

بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه

چکیده

تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت یکی از مسایل مهم زیست محیطی بشر به حساب می آید که در سالهای اخیر مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. افزایش میانگین دمای کره زمین و تغییرات آن نمایه ای از تغییرات اقلیمی است که در تمامی نظریه های تغییر اقلیم به آن توجه شده است. با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا می توان تغییرات اقلیمی در منطقه را ردیابی نمود. برآوردها نشان می دهد که میزان میانگین دمای کره زمین تا سال ۲۰۳۰ میلادی ۰/۷ تا ۲ درجه سانتی گراد بیشتر از امروز خواهد بود. برحسب سناریوهای مختلف مدل های تغییر اقلیم افزایش درجه حرارت ناشی از تغییرات اقلیمی در اغلب نقاط جهان پیش بینی و نتایج مختلفی ارائه گردیده است. بر اساس این پیش بینی ها میانگین درجه حرارت در مقیاس جهانی برای سال ۲۰۵۰ میلادی در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بین ۳/۵ تا ۵ درجه سانتی گراد متغیر می باشد. همچنین شدت تغییر درجه حرارت در مناطق مختلف تفاوت زیادی خواهد داشت.

مقاله حاضر برگرفته از بخشی از پژوهش بررسی تغییر اقلیم در دشت مشهد است. محدوده مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۲۰°-۵۸° و ۸°-۶۰° درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۰°-۳۶° و ۵°-۳۷° شمالی در استان خراسان رضوی قرار گرفته است که بر اساس آمار موجود دارای متوسط دمای سالانه ۱۲/۴ و متوسط بارش ۲۷۸/۶ میلی متر است. برای داده های هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه سینوپتیک مشهد و گلکان و ۸ ایستگاه

تبخیرسنجی و ۲۵ ایستگاه باران‌سنجی واقع در دشت استفاده شده است. تغییرات زمانی درجه حرارت امری کاملاً مشخص در هر اقلیم است. مطالعه تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین به تغییرات درجه حرارت در طول دوره‌های آماری درازمدت می‌پردازد. ساده‌ترین روش‌های مطالعه روند تغییرات درجه حرارت استفاده از روش‌های رگرسیون بین دمای هوا و زمان وقوع است. روش من کندال و لتن مایر دو روش آماری است که با استفاده از آنها روند تغییرات درجه حرارت در دشت مشهد مورد بررسی قرار گرفت. روند تغییرات درجه حرارت در دو سطح احتمالی ۱ و ۵ درصد بررسی گردید. در روش لتن مایر و من کندال در سطح ۱ و ۵ درصد برای تمام ماه‌ها روند تغییرات درجه حرارت بررسی گردید نتایج نشان داد که در بیشتر ماه‌ها روند افزایشی بوده است.

برای روش رگرسیون خطی و نمایی و درجه دو در تمام ایستگاه‌ها برای هر سه پارامتر درجه حرارت (حداقل، حداکثر، متوسط)، روند صعودی به دست آمد. این روند افزایشی درجه حرارت به خصوص برای دمای حداقل، بارزتر است. درجه حرارت در دوره‌های مختلف آماری با یکدیگر مقایسه گردید میانگین سه‌گانه درجه حرارت در سطح ۱ و ۵ درصد در ۲۵ ساله اخیر با ۲۵ ساله قبل به طور معنی‌داری اختلاف دارد. این تفاوت بین دوره‌های ده ساله اخیر با میانگین درازمدت مشهود است. در روش لتن مایر و من کندال در سطح ۱ و ۵ درصد برای تمام ماه‌ها روند تغییرات درجه حرارت بررسی و نتایج نشان می‌دهد که در بیشتر ماه‌ها روند افزایشی است. اختلاف درجه حرارت هر سال با میانگین درازمدت نیز محاسبه گردید نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات در اغلب ماه‌ها مثبت و افزایشی است. تغییرات تفاوت دمای متوسط سالانه دشت مشهد در طول دوره آماری با میانگین درازمدت ۵۰ ساله بررسی گردید در این حالت نیز داده‌های درجه حرارت نشان دهنده روند مثبت در منطقه است و به طور کلی تغییرات دما در دشت مشهد مشهود بوده و می‌توان از این تغییرات به عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم نام برد.

کلید واژه‌ها: درجه حرارت، تغییر اقلیم، روند تغییرات دما.

مقدمه

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که بر اساس شواهد موجود، از زمان‌های بسیار دور وجود داشته و اکنون نیز وجود آن بسیار محتمل است. سرعت و ماهیت تغییرات پارامترهای

اقلیمی در نیمه دوم قرن بیستم، متفاوت بوده و شتاب بیشتری به خود گرفته و روند آن با گذشته قدری متفاوت شده است. مسأله تغییر اقلیم همیشه با تردیدهای زیاد مواجه بوده و به همین دلیل محققین و دانشمندان مختلفی در زمینه ماهیت و علل آن کارهای تحقیقاتی زیادی انجام داده و فرضیه‌هایی را اعلام کرده‌اند که بعضاً در تناقض با یکدیگر نیز هستند.

بر اساس یکی از فرضیه‌های موجود، بخشی از دلایل تغییر اقلیم مربوط به فعالیت‌های بی‌رویه انسان و به ویژه فعالیت‌های صنعتی بر اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای است. طی قرن بیستم مقدار گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (NO_2) به طور قابل توجهی در اتمسفر افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود این روند در آینده نیز ادامه یابد. تغییر آب و هوا یا اقلیم یکی از پیچیده‌ترین مشکلاتی است که بشر در حال حاضر و آینده با آن مواجه خواهد بود. این پدیده ناشی از تغییراتی است که در فرآیندهای اتمسفری رخ داده و باعث گرم شدن هوای کره زمین شده و اثرات و پیامدهای مهمی در چرخه هیدرولوژی به جا خواهد گذاشت. یکی از اثرات مهم این پدیده تغییر در منابع و مصارف آب کشاورزی است (ابراهیمی، ۱۳۸۴).

دانشمندان و محققین زیادی معتقدند که در کره زمین نشانه‌هایی از گرمتر شدن تدریجی هوا وجود دارد. یکی از اساسی‌ترین دلایل آنها این است که بیشتر انرژی رسیده از خورشید و دریافت شده از هوای احاطه شده به دور زمین در جو نگهداری شده و خروج آن از اتمسفر کره زمین به کندی صورت می‌گیرد. با وجود آن که علل واقعی تغییرپذیری اقلیمی به طور کامل شناخته نشده است، لیکن فرضیه‌هایی به عنوان عوامل مؤثر در تغییرات اقلیم مطرح شده‌اند که نتیجه تمام این فرضیه‌ها، تغییر پارامترهای درجه حرارت و بارش است (نصیری محلاتی، ۱۳۸۳).

میانگین دمای هوا در سطح زمین و تغییرات آن نمایه‌ای از تغییرات اقلیمی است که تقریباً در تمامی نظریه‌های تغییر اقلیم، از آن یاد می‌شود. با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا می‌توان تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود. برآوردها نشان می‌دهند که میزان میانگین دما در سال ۲۰۳۰ میلادی، ۰/۷ تا ۲ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از امروز خواهد بود.

همچنین بر اساس مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی می‌شود که میانگین دمای هوای کره زمین در سال ۲۱۰۰ میلادی در حدود ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (Alley, 1984). در مطالعه‌ای مدل‌های مختلف پیش‌بینی اقلیم بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که بر اساس سناریوهای مختلف موجود در مدل‌های GCM، افزایش درجه حرارت سالانه کره زمین برای سال ۲۰۶۰ میلادی بین ۲ تا ۵/۲ درجه سانتی‌گراد خواهد بود (Giorgi & Mearns, 1991). برحسب سناریوهای مختلف مدل‌های تغییر اقلیم افزایش درجه حرارت ناشی از تغییرات اقلیمی در اغلب نقاط جهان پیش‌بینی و نتایج مختلفی ارائه گردیده است. بر اساس این پیش‌بینی‌ها میانگین درجه حرارت در مقیاس جهانی برای سال ۲۰۵۰ میلادی در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بین ۳/۵ تا ۵ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. همچنین شدت تغییر درجه حرارت در مناطق مختلف تفاوت زیادی خواهد داشت (Saunders, 1999; 1998).

بر اساس مطالعات انجام شده روی آب اقیانوس‌ها با استفاده از نقشه‌های رطوبت، دما، باد و سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۵۸، افزایش درجه حرارت آب دریاها کاملاً محسوس بوده است. از دیگر نشانه‌های تغییر اقلیم، تغییر در دمای فصول با میانگین سالانه در یک دوره دراز مدت است. در میان فصول، دو فصل زمستان و تابستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تغییرات پارامترهای دما و بارش واضح‌تر نشان داده شده است (Hulme, Zhao & Jiang, 1994). نتایج تحقیقاتی دیگر نشان می‌دهد که افزایش متوسط درجه حرارت تابستان در ۵۰ سال آینده بین ۴ تا ۵/۲ افزایش خواهد یافت (Rosenzweig, et al, 1994).

در آخرین گزارش IPCC میانگین افزایش دما برای سال ۲۰۶۰ حدود ۱/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. چنانچه غلظت گازهای گلخانه‌ای با سرعت فعلی (حدود ۰,۷ درصد در سال) افزایش یابد تمامی مدل‌های پیش‌بینی، دمای کره زمین را با افزایش حدود ۲ درجه در سال ۲۱۰۰ محاسبه می‌کنند (IPCC first Assessment Report, 1992). روند تغییرات درجه حرارت متوسط سالانه در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشهد در دوره سی ساله بررسی گردیده است. این مطالعات نشان می‌دهد که در تمام ماه‌ها روند افزایش درجه حرارت وجود دارد. علاوه بر این اختلاف معنی‌داری بین متوسط دوره‌های ده ساله مشاهده گردید (کریم‌زاده مقدم و قهرمان، ۱۳۸۰).

نتایج مطالعه‌ای در خصوص شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم نشان می‌دهد که برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در کل ایستگاه‌های هواشناسی متوسط درجه حرارت سالانه افزایش خواهد یافت. این افزایش دما برای فصل بهار در سال ۲۰۲۵ به ۳/۱ و در سال ۲۰۵۰ به ۳/۹ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. برای ماه‌های فصل تابستان افزایش درجه حرارت به ۳/۸ در سال ۲۰۲۵ و ۴/۷ در سال ۲۰۵۰ و برای فصل پاییز به ۲/۳ و ۳ و برای فصل زمستان به ۲ و ۴/۲ درجه سانتی‌گراد در سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ خواهد رسید. علاوه بر این میزان افزایش دما در کشور از شمال به جنوب و از غرب به شرق تشدید خواهد شد. این نتایج نشان داد که افزایش قابل ملاحظه‌ای در درجه حرارت ماهانه ایستگاه مبنای دشت مشهد به وجود خواهد آمد. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که متوسط تغییر درجه حرارت سالانه برای سال ۲۰۲۵ حدود ۱/۸ درجه سانتی‌گراد و برای سال ۲۰۵۰ حدود ۲/۳۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود این نتایج با نتایج سایر تحقیقات انجام شده در خصوص تغییر اقلیم در کشور همخوانی دارد (نصیری محلاتی، ۱۳۸۳).

مواد و روش‌ها

مواد

داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد به همراه ۲۵ ایستگاه باران‌سنجی و ۸ ایستگاه تبخیر سنجی برای دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ محدوده دشت مشهد مواد اصلی این تحقیق هستند. برای سال‌های فاقد داده به روش‌های آماری، داده‌های مورد نیاز ساخته شده و تمام پارامترها به روش ران تست مورد آزمایش همگنی قرار گرفته‌اند. جهت یکسان‌سازی سال‌های آماری، داده‌ها با توجه به فاصله ایستگاه مشهد با سایر ایستگاه‌ها ابتدا میزان همبستگی بین داده‌های این ایستگاه با سایر ایستگاه‌ها بررسی و پس از اطمینان از همبستگی بالا، داده‌های این ایستگاه به عنوان ایستگاه مبنای دوره زمانی ۵۰ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ انتخاب گردید. این دوره برای بررسی روند تغییرات و تعیین سری زمانی در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور تعیین پارامترهای هواشناسی رابطه خطی بین ایستگاه مشهد و سایر ایستگاه‌ها تعیین گردید و با استفاده از این معادلات پارامترهای ماه‌های مفقود تخمین زده شده است.

روش تعیین روند تغییرات زمانی درجه حرارت

از بارزترین تغییرات زمانی درجه حرارت نسبت به زمان می‌توان تغییرات روزانه، ماهانه و فصل را نام برد. این تغییرات آشکار و از قدیم مورد توجه بوده است. یکی دیگر از تغییرات زمانی درجه حرارت، تغییرات متوسط دما در طول سال‌های مختلف است و می‌تواند از سالی به سال دیگر متفاوت باشد. مسأله تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین موردی است که به مطالعه تغییرات متوسط درجه حرارت در سال‌های مختلف می‌پردازد. ساده‌ترین تعریف از روند تغییرات پارامترهای اقلیمی، روش رگرسیون خطی است که تابع متغیر وابسته Y (پارامتر مورد نظر) و متغیر مستقل X (شماره سال) خواهد بود. برای تحلیل همبستگی، باید بهترین خطی که بر داده‌های موجود برازش دارد تعیین گردد. یکی از روش‌های برازش خط، روش حداقل مربعات است (۱۴). در این روش خط طوری روی نقاط برازش می‌یابد که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد. مربعات خطاها طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$Y_i = a + bX_i \quad (۱)$$

$$MD = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (۲)$$

$$\hat{Y}_i = a + bX \quad (۳)$$

Y : درجه حرارت X : شماره سال \hat{Y} : درجه حرارت تخمین زده شده
بر اساس نوع روند a و b : ضرایب ثابت معادله خط روند

یکی دیگر از روش‌های آزمون روند داده‌های سری‌های زمانی استفاده از پارامترهای بدون بعد، معروف به من کندال که در مطالعات پائو شان در تایوان از آنها استفاده شده است می‌باشد (Pao-Shan Yu, et.al, 2001). در این روش داده‌ها به ترتیب سال وقوع مرتب می‌شوند و مقدار R طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{R^*}{\sqrt{S}} \quad (۴)$$

R : مقدار عددی تابع من کندال S , R^* مقادیر بدون بعد که از معادلات زیر به دست می‌آیند:

$$R^* = \frac{4m}{n(n-1)} - 1 \quad (۵)$$

$$S = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)} \quad (۶)$$

n تعداد کل داده‌ها، m تعداد تجمعی سنواتی است که مقدار داده از مقدار سال قبل بیشتر است به عبارت دیگر اگر X_i مقدار داده در سال i ام باشد، m تعداد مشاهداتی است که $X_{i+1} > X_i$.

مقدار عددی مثبت R^* نشان دهنده روند صعودی و مقادیر منفی محاسبه شده نشان دهنده روند نزولی سری داده‌ها است. اگر قدر مطلق R بزرگتر از $1/96$ باشد در سطح احتمالی ۵٪ دارای روند مشخص است و برای قدر مطلق R بزرگتر از $2/575$ روند در سطح ۱٪ معنی‌دار است. چنانچه قدر مطلق R کوچکتر از $1/96$ باشد برای داده‌ها در سطح ۵٪ نمی‌توان انتظار روند خاصی داشت همچنین برای قدر مطلق R کوچکتر از $2/575$ نیز روند مشخصی در سطح ۱٪ وجود ندارد (ابراهیمی، ۱۳۸۴).

یکی دیگر از روش‌های بررسی روند داده‌های اقلیمی روش لتن مایر است. در این روش داده‌های درجه حرارت برحسب سال وقوع مرتب می‌شوند و مقدار درجه حرارت هر سال با سال‌های بعد از آن در کل دوره مقایسه می‌شود به این ترتیب که برای هر سال تابع $f(x_j - x_k)$ طبق رابطه (۹) محاسبه می‌شود. این محاسبه برای تمام داده‌ها انجام شده و نهایتاً تابع Z برحسب S محاسبه می‌گردد (ابراهیمی، ۱۳۸۴).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n f(X_j - X_k) \quad (۷)$$

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{8} \quad (۸)$$

$$f(X_j - X_k) = \begin{cases} -1 & \text{if } X_j - X_k < 0 \\ 0 & \text{if } X_j - X_k = 0 \\ 1 & \text{if } X_j - X_k > 0 \end{cases} \quad (۹)$$

اگر $S = 0$ باشد مقدار $Z = 0$ خواهد بود و برای $S \neq 0$ مقدار Z از تابع زیر به

$$Z = \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} \quad \text{دست می‌آید:}$$

$S = 0$ نشان‌دهنده این است که داده‌ها در سال‌های مختلف با هم برابر بوده است و روند تغییرات در داده‌ها مشاهده نمی‌شود. برای $S < 0$ روند کاهشی و برای $S > 0$ روند افزایش به دست خواهد آمد. برای مشخص کردن روند داده‌ها از آماره $t_{\alpha/2}$ استفاده می‌شود. با استفاده از جدول (۱) تفسیر روند داده‌ها امکان‌پذیر است.

جدول ۱ توصیف روند داده‌ها بر اساس آماره S (مرجع ۱)

توصیف	$ Z $	S
روند داده‌ها در سطح ۵ درصد کاهش است	$ Z < 1.96$	$S < 0$
روند داده‌ها در سطح ۵ درصد افزایش است	$ Z < 1.96$	$S > 0$
روند داده‌ها در سطح ۱ درصد کاهش است	$ Z < 2.575$	$S < 0$
روند داده‌ها در سطح ۱ درصد افزایش است	$ Z < 2.575$	$S > 0$

نتایج

نتایج روند زمانی درجه حرارت

برای بررسی روند تغییرات دما از روش من کندال و لتن مایر و روش‌های آماری (خطی، نمایی، درجه دو) استفاده شده است. روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه دشت مشهد در دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰ با روش‌های فوق محاسبه گردید.

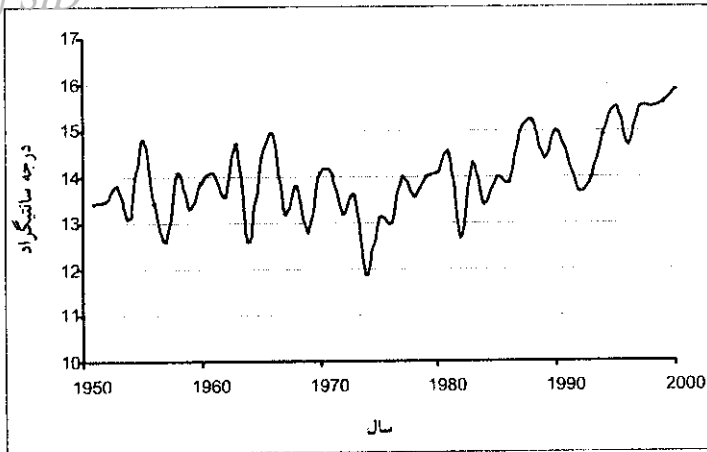
نتایج نشان می‌دهد که تغییرات درجه حرارت متوسط ماهانه با احتمال ۹۵ درصد در اغلب ماه‌ها به خصوص در ماه‌های تابستان صعودی است. علاوه بر این درجه حرارت حداقل ماهانه نسبت به متوسط درجه حرارت ماهانه و حداکثر ماهانه دارای روند صعودی تری است. در روش‌های آماری نیز برای هر سه پارامتر دما، روند صعودی به دست آمده است. نتایج روند تغییرات ماهانه و سالانه دشت مشهد با روش من کندال و لتن مایر و روش‌های خطی در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات درجه حرارت متوسط سالانه در دشت مشهد از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ در دو سطح احتمالی ۱ و ۵ درصد صعودی است. برای داده‌های حداقل و حداکثر سالانه نیز روند صعودی به دست آمده است. نتایج برای دور و شن من کندال و لتن مایر دقیقاً مشابه به هم بدست آمده است. روند تغییرات سالانه درجه حرارت در شکل ۱ نشان داده شده است. از دلایل دیگر صعودی بودن و افزایشی بودن درجه حرارت در دشت می‌توان به تعداد سال‌های بیش از میانگین و روند اختلاف از میانگین در این سه پارامتر اشاره کرد. متوسط سالانه درجه حرارت دشت در طول دوره آماری محاسبه و با مقایسه متوسط درجه حرارت هر سال با میانگین درازمدت مشاهده گردید. از ۵۰ سال آمار موجود در ۲۹ سال دما از مقدار میانگین بیشتر بوده است. این افزایش دما در سالهای اخیر بیشتر بوده طوری که در ۲۵ سال گذشته ۲۲ سال دمای هوا از میانگین ۲۵ سال قبل بیشتر بوده است.

جدول ۲ نتایج روند درجه حرارت ماهانه دشت در سطح ۱ و ۵ درصد با روش‌های مختلف (مربع ۱)

سال	دسامبر	ژانویه	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	OX	رویش	درجه حرارت
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5	من کنکال	میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5	گش مابر	میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5	خطی	میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5	نامی	میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5	درجه دو	میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X5		حداقل
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		میانه
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداکثر
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X1		حداقل

* عدم وجود روند خاص با علامت + وجود روند نزولی با علامت منفی وجود روند نزولی با علامت منفی وجود روند صعودی با علامت +

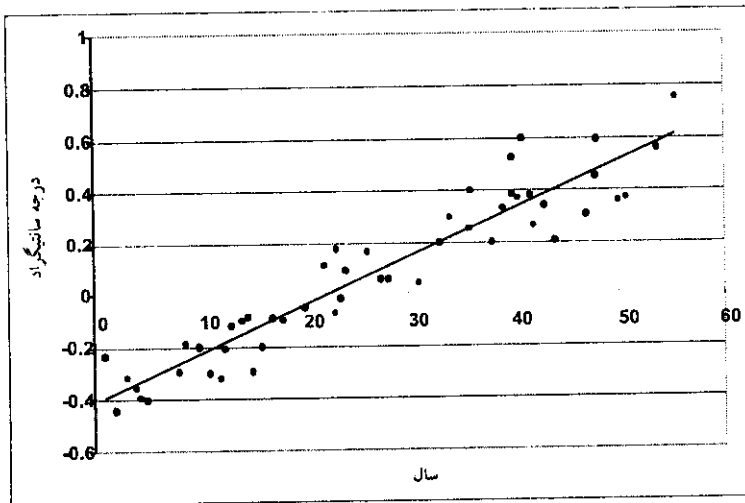


شکل ۱ تغییرات سالانه دمای متوسط دشت مشهد در طول دوره آماری (مأخذ ۱)

علاوه بر این می‌توان تغییرات روند تغییرات اختلاف درجه حرارت هر سال با متوسط دراز مدت (ΔT) را طبق رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\Delta T = T_i - T_m$$

T_i : میانگین سالانه درجه حرارت T_m : متوسط دراز مدت درجه حرارت
 صعودی یا نزولی بودن ΔT نشانه افزایش یا کاهش درجه حرارت در طول دوره آماری است. این پارامتر برای دمای سالانه دشت مشهد محاسبه گردید و همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود برای داده‌ها روند افزایشی به دست آمده است.



شکل ۲ تغییرات سالانه دمای متوسط دشت مشهد در طول دوره آماری با میانگین دراز مدت (مأخذ ۱)

شیب خط ΔT نسبت به زمان نیز معرف شدت تغییرات درجه حرارت است. این شیب برای دو دوره زمانی ۲۵ ساله شامل ۱۹۵۱-۱۹۷۵ و ۱۹۷۶-۲۰۰۰ محاسبه گردید، ملاحظه می‌شود که شیب خط در دوره دوم بیشتر از دوره اول بوده و نشان دهنده افزایش بیشتر درجه حرارت در سال‌های اخیر است.

بررسی تفاوت درجه حرارت دشت در مقاطع زمانی مختلف:

برای بررسی دمای دشت مشهد دوره آماری ۵۰ ساله به ۵ دوره ۱۰ ساله تقسیم و میانگین دوره‌های ۱۰ ساله با میانگین دراز مدت ۵۰ ساله مقایسه شده‌اند. همچنین معنی‌دار بودن تفاوت دو دوره ۲۵ ساله با یکدیگر و با میانگین دراز مدت و دوره‌های ۱۰ ساله با هم با روش‌های آماری از جمله روش t استیودنت و آماره p بررسی گردید. نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ نتایج تست آماری تفاوت‌های بین میانگین درجه حرارت دشت در دوره‌های مختلف (مأخذ ۱)

دوره آماری	درجه حرارت متوسط			درجه حرارت حداکثر			درجه حرارت حداکثر		
	آماره t	آماره p	مقایسه	آماره t	آماره p	مقایسه	آماره t	آماره p	مقایسه
۱۹۶۰-۱۹۵۱	-۱٫۶۳	۰٫۱۲	++	-۱٫۸۵	۰٫۰۸۶	--	۰٫۷۲	۰٫۴۷۸	--
۱۹۷۰-۱۹۶۱	-۰٫۵۴	۰٫۵۹۷	--	۰٫۲۶	۰٫۸	--	۱٫۱۱	۰٫۲۷۸	--
۱۹۸۰-۱۹۷۱	-۲٫۰۵	۰٫۰۴۱	++	-۰٫۲۷	۰٫۷۹	--	۴٫۰۱	۰٫۰۰۱	++
۱۹۹۰-۱۹۸۱	۰٫۹۵	۰٫۳۵۶	--	۱	۰٫۳۴	--	-۰٫۶۲	۰٫۵۴۷	--
۲۰۰۰-۱۹۹۱	۳٫۶۴	۰٫۰۰۲	++	۰٫۹۸	۰٫۳۴	--	-۶٫۸۶	۰	++
۱۹۷۵-۱۹۵۱	-۲٫۰۴	۰٫۰۴۶	++	-۱٫۲۷	۰٫۲۱	--	-۱٫۹	۰٫۰۶۴	--
۲۰۰۰-۱۹۷۶	۲٫۱۱	۰٫۰۳۹	++	۱٫۳۴	۰٫۱۸۵	--	۲٫۱۸	۰٫۰۳۳	++
مقایسه ۲۵ ساله اول با دوم			آماره t	آماره p	نتیجه				
متوسط درجه حرارت			-۳٫۷۵	۰٫۰۰۱	++				
حداکثر درجه حرارت			۲٫۴۹	۰٫۰۲۷	++				
حداقل درجه حرارت			-۱٫۹۸	۰٫۰۴۶	++				

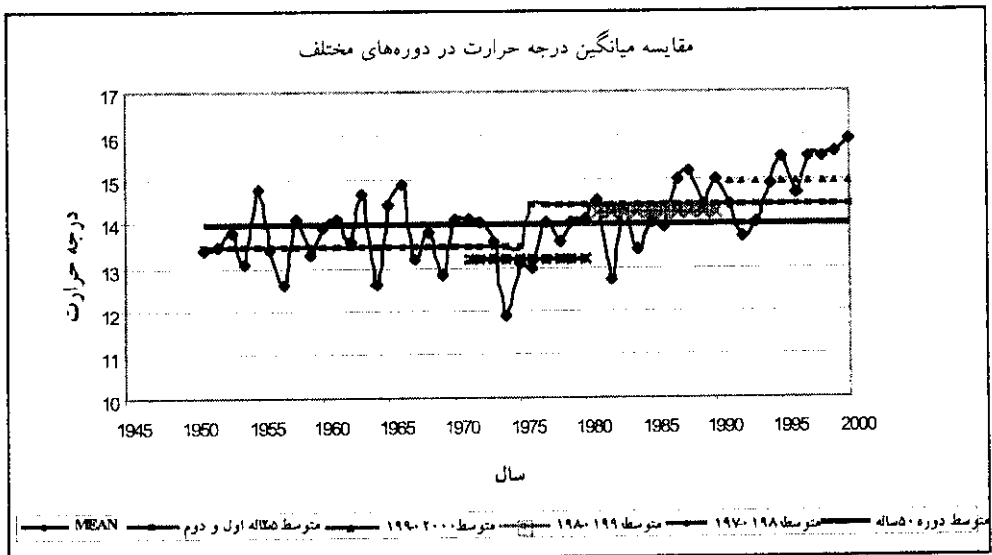
++ نشانه وجود تفاوت و علامت - نشانه عدم وجود تفاوت در سطح ۵ درصد است.

نتایج نشان می‌دهد که برای هر سه پارمتر دما، میانگین ۲۵ ساله اول با ۲۵ ساله دوم در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری دارد. از طرف دیگر اختلاف معنی‌داری بین میانگین این دو دوره نسبت به میانگین درازمدت وجود دارد. همچنین بین میانگین دما دو

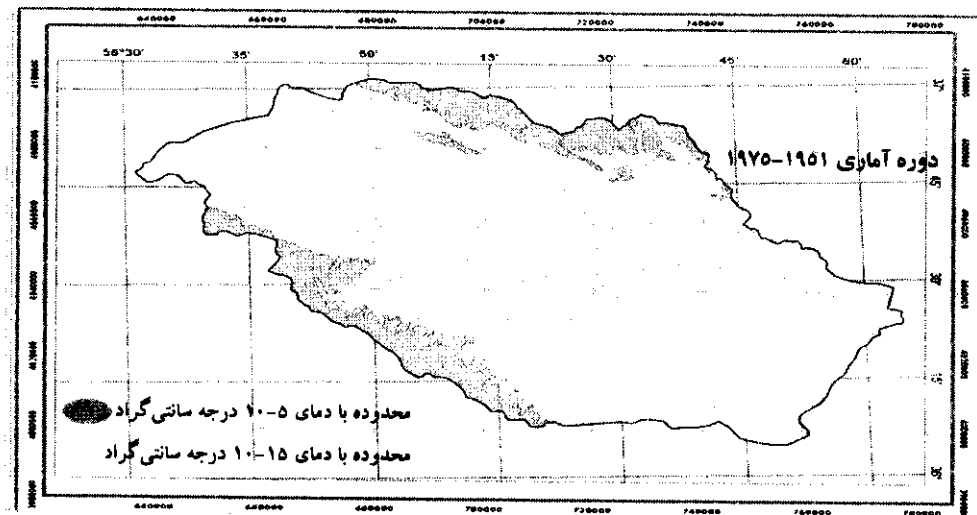
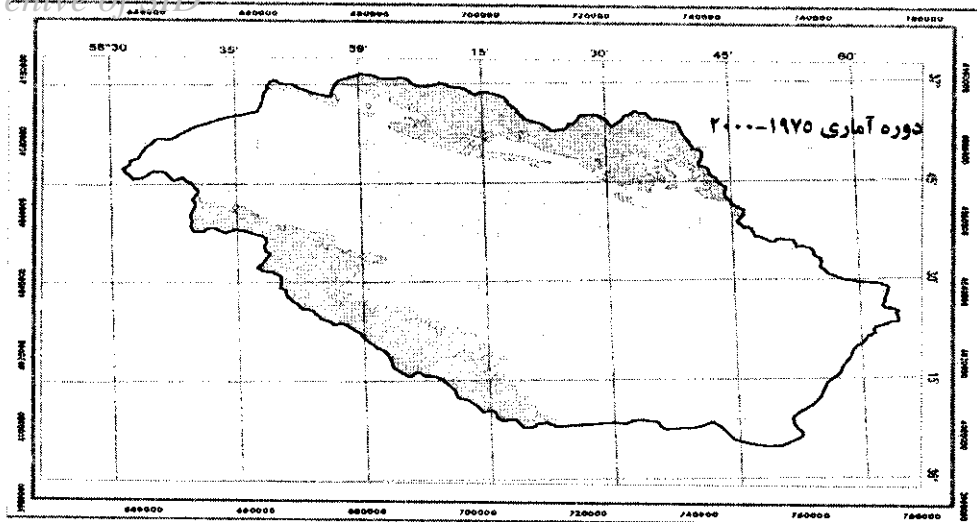
دوره ۲۵ ساله با هم و با دوره ۵۰ ساله اختلاف وجود دارد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات درجه حرارت دارای روندی صعودی بوده و تغییر اقلیم ناشی از افزایش درجه حرارت مشهود است. شکل ۵ مقایسه دوره‌های مختلف را با هم نشان می‌دهد. یکی دیگر از روش‌های نشان دادن روند تغییرات دما استفاده از نقشه‌های هم دما در دشت مشهد است. روند افزایشی درجه حرارت منطقه به صورت نقشه‌های هم‌دما برای دوره‌های مختلف زمانی بررسی گردید و افزایش درجه حرارت در دوره‌های میان مدت به صورت سطح‌هایی از دشت که دارای محدوده با درجه حرارت یکسان هستند، نشان داده شده است. در دوره آماری ۱۹۷۵-۱۹۵۱ حدود ۶۲ درصد از محدوده مطالعاتی دارای متوسط درجه حرارت ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است در حالی که در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۵ برای این محدوده حرارتی درصد سطح به ۸۹ درصد افزایش یافته است که نشان‌دهنده افزایش دما است. نتایج در نقشه‌های هم دما (شکل ۴) و جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ درصد مساحت محدوده‌هایی با دامنه درجه حرارت مشخص

دوره آماری	کمتر از ۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۲۵	بیش از ۲۵
۱۹۵۱-۱۹۷۵	۰	۰	۶۲	۳۸	۰	۰
۲۰۰۰-۱۹۷۵	۰	۰	۸۹	۱۱	۰	۰



شکل ۳ تغییرات درجه حرارت برای دوره‌های آماری مختلف



شکل ۴ درصد مساحت محدوده‌هایی با دامنه درجه حرارت مشخص برای دو دوره آماری

ملاحظه می‌شود که در ۲۵ ساله دوم مناطق بیشتری از دشت دارای دمای بیشتر است که نشانه‌ای از افزایش درجه حرارت در منطقه می‌باشد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که روند داده‌های درجه حرارت متوسط ماهانه و حداقل درجه حرارت در تمام ایستگاه‌های دشت مشابه هم بوده است و در ۹ ماه سال صعودی و در بقیه ماه‌ها دارای روندی نامشخص است (در سطح ۵ درصد). این درحالی است که روند داده‌های حداکثر درجه حرارت در ۵ ماه سال صعودی و در بقیه ماه‌ها بدون روند است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که

افزایش درجه حرارت در فصول بهار و تابستان معنی دارتر و اختلاف درجه حرارت در ۲۵ ساله اخیر نسبت به ۲۵ ساله قبل آن معنی دار است. با ملاحظه نتایج به دست آمده از این پژوهش مشخص می‌شود که درجه حرارت به عنوان یکی از پارامترهای اقلیمی در منطقه در حال افزایش است و می‌تواند به عنوان شاهدی بر تغییر اقلیم مد نظر قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱. ابراهیمی، حسین (۱۳۸۴): رساله دوره دکتری " بررسی اثر تغییر اقلیم بر مصارف آب کشاورزی دشت مشهد"، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات.
۲. عزیززاده و کمالی (۱۳۸۱): اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۵-۶۶، صفحات ۱۸۹-۲۰۱.
۳. فرشی و امداد (۱۳۷۵): بررسی اثر افزایش گرمای زمین در افزایش مصرف آب کشاورزی، اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، صفحات ۳-۱.
۴. کریم‌زاده مقدم و قهرمان (۱۳۸۰): نگرشی بر افزایش تدریجی تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مشهد و پیامدهای احتمالی آن، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ۱۸-۱۹ اسفند، دانشگاه زابل، جلد دوم ۹۵-۱۰۸.
۵. نصیری محلاتی، م (۱۳۸۳): مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم.
۶. نصیری محلاتی و همکاران (۱۳۸۱): اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۳۵۸.
۷. نوریان (۱۳۷۸): تغییر اقلیم و گرم شدن هوا، مجله نیوار، شماره ۸۱، صفحات ۳-۱.
8. Alley, W.M. (1984); **On the Treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting, and aquifer recharge in monthly water balance models**, Water Resource. Res., Vole. 20, No. 8.
9. Dinar, Ariel, Robert Mendelsohn, Robert E.Evenson, Jyoti Parikh, Apurva Sanghi, K. Kumar, James McKinsey (1998); **Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture** World Bank Technical Paper 402, Washington, D.C
10. Giorgi, F and Mearns, L.O.(1991); **Approaches to the simulation of regional climate change: a review**. Rev.Geophys, 29:191-216.
11. Hammer, G.L., Nicholls, N. (1996); **Managing for climate variability: the role of seasonal climate forecasting in improving agricultural systems**. In: Proc. Second Australian Conference on Agricultural Meteorology. Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia, pp.19-27.
12. Hulme, M.Z., C. Zhao and T. Jiang (1994); **Recent and future climate change in East Asia** Int. j. clim., 14:637-658.
13. IPCC first Assessment Report (1992); **Climate Change : The 1990 and 1992 IPCC Assessment** (working group1: Scientific Assessment of climatic change).WMO.
14. Jones, P.D and M. Hulme (1996); **Calculating Regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations**. International J. Climatol, 16:361-377.
15. Jones, P.D and M. Hulme (1996); **Calculating Regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations**. International J. Climate., 16:361-377.
16. Pao-Shan Yu ,Tao-Chang Yang,Chih-Kang Wu (2001); **Impact of climate change on water resources in southern Taiwan**, Journal of Hydrology 260 (2002),161-175.
17. Rosenzweig,C.,Curry,B.,Richie,J.T.,Jones,J.W.,Chou,T.Y. (1994); **The effects of potential climate change on simulated grain crops in the United States**. pp.1-24.
18. Rosenzweig,c.,Ritchie,j.t.,jones,j.w.,tsuji,g.y.,hildebrand,p.,995; **climate change and agriculture: analysis of potential international impacts**. Asaspec. no.59.American society of agronomy, Madison, wi, 382 pp.
19. Saunders, M.A (1999); **Earth's future climate**. Philosophical Transactions of the Royal Society London, 357:3459-3480.
20. Saunders, M.A (1998); **Global warming: the view in 1998**. Beneld Greig Hazard Research Center Report, University College London.
21. Semaika, M.R. and M.A. Rady, (1993); **Potential effect of global warming on evapotranspiration in Egypt** Water and sustainable development in twenty first century, oxford unit press. Delhi, India.
22. Thomson,D.J (1995): **The seasons, global temperature and precession**. Science 268: 59-68.