-18 sep 1998 WMO no. 133.
- 20- WMO (2000). "Detecting Trend and Other Change In Hydrological Data" Geneva. WMO/td-no. 1013.