مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم

علیرضا کوچکی، مهدی نصیری، غلامعلی کمالی[۱]

چکیده

افزایش دمای جهان اثرات عمیقی را بر پدیده های اقلیمی و در راس آنها میزان والگوهای بارندگی در سراسر جهان خواهد داشت. از اینرو هدف از این تحقیق پیش بینی پارامترهای هواشناسی کشور در شرایط تغییر اقلیم و مقایسه این پارامترها با شرایط فعلی است. به این منظور مدل گردش عمومی UKMO برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی بکار گرفته شد. با اجرای مدل گردش عمومی مقادیر ماهانه درجه حرارت حداقل، حداکثر و نزولات ماهانه برای ایستگاههای مختلف محاسبه (که پوشش کاملی از نقاط مختف اقلیمی ایران را فراهم ساخته و معرف وضعیت عمومی کشور باشند) و اثرات تغییر اقلیم براساس سناریوی تعریف شده در مدل براین پارامترهای اقلیمی تعیین گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان میدهد که متوسط افزایش دمای فصل بهار برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در کل ایستگاههای مطالعه شده به ترتیب ۳/۱ و ۳/۹، برای ماههای فصل تابستان به ترتیب ۳/۸ و ۴/۷ برای فصل پائیز ۲/۳ و ۳/۰ و برای فصل زمستان ۲/۰ و ۲/۴ درجه سانتی گراد می باشد. علاوه بر این میزان افزایش دما از شمال به جنوب و از غرب به شرق تشدید خواهد شد. براساس نتایج بدست آمده شدت کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور بارزتر از مناطق مرطوب بوده وکاهش بارندگی در پائیز و زمستان بیشتر از بهار و تابستان خواهد بود. براساس پیش بینی های بدست آمده متوسط کاهش بارندگی پاییزه برای تمام ایستگاههای تحت بررسی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۸ و ۱۱ درصد، و برای ماههای فصل تابستان تقریبا ناچیز می باشد. همچنین الگوی مکانی تغییرات بارش در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی تا حد زیادی مشابه الگوی تغییرات درجه حرارت می باشد. از طرف دیگر شرایط اقلیمی پیش بینی شده بوسیله مدل گردش عمومی نشاندهنده طولانی تر شدن فصل خشکی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در تمامی ایستگاههای تحت بررسی می باشد. بطوریکه میانگین طول دوره خشک در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به ۲۱۴ و ۲۲۳ روز افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، درجه حرارت، بارندگی، طول فصل خشک.

مقدمه

آب و هوا یا به عبارت دیگر شرایط جوی حاکم در یک زمان و یک منطقه معین مهمترین عنصر محیطی موثر بر حیات در کره زمین می باشد (۱ و ۴). اقلیم یک منطقه ثابت نبوده و تحت تأثیر دو گروه از عوامل تغییر می‌کند: ۱)عواملی که باعث تغییرات سالانه اقلیمی می شوند و ۲) عواملی که روندهای تغییر درازمدت را بوجود می آورند.

پدیدیده های ال نینو[۱]، لانینا[۲] و نائو[۳] علل اصلی بروز تغییرات کوتاه مدت اقلیمی در سطح جهان محسوب می شوند. در حالیکه، تغییرات درازمدت اقلیمی جهان (در مقیاس زمانی ۱۰ تا ۱۰۰۰ سال) تحت تأثیر دو عامل اصلی یعنی تغییر انرژی ورودی از خورشید و گرمایش جهانی ناشی از تشدید اثرات گلخانه ای قراردارد.

بسیاری از محققین بر این اعتقاد هستند که میزان انرژی

۱- اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، و عضو هیأت علمی سازمان هواشناسی کشور.

1- El Nino 2- La Nina 3- NAO (North Atlantic Oscillation)

Archive of SID

www.SID.ir

که از خورشید به زمین می‌رسد از سالی به سال دیگر و از قرن به قرن تقریباً ثابت بوده و میزان آن در بالای آتمسفر به‌طور متوسط ۱۳۶۸ وات بر متر مربع در روز است. با این حال فیزیک‌دانان شواهدی را ارائه داده اند که مقدار این انرژی به طور ملایم در حال افزایش بوده و افزایش تشعشع ورودی به زمین ممکن است بر افزایش دما موثر باشد (۲۲). براساس محاسبات انجام شده (۱۰) سهم تغییر انرژی خورشید در گرمایش قرن گذشته کره زمین تنها ۰/۰۷ درجه سانتی گراد بوده است که فقط ۱۸٪ از ۰/۴ درجه سانتی گراد افزایش دمای جهان از سال ۱۹۷۰ تا حال حاضر را توجیه می کند. بنابراین به نظر می رسد که سهم این عامل در مقایسه با نقش اثرات گلخانه ای در تغییرات اقلیمی جهان بسیار اندک است.

گازهای موجود در آتمسفر زمین که عمدتا شامل گاز کربنیک (CO_2)، متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (N_2O) می‌باشند و به گازهای گلخانه ای موسوم هستند، بخشی از گرمای حاصل از پرتوهای مادون قرمز را نگهداری کرده و مانع خروج آنها از آتمسفر می شوند. در فاصله سالهای ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی غلظت گاز کربنیک به میزان ۳۰ درصد، غلظت متان، ۱۲۵ درصد و غلظت اکسید نیتروژن ۱۵ درصد افزایش یافته است. افزایش این گازها در اتمسفر باعث شده تا در سال ۲۰۰۰ میلادی روزانه انرژی حرارتی در حدود ۲/۱ وات در مترمربع بیشتر از حالت طبیعی آتمسفر در آن نگهداری شود که سهم گازکربنیک، متان و اکسید نیتروژن در محبوس‌شدن این انرژی حرارتی به ترتیب ۷۰، ۲۳ و ۷ درصد می‌باشد (۲۳).

از آنجا که تغییر اقلیم آینده به شدت گرمایش جهانی بستگی دارد، پیش بینی درجه حرارت آینده زمین از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سناریوهای مختلف مدل‌های گردش عمومی، افزایش درجه حرارت کره زمین برای سال ۲۰۶۰ میلادی را بین ۲ تا ۵/۲ درجه سانتی گراد پیش بینی کرده اند (۸) در حالیکه آخرین گزارش هیئت بین دول تغییر اقلیم (IPCC) میانگین افزایش دما برای سال ۲۰۶۰ را در حدود ۱/۵ درجه سانتی گراد برآورد کرده است (۱۲). چنانچه غلظت گازهای گلخانه ای با سرعت فعلی (۰/۷ درصد در سال) افزایش یابد تقریب اغلب مدل‌های موجود برای افزایش میانگین دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ میلادی حدود ۲ درجه سانتی گراد است (۱۳). با وجود عدم قطعیت در این پیش بینی ها باید به خاطر داشت که چنانچه درجه حرارت فعلی ۱ درجه سانتی گراد افزایش یابد کره زمین به گرم ترین دمای خود در طی ۱۰ هزار سال گذشته خواهد رسید (۲۲).

بسیاری از محققین (۵، ۹ و ۱۱) تأکید کرده اند که چون مناطق واقع در عرض های میانی (۱۵ تا ۴۰ درجه شمالی) بر اساس پیش بینی‌های اقلیمی آینده با افزایش چشمگیر درجه حرارت و کاهش قابل ملاحظه نزولات مواجه می باشند، شاخص‌های خشکی مناسب‌ترین معیار جهت ارزیابی اثرات منطقه ای تغییر اقلیم در این نواحی خواهد بود. بر اساس شواهد موجود گسترش شدت و وسعت خشکسالی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری از ویژگیهای اقلیم آینده می باشد (۳). اینکه آیا بروز خشکسالی‌های دو دهه گذشته اغلب مناطق جهان که از نظر وسعت و دوام کم سابقه بوده و در ایران نیز شاهد بروز آن بوده‌ایم مربوط به روندهای طبیعی اقلیمی بوده، ناشی از پدیده هایی نظیر انسو می باشد و یا اینکه علائمی از روند تغییرات اقلیمی است مورد اختلاف محققین بوده و توافق عمومی در مورد آن وجود ندارد (۷ و ۱۷).

در حال حاضر مدل‌های گردش عمومی[1] علیرغم برخی کاستی‌های موجود در آنها، مطمئن‌ترین ابزار جهت پیش بینی وضعیت آینده اقلیمی جهان می باشند. اساس کار کلیه مدلهای گردش عمومی بر گرمایش جهانی و اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای استوار است و پی آمدهای بعدی

1- (GCM) General Circulation Models

Archive of SID

www.SID.ir

اقلیمی همگی براساس افزایش دمای سطح زمین پیش بینی می شوند (۸، ۱۵ و ۲۱). مدل‌های گردش عمومی با شبیه سازی تأثیر افزایش درجه حرارت بر چرخه خشکی- اقیانوس-آتمسفری قادرند شدت و وسعت بروز تغییرات اقلیمی آینده را برای مناطق مختلف جهان پیش بینی کنند.

با توجه به اینکه افزایش دمای جهان اثرات عمیقی را بر پدیده های اقلیمی و در رأس آنها میزان و الگوهای بارندگی در سراسر جهان خواهد داشت هدف از این تحقیق پیش بینی پارامترهای هواشناسی کشور در شرایط تغییر اقلیم، مقایسه این پارامترها با شرایط فعلی و نهایتاً ارائه داده‌های لازم برای انجام مطالعات مربوط به تغییر اقلیم است.

مواد و روش‌ها

داده های مورد نیاز جهت این تحقیق از سازمان هواشناسی کشور و مرکز ملی اقلیم شناسی تهیه شد. این داده ها شامل آمار درازمدت (حداقل ۳۰ ساله) در فاصله سالهای ۱۳۷۷-۱۳۴۸ و طولانی تر شامل حداقل، حداکثر و میانگین دمای ماهانه، نزولات ماهانه، میزان تبخیر و تعرق بالقوه ماهانه و سالانه می باشند. در این مطالعه داده های مربوط به ایستگاه‌های تبریز، تهران، اصفهان، مشهد، شیراز، بندرانزلی، بندرعباس، زاهدان، کرمان، ارومیه، بابلسر، قزوین، گرگان، سبزوار، سقز، شاهرود، زنجان، رشت، رامسر، خوی، اراک، همدان، کاشان، کرمان، کرمانشاه، خرم آباد، سمنان، سنندج، تربت حیدریه، آبادان، اهواز، بم، بیرجند، بوشهر، شهرکرد، یزد و زابل مورد استفاده قرار گرفت. ایستگاه‌ها به نحوی انتخاب شده اند که پوشش کاملی از نقاط مختلف اقلیمی ایران را فراهم ساخته و معرف وضعیت عمومی کشور باشند.

جهت بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر شاخصهای هواشناسی کشور، از مدل گردش عمومی UKMO استفاده گردید. این مدل برای پیش‌بینی پارامترهای جوی در شرایط تغییر اقلیم برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی (مطابق با سالهای ۱۴۰۴ و ۱۴۲۹ شمسی) اجرا شد. روش شبکه بندی جهت اجرای مدل های گردش عمومی در ایران قبلاً توسط نصیری و کوچکی (۲) توصیف شده است.

با اجرای مدل گردش عمومی UKMO مقادیر ماهانه درجه حرارت حداقل، حداکثر و نزولات ماهانه برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه و اثرات تغییر اقلیم براساس سناریوی تعریف شده در مدل براین پارامترهای اقلیمی تعیین گردید.

در ادامه طول دوره خشکی در ایستگاه‌های تحت مطالعه تعیین شد. طول دوره خشکی بنا به تعریف عبارتست از دوره ای است که در آن میزان نزولات کمتر از مقدار تلفات آب بصورت تبخیر و تعرق باشد (۱). از این‌رو در این تحقیق طول دوره خشکی براساس آمار طولانی مدت بارش و تبخیر و تعرق برای ایستگاه‌های مختلف تعیین شد. در شرایط تغییر اقلیم درجه حرارت و بارندگی در ایستگاه‌های مختلف تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. براین اساس به نظر می‌رسد که افزایش طول دوره خشکی ناشی از تأثیر توام کاهش میزان نزولات و افزایش درجه حرارت باشد. جهت بررسی تأثیر این دو متغیر بر تغییرات طول فصل خشک، از تکنیک آنالیز سطح عکس العمل[1] استفاده شد. به این منظور داده های مربوط به تغییرات درجه حرارت و بارندگی در دو دوره پیش بینی یعنی سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به‌طور توأم در مقابل طول دوره خشکی مورد مطالعه قرار گرفت و سطح عکس العمل در مورد ایستگاه‌های تحت بررسی مشخص شد.

نتایج و بحث

تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص های هواشناسی

با اجرای مدل‌های گردش عمومی برای سالهای ۲۰۲۵ و

1- Response surface analysis

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰۵۰ میلادی (به ترتیب مطابق با سالهای ۱۴۰۴ و ۱۴۲۹ شمسی) مقادیر ماهانه این دو متغیر برای ایستگاه‌های مختلف کشور برآورد گردید و میزان تغییرات پیش بینی شده با شرایط فعلی مقایسه شد. اختلافات بین مقادیر پیش بینی شده و میانگین درازمدت درجه حرارت و بارندگی ماهانه در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

پیش بینی مدل‌های گردش عمومی افزایش میانگین ماهانه درجه حرارت را برای تمامی ایستگاه‌های کشور نشان می دهد و بر این اساس در طی ۲۵ و ۵۰ سال آینده شاهد گرمایش عمومی کشور خواهیم بود. البته میزان افزایش دما برای تمام ایستگاهها یکسان نمی باشد. نتایج نشان می دهد که میزان افزایش دما در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در ماههای بهار و تابستان بیشتر از پاییز و زمستان است. به‌طوری‌که متوسط افزایش دمای فصل بهار برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در کل ایستگاه‌های مطالعه شده به ترتیب ۳/۱ و ۳/۹، برای ماههای فصل تابستان به ترتیب ۳/۸ و ۴/۷ برای فصل پاییز ۲/۳ و ۳/۰ و برای فصل زمستان ۲/۰ و ۲/۴ درجه سانتی گراد می باشد. بعلاوه این افزایش دما دارای نوعی الگوی مکانی نیز می باشد بدین صورت که میزان افزایش دما از شمال به جنوب بیشتر بوده و مناطق جنوبی کشور گرمایش بیشتری

جدول ۱: میزان تغییرات در میانگین درجه حرارت ماهانه (درجه سانتی گراد) براساس پیش بینی مدل گرد ش عمومی برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی نسبت به میانگین درازمدت مناطق مختلف کشور (ماه‌ها م‌ی‌لادی است)

ماه سال	۱		۲		۳		۴		۵		۶		۷		۸		۹		۱۰		۱۱		۱۲	
ایستگاه	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰
آبادان	۲	۲/۷	۱/۹	۳/۴	۱/۶	۲/۶	۲/۴	۳/۰	۲/۷	۳/۳	۲/۹	۳/۴	۳/۱	۳/۸	۳/۰	۳/۶	۳/۰	۳/۵	۲/۷	۳/۹	۲/۵	۳/۰	۳/۰	۳/۷
اراک	۱/۸	۲/۳	۱/۱	۱/۵	۱/۵	۲/۰	۱/۹	۲/۴	۲/۲	۲/۹	۲/۶	۳/۰	۲/۶	۳/۲	۳/۴	۴/۰	۳/۲	۳/۷	۱/۹	۲/۴	۱/۹	۲/۳	۱/۹	۲/۴
ارومیه	۱/۳	۹/۱	۱/۰	۱/۶	۱/۰	۱/۶	۱/۴	۲/۵	۱/۸	۲/۶	۲/۰	۲/۷	۲/۰	۲/۸	۲/۰	۲/۸	۱/۹	۲/۶	۱/۷	۲/۳	۱/۵	۲/۰	۱/۵	۲/۰
اصفهان	۱/۵	۲/۱	۱/۱	۱/۷	۱/۲	۱/۷	۱/۵	۲/۳	۱/۸	۲/۶	۱/۸	۲/۷	۲/۰	۲/۹	۳/۰	۳/۰	۱/۸	۲/۵	۱/۸	۲/۵	۱/۸	۲/۴	۱/۶	۲/۳
اهواز	۲	۲/۷	۱/۸	۲/۴	۳/۱	۳/۶	۲/۳	۳/۰	۲/۵	۳/۲	۲/۷	۳/۲	۳/۰	۳/۵	۳/۰	۳/۵	۲/۹	۳/۵	۲/۶	۳/۳	۲/۵	۳/۰	۲/۲	۲/۷
بابلسر	۱/۲	۱/۷	۰/۸	۱/۳	۱/۰	۱/۶	۱/۱	۱/۸	۱/۴	۲/۱	۱/۵	۲/۲	۱/۸	۲/۴	۲/۰	۲/۷	۲/۹	۲/۸	۲/۹	۳/۹	۱/۷	۲/۵	۱/۶	۲/۳
قم	۱/۹	۲/۵	۱/۲	۱/۹	۱/۰	۱/۴	۱/۶	۲/۴	۱/۹	۲/۷	۱/۹	۲/۷	۲/۲	۳/۱	۲/۲	۲/۹	۲/۰	۲/۹	۱/۸	۲/۶	۱/۸	۲/۶	۱/۹	۲/۷
بندرانزلی	۱/۱	۱/۶	۰/۷	۱/۲	۱/۰	۱/۵	۱/۴	۲/۰	۱/۶	۲/۳	۱/۹	۲/۷	۲/۵	۲/۷	۲/۲	۲/۹	۲/۲	۲/۹	۲/۰	۲/۵	۱/۸	۲/۳	۱/۴	۲/۰
بندرعباس	۱/۸	۲/۶	۱/۵	۲/۰	۲/۰	۲/۵	۲/۲	۲/۹	۲/۵	۱/۲	۲/۷	۳/۵	۳/۰	۳/۵	۳/۰	۳/۷	۲/۰	۳/۷	۲/۸	۳/۳	۲/۴	۲/۹	۲/۰	۲/۶
بوشهر	۱/۹	۲/۵	۱/۵	۲/۰	۱/۹	۲/۵	۲/۲	۲/۹	۲/۴	۳/۱	۲/۵	۳/۲	۳/۰	۳/۶	۳/۰	۳/۷	۲/۹	۳/۵	۲/۷	۳/۳	۲/۳	۲/۹	۳/۰	۲/۸
بیرجند	۱/۷	۲/۴	۱/۴	۲/۰	۱/۴	۲/۲	۱/۹	۲/۴	۲/۲	۲/۹	۲/۴	۳/۱	۲/۴	۳/۳	۲/۳	۳/۰	۲/۳	۳/۰	۱/۳	۲/۹	۱/۹	۲/۶	۱/۷	۲/۴
تبریز	۱/۳	۲/۹	۱/۰	۱/۶	۱/۰	۱/۸	۱/۴	۲/۱	۱/۷	۲/۵	۲/۰	۲/۶	۲/۳	۲/۸	۱/۳	۳/۸	۲/۰	۳/۷	۱/۷	۲/۵	۱/۷	۲/۵	۱/۵	۲/۳
تربت	۱/۵	۱/۷	۱/۲	۱/۸	۱/۳	۱/۸	۱/۶	۲/۳	۱/۹	۲/۵	۲/۲	۳/۰	۲/۲	۳/۰	۲/۴	۳/۲	۲/۲	۳/۲	۲/۰	۳/۰	۱/۷	۲/۴	۱/۵	۲/۳
تهران	۱/۴	۲/۰	۱/۰	۱/۴	۱/۱	۱/۹	۲/۳	۲/۸	۲/۳	۲/۹	۲/۴	۲/۹	۲/۴	۳/۰	۲/۲	۲/۹	۲/۲	۲/۹	۲/۰	۲/۶	۱/۸	۲/۴	۱/۵	۲/۳
خرم آباد	۱/۳	۱/۸	۰/۹	۱/۵	۱/۶	۲/۰	۱/۸	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۲/۴	۲/۹	۲/۶	۳/۱	۲/۵	۳/۱	۲/۲	۳/۲	۲/۰	۲/۵	۱/۸	۲/۳	۱/۵	۲/۰
خوی	۱/۱	۱/۶	۰/۸	۱/۴	۹/۰	۱/۷	۱/۴	۲/۲	۱/۷	۲/۴	۱/۹	۲/۶	۲/۱	۲/۷	۲/۰	۲/۶	۱/۸	۲/۵	۱/۸	۲/۴	۱/۵	۲/۱	۱/۳	۱/۹
رامسر	۱/۲	۱/۷	۰/۹	۱/۳	۱/۱	۱/۶	۱/۲	۱/۹	۱/۵	۲/۳	۱/۷	۲/۴	۲/۰	۲/۵	۲/۰	۲/۶	۲/۱	۲/۸	۲/۱	۲/۷	۱/۹	۲/۵	۱/۵	۲/۱
رشت	۱/۴	۱/۹	۱/۰	۱/۶	۰/۹	۱/۴	۱/۱	۱/۶	۱/۹	۲/۵	۲/۱	۲/۶	۲/۰	۲/۶	۲/۱	۲/۷	۲/۳	۲/۸	۲/۰	۲/۶	۱/۷	۲/۵	۱/۵	۲/۱
زابل	۱/۵	۳/۱	۱/۴	۱/۸	۱/۲	۱/۹	۱/۵	۲/۳	۱/۹	۲/۷	۲/۳	۳/۰	۲/۴	۳/۲	۲/۴	۳/۳	۲/۳	۳/۳	۲/۱	۲/۹	۲/۰	۲/۷	۱/۷	۲/۳
زاهدان	۱/۶	۲/۳	۱/۲	۱/۸	۱/۴	۲/۰	۱/۶	۲/۴	۱/۹	۲/۶	۲/۲	۳/۰	۲/۲	۳/۱	۲/۵	۳/۲	۲/۵	۳/۲	۲/۳	۳/۰	۲/۸	۳/۰	۱/۸	۲/۵
زنجان	۱/۰	۱/۵	۰/۸	۱/۳	۱/۰	۱/۷	۱/۳	۲/۰	۱/۷	۲/۵	۲/۰	۲/۷	۲/۱	۲/۸	۲/۱	۲/۹	۲/۰	۲/۷	۱/۸	۲/۶	۱/۵	۲/۱	۱/۳	۱/۹
سبزوار	۱/۳	۱/۸	۱/۰	۱/۶	۱/۴	۲/۰	۱/۶	۲/۴	۱/۹	۲/۶	۲/۱	۳/۰	۲/۱	۳/۱	۲/۰	۲/۹	۱/۹	۲/۷	۱/۶	۲/۳	۱/۵	۲/۲	۱/۵	۲/۲
سقز	۱/۰	۱/۵	۰/۸	۱/۴	۱/۰	۱/۵	۱/۴	۲/۰	۱/۶	۳/۲	۱/۹	۲/۵	۳/۲	۲/۸	۲/۰	۲/۶	۱/۶	۲/۲	۱/۶	۲/۲	۱/۳	۱/۹	۱/۰	۱/۷
سمنان	۱/۳	۱/۹	۱/۰	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۲/۵	۱/۷	۲/۶	۲/۰	۲/۹	۳/۰	۳/۰	۳/۱	۳/۰	۱/۸	۲/۹	۱/۸	۲/۹	۱/۶	۲/۵	۱/۴	۲/۳
سنندج	۱/۰	۱/۶	۰/۸	۱/۴	۱/۰	۱/۵	۱/۴	۲/۰	۱/۶	۲/۳	۱/۹	۲/۵	۲/۵	۲/۸	۲/۰	۲/۶	۱/۶	۲/۲	۱/۶	۲/۲	۱/۳	۱/۹	۱/۰	۱/۷
شاهرود	۱/۴	۲/۰	۱/۱	۱/۸	۱/۳	۲/۰	۱/۵	۲/۳	۱/۸	۲/۶	۲/۰	۲/۹	۲/۲	۳/۰	۲/۲	۳/۰	۲/۰	۳/۰	۱/۷	۲/۵	۱/۷	۲/۴	۱/۵	۲/۳
شهرکرد	۰/۹	۱/۶	۰/۸	۱/۳	۰/۹	۱/۷	۱/۰	۱/۷	۱/۴	۲/۰	۱/۴	۲/۰	۱/۷	۲/۳	۱/۵	۳/۳	۱/۵	۳/۲	۱/۴	۲/۰	۱/۱	۱/۸	۱/۰	۱/۸
شیراز	۱/۲	۱/۹	۱/۰	۱/۷	۱/۰	۱/۸	۱/۴	۲/۲	۱/۷	۲/۵	۲/۰	۲/۸	۲/۲	۳/۰	۲/۳	۳/۲	۲/۰	۳/۲	۱/۷	۲/۶	۱/۴	۲/۹	۱/۴	۳/۰
قزوین	۱/۱	۱/۷	۰/۸	۱/۴	۰/۹	۱/۵	۱/۲	۱/۹	۱/۵	۲/۳	۱/۸	۲/۵	۲/۰	۲/۷	۲/۰	۲/۷	۲/۰	۲/۷	۱/۷	۲/۳	۱/۷	۲/۳	۱/۴	۲/۴
کاشان	۱/۳	۱/۸	۱/۰	۱/۵	۱/۱	۱/۸	۱/۴	۲/۰	۱/۵	۲/۲	۱/۹	۲/۷	۲/۲	۳/۰	۲/۲	۳/۰	۱/۹	۲/۷	۱/۶	۲/۵	۱/۴	۲/۲	۱/۳	۲/۰
کرمان	۱/۴	۱/۸	۱/۰	۱/۶	۱/۲	۱/۹	۱/۵	۲/۴	۱/۶	۲/۸	۲/۰	۲/۹	۲/۰	۳/۰	۲/۰	۳/۰	۱/۷	۲/۶	۱/۵	۲/۳	۱/۴	۲/۳	۱/۳	۲/۰
کرمانشاه	۱/۰	۱/۶	۰/۹	۱/۴	۱/۱	۱/۸	۱/۵	۲/۳	۱/۴	۲/۳	۱/۷	۲/۵	۱/۷	۲/۶	۱/۹	۲/۸	۱/۷	۲/۵	۱/۴	۲/۰	۱/۲	۱/۹	۱/۰	۱/۸
گرگان	۱/۱	۱/۸	۰/۹	۱/۵	۱/۱	۲/۰	۱/۱	۲/۰	۱/۴	۲/۳	۱/۶	۲/۴	۱/۹	۲/۷	۲/۲	۲/۹	۲/۰	۲/۸	۱/۷	۲/۵	۱/۴	۱/۹	۱/۲	۲/۰
مشهد	۱/۳	۱/۹	۱/۰	۱/۶	۱/۱	۱/۸	۱/۴	۲/۰	۱/۷	۲/۴	۱/۹	۲/۶	۳/۰	۳/۰	۳/۹	۳/۰	۷/۱	۲/۸	۲/۰	۲/۴	۱/۵	۲/۲	۱/۵	۲/۵
همدان	۱/۰	۱/۶	۰/۸	۱/۳	۱/۰	۱/۷	۱/۱	۱/۷	۱/۵	۲/۲	۱/۵	۲/۳	۱/۹	۲/۵	۱/۸	۲/۵	۱/۴	۲/۴	۱/۴	۲/۱	۱/۴	۲/۰	۱/۱	۱/۹
یزد	۱/۲	۱/۹	۱/۰	۱/۷	۱/۳	۲/۰	۱/۴	۲/۲	۱/۷	۲/۵	۲/۰	۳/۰	۲/۰	۳/۱	۲/۱	۳/۰	۱/۷	۲/۶	۱/۷	۲/۴	۱/۵	۲/۲	۱/۳	۲/۰

www.SID.ir

جدول ۲ : میزان تغییر در میانگین بارندگی ماهانه (درصد) بر اساس پیش بینی مدل گرد ش عمومی برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی نسبت به میانگین درازمدت مناطق مختلف کشور (ماه‌ها میلادی است)

ماه سال	۱		۲		۳		۴		۵		۶		۷		۸		۹		۱۰		۱۱		۱۲	
ایستگاه	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۲۵	۲۰۵۰
آبادان	-۵	-۱۱	-۷	-۱۳	-۷	-۴۱	-۸	-۱۵	-۸	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۴	-۶	-۱۱	-۸	-۱۵
اراک	-۴	-۹	-۵	-۱۰	-۷	-۱۱	-۷	-۱۱	-۶	-۱۳	-۸	-۱۴	-	-	-	-	-	-	-۵	-۱۰	-۷	-۱۰	-۵	-۱۰
ارومیه	-۱	-۴	-۲	-۶	-۳	-۹	-۴	-۱۰	-۸	-۱۱	-۶	-۱۳	-	-	-	-	-	-	-۳	-۷	-۴	-۹	-۴	-۸
اصفهان	-۸	-۱۲	-۶	-۱۲	-۷	-۱۴	-۷	-۱۵	-۸	-۱۳	-۶	-۱۵	-	-	-	-	-	-	-۵	-۹	-۷	-۱۲	-۵	-۱۱
اهواز	-۵	-۸	-۵	-۹	-۷	-۱۰	-۶	-۹	-۸	-۱۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۳	-۵	-۴	-۷	-۴	-۷
بابلسر	-۳	-۷	-۶	-۱۱	-۵	-۱۲	-۷	-۱۲	-۹	-۱۳	-۱۶	-۱۴	-۴۱	-۷۱	-	-	-	-	-۶	-۸	-۵	-۹	-۹	-۱۱
ب‌م	-۶	-۱۱	-۶	-۱۳	-۹	-۵۱	-۸	-۱۶	-۱۰	-۵۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۲	-۸	-۱۴	-۸	-۱۳
بندرانزلی	-۳	-۸	-۶	-۱۱	-۵	-۱۰	-۷	-۱۱	-۹	-۱۵	-۱۶	-۱۹	-۴۱	-۲۱	-	-	-	-	-۶	-۸	-۵	-۹	-۹	-۱۱
بندرعباس	-۵	-۹	-۷	-۱۰	-۷	-۲۱	-۸	-۱۳	-۹	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۰	-۸	-۱۰	-۸	-۱۱
بوشهر	-۵	-۹	-۷	-۱۰	-۷	-۲۱	-۸	-۱۳	-۹	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۰	-۸	-۱۰	-۸	-۱۱
بیرجند	-۷	-۱۳	-۸	-۱۳	-۱۰	-۵۱	-۹	-۱۴	-۹	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۱	-۸	-۱۲	-۹	-۱۴
تبریز	-۴	-۷	-۵	-۹	-۹	-۱۴	-۸	-۱۴	-۱۱	-۱۶	-۹	-۱۶	-	-	-	-	-	-	-۶	-۹	-۸	-۱۱	-۸	-۱۲
تربت	-۶	-۱۱	-۷	-۱۱	-۶	-۱۲	-۹	-۱۴	-۱۲	-۱۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۳	-۸	-۱۴	-۶	-۱۱
تهران	-۸	-۱۳	-۹	-۱۴	-۸	-۱۴	-۱۱	-۱۷	-۱۴	-۱۹	-	-	-	-	-	-	-	-	-۹	-۱۴	-۱۰	-۱۶	-۸	-۱۳
خرم آباد	-۵	-۹	-۵	-۱۰	-۷	-۱۱	-۸	-۲۱	-۶	-۱۱	-۱۱	-۱۳	-	-	-	-	-	-	-۶	-۲۱	-۷	-۱۳	-۵	-۱۲
خوی	-۴	-۹	-۵	-۹	-۲	-۶	-۴	-۸	-۸	-۵۱	-۶	-۱۶	-	-	-	-	-	-	-۳	-۹	-۴	-۱۰	-۴	-۹
رامسر	-۴	-۹	-۶	-۱۱	-۷	-۱۲	-۷	-۱۴	-۱۰	-۱۴	-۱۶	-۱۸	-۱۴	-۲۱	-	-	-	-	-۷	-۹	-۵	-۹	-۹	-۱۱
رشت	-۵	-۸	-۶	-۹	-۷	-۱۰	-۸	-۱۴	-۹	-۱۳	-۱۶	-۱۴	-۴۱	-۱۹	-	-	-	-	-۷	-۱۰	-۶	-۹	-۹	-۱۱
زابل	-۷	-۱۲	-۸	-۱۴	-۹	-۲۱	-۱۰	-۱۵	-۹	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۸	-۱۱	-۸	-۱۰	-۹	-۱۴
زاهدان	-۸	-۱۵	-۷	-۱۴	-۷	-۶۱	-۸	-۱۵	-۱۰	-۶۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۸	-۱۲	-۸	-۱۶	-۸	-۱۳
زنجان	-۴	-۷	-۵	-۹	-۹	-۱۴	-۸	-۱۴	-۱۱	-۱۶	-۹	-۱۴	-	-	-	-	-	-	-۶	-۹	-۸	-۱۱	-۸	-۱۲
سبزوار	-۷	-۱۲	-۷	-۱۴	-۹	-۷۱	-۱۱	-۱۸	-۱۰	-۶۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۲	-۸	-۱۰	-۸	-۱۴
سقز	-۵	-۹	-۶	-۱۱	-۷	-۱۴	-۶	۱۲	-۶	-۱۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۲	-۶	-۱۲	-۵	-۹
سمنان	-۷	-۱۱	-۶	-۱۲	-۹	-۵۱	-۸	-۱۴	-۱۰	-۶۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۱	-۸	-۱۰	-۸	-۱۱
سنندج	-۶	-۱۰	-۵	-۱۱	-۸	-۱۴	-۷	۱۲	-۸	-۱۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۰	-۶	-۱۰	-۵	-۹
شاهرود	-۸	-۱۲	-۶	-۱۱	-۹	-۴۱	-۹	-۱۴	-۹	-۳۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۲	-۸	-۱۳	-۸	-۱۱
شهرکرد	-۷	-۱۰	-۵	-۹	-۸	-۱۳	-۶	-۱۱	-۱۱	-۱۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۰	-۵	-۱۲	-۵	-۱۰
شیراز	-۸	-۱۱	-۵	-۱۰	-۶	-۱۲	-۹	-۱۴	-۱۲	-۱۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۴	-۸	-۱۲	-۶	-۱۱
قزوین	-۵	-۹	-۴	-۹	-۸	-۱۳	-۸	-۱۴	-۱۰	-۱۵	-۹	-۱۵	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۰	-۷	-۱۱	-۷	-۱۲
کاشان	-۵	-۱۰	-۷	-۱۴	-۷	-۱۵	-۹	-۱۳	-۸	-۱۶	-۱۰	-۱۷	-	-	-	-	-	-	-۵	-۹	-۷	-۹	-۵	-۸
کرمان	-۶	-۱۱	-۶	-۱۳	-۹	-۵۱	-۸	-۱۶	-۱۰	-۵۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۲	-۸	-۱۴	-۸	-۱۳
کرمانشاه	-۵	-۹	-۷	-۱۰	-۹	-۱۲	-۷	-۱۲	-۹	-۱۴	-۱۰	-۱۴	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۱	-۹	-۱۴	-۸	-۱۲
گرگان	-۴	-۶	-۶	-۹	-۵	-۸	-۷	-۱۰	-۹	-۱۲	-۹	-۱۴	-۱۲	-۷۱	-	-	-	-	-۶	-۱۰	-۶	-۱۱	-۹	-۱۲
مشهد	-۸	-۱۴	-۵	-۱۲	-۷	-۱۴	-۹	-۱۴	-۱۱	-۱۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-۸	-۱۵	-۱۰	-۱۶	-۶	-۱۴
همدان	-۶	-۱۰	-۵	-۱۰	-۷	-۱۳	-۶	-۱۳	-۱۴	-۱۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-۶	-۱۱	-۵	-۱۰	-۶	-۱۱
یزد	-۵	-۹	-۶	-۱۱	-۸	-۵۱	-۸	-۱۴	-۹	-۴۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-۷	-۱۱	-۸	-۱۴	-۹	-۱۵

را تجربه خواهند کرد. همچنین افزایش درجه حرارت از غرب به شرق تشدید شده و در مناطق غربی کشور افزایش دمای کمتری را شاهد خواهیم بود.

افزایش درجه حرارت در اثر تغییرات آینده اقلیمی در اغلب نقاط جهان پیش‌بینی شده و نتایج اجرای مدل‌های گردش عمومی بسته به نوع سناریوی تعریف شده در مدل نتایج مختلفی را ارائه داده‌اند. براساس این پیش‌بینی‌ها میانگین افزایش درجه حرارت در مقیاس جهانی برای سال ۲۰۵۰ میلادی در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم از ۳/۵ تا ۵/۰ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد (۲۲) به‌علاوه شدت تغییر درجه حرارت در مناطق مختلف تفاوت‌های چشمگیری را نشان می دهد (۲۳ و ۱۲). نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که تأثیر تغییرات اقلیمی بر افزایش دما عمدتاً به‌دلیل بالا رفتن درجه حرارت شبانه بوده و به‌طور کلی دمای شب بیش از دمای روز تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت (۱۳). باوجودیکه در مدل‌های گردش عمومی درجه حرارت های شب و روز به‌طور جداگانه برآورد نمی‌شوند ولی در صورت بروز چنین پدیده‌ای تغییر الگوهای روزانه درجه حرارت به نوبه خود اثرات جدیدی بر رشد و نمو گیاهان به‌همراه خواهد داشت.

www.SID.ir

نتایج پیش بینی شده توسط مدل‌های گردش عمومی کاهش بارندگی را نسبت به شرایط فعلی برای اکثر نقاط کشور تأیید می کند. جدول ۲ میزان تغییرات میانگین بارندگی ماهانه سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی نسبت به میانگین فعلی را برای ۳۶ ایستگاه مختلف کشور نشان می‌دهد.

براساس این نتایج شدت کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور بارزتر از مناطق مرطوب می باشد. نتایج همچنین نشان میدهد که کاهش بارندگی در ماههای فصل پاییز و زمستان بیشتر از کاهش بارندگی در ماههای فصل بهار و تابستان (در مناطقی که دارای بارندگی تابستانه هستند) خواهد بود. براساس پیش بینی های بدست آمده از مدل‌های گردش عمومی متوسط کاهش بارندگی پاییزه برای تمام ایستگاه‌های تحت بررسی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۸ و ۱۱ درصد، و برای ماههای فصل تابستان تقریبا ناچیز می باشد (علت این امر فقدان بارندگی تابستانه در اغلب ایستگاه‌های تحت بررسی است) لازم به ذکر است که مدل‌های گردش عمومی در برآورد خود معمولاً بدون توجه به میزان بارندگی ماهانه، میزان تغییر آن را پیش‌بینی خواهند کرد، بنابراین ممکن است حتی برای ماههایی از سال (نظیر تیر یا مرداد) که در اکثر نقاط ایران فاقد بارندگی می باشند نیز تغییراتی را پیش بینی کنند که بدون تردید مفهوم خاصی نداشته و باید از آنها صرف نظر کرد (۲). تغییر الگوهای بارش یکی از بارزترین پی آمدهای پدیده تغییر اقلیم در سراسر جهان می باشد، با این حال جهت تغییرات بسته به مناطق جغرافیائی مختلف متغیر است. برای مثال تغییرات پیش بینی شده بارش تقریبا در مورد تمامی مناطق قاره آمریکا و آسیا و بخشی از کانادا، آمریکا و استرالیا منفی بوده، در حالی که اغلب مناطق قاره اروپا تغییرات مثبتی را بصورت افزایش میزان نزولات سالانه تجربه خواهند کرد (۲۲). به‌طورکلی نتایج برآوردهای موجود حاکی از آن است که نقاط خشک و نیمه خشک جهان، خشک تر خواهند شد. نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که الگوی مکانی تغییرات بارش در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی تا حد زیادی مشابه الگوی تغییرات درجه حرارت می باشد. بنابراین مناطقی که کاهش بارندگی بیشتری دارند با افزایش دمای بیشتری نیز مواجه خواهند بود. بروز همزمان این دو پدیده بسیاری از شاخص های اگروکلیماتیک را تحت تأثیر قرار داده و به دنبال آن واکنش های رشد و نمو گیاهان را نیز متأثر خواهد ساخت.

تأثیر تغییر اقلیم بر طول دوره خشکی

پدیده تغییر اقلیم با تأثیر بر درجه حرارت و نزولات، طول دوره خشکی را تحت تأثیر قرار خواهد داد که شدت این تأثیر بسته به میزان تغییرات فصلی دو متغیر اصلی تعیین کننده طول این دوره متفاوت می باشد. نتایج ارائه شده در قسمت‌های قبلی تغییر الگوهای فصلی درجه حرارت و بارندگی را در شرایط اقلیمی سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی برای اغلب ایستگاه‌های تحت بررسی در این مطالعه تأیید می کند، بنابراین انتظار می رود که طول دوره خشکی نیز در شرایط تغییر اقلیم طولانی تر گردد.

در جدول ۳ طول دوره خشکی ایستگاه‌های تحت مطالعه در شرایط فعلی و در شرایط تغییر اقلیم نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که طول دوره خشکی در شرایط حاضر نیز در اغلب نقاط کشور بسیار طولانی می باشد و به‌طورکلی میانگین ۲۰۴ و انحراف معیار ۳۵ روزه برای این دوره در ۳۶ ایستگاه تحت بررسی نشان دهنده غالبیت دوره خشکی در ایران است که در این میان گرگان دارای کوتاه ترین دوره خشکی (۱۴۱ روز) و بندرعباس شاهد طولانی ترین دوره خشکی (۲۸۹ روز) می باشد.

شرایط اقلیمی پیش بینی شده به‌وسیله مدل گردش عمومی نشاندهنده طولانی تر شدن فصل خشکی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در تمامی ایستگاه‌های تحت بررسی می باشد (جدول ۳).

پیش بینی طول فصل خشک در شرایط تغییر اقلیم به وضوح نشان دهنده طولانی تر شدن این دوره در کشور

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ : تاریخ شروع، تاریخ خاتمه و طول فصل خشک برای ایستگاههای تحت بررسی در شرایط فعلی و مقادیر پیش بینی شده برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی براساس نتایج حاصل از مدل گردش عمومی (تاریخ های مذکور در جدول شمسی است)

	تاریخ شروع			تاریخ خاتمه			طول فصل خشک (روز)		
ایستگاه	فعلی	۲۰۲۵	۲۰۵۰	فعلی	۲۰۲۵	۲۰۵۰	فعلی	۲۰۲۵	۲۰۵۰
آبادان	۱۲/۵	۱۲/۱	۱۱/۲۵	۷/۲۲	۷/۲۷	۸/۲	۲۳۳	۲۴۲	۲۵۱
اراک	۲/۱۷	۳/۱۴	۲/۱۰	۸/۸	۸/۱۲	۸/۱۵	۱۷۶	۱۸۴	۱۹۲
ارومیه	۴/۲۶	۳/۲۳	۳/۱۷	۸/۱۱	۸/۱۶	۸/۲۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۸۹
اصفهان	۱/۳۰	۱/۲۳	۱/۱۷	۸/۵	۸/۱۰	۸/۱۶	۱۹۱	۲۰۳	۲۱۵
اهواز	۱۱/۲۶	۱۱/۲۰	۱۱/۱۳	۷/۲۳	۷/۲۷	۸/۱	۲۴۲	۲۵۳	۲۶۴
بابلسر	۱۲/۲۲	۱۲/۱۹	۱۲/۱۵	۷/۳	۷/۷	۷/۱۲	۱۹۷	۲۰۴	۲۱۳
بم	۲/۷	۲/۱	۱/۲۶	۹/۱۷	۹/۲۲	۹/۲۸	۲۲۵	۲۴۶	۲۵۸
بندرانزلی	۱۲/۲۴	۱۲/۴۰	۱۲/۱۷	۶/۲۷	۶/۳۰	۷/۴	۱۸۸	۱۹۵	۲۰۲
بندرعباس	۱۲/۳۴	۱۲/۱۷	۱۲/۹	۱۰/۷	۱۰/۱۲	۱۰/۱۶	۲۸۹	۳۰۱	۳۱۳
بوشهر	۱۱/۱۵	۱۱/۱۱	۱۱/۵	۸/۴	۸/۹	۸/۱۵	۲۶۵	۲۷۵	۲۸۴
بیرجند	۱/۸	۱/۱	۱۲/۲۷	۸/۸	۸/۱۳	۸/۱۷	۲۱۶	۲۲۷	۲۳۶
تبریز	۴/۴	۱/۴	۳/۳۵	۸/۵	۸/۱۰	۸/۱۲	۱۵۶	۱۶۳	۱۷۳
تربت حیدریه	۱/۲۸	۱/۲۲	۱/۱۴	۸/۲۶	۸/۳۰	۹/۳	۲۱۴	۲۲۵	۲۳۵
تهران	۲/۷	۲/۱	۱/۲۶	۸/۱۶	۸/۱۹	۸/۲۴	۱۹۳	۲۰۲	۲۱۲
خرم آباد	۱/۳	۱۲/۲۷	۱۲/۲۱	۷/۳۰	۷/۱۶	۷/۲۰	۲۰۳	۲۱۳	۲۲۳
خوی	۴/۹	۴/۱	۳/۲۷	۸/۷	۸/۱۱	۸/۱۶	۱۷۶	۱۸۸	۱۹۷
رامسر	۱۲/۱۴	۱۲/۹	۱۲/۳	۷/۱	۷/۶	۷/۱۰	۲۰۳	۲۱۳	۲۲۳
رشت	۱۲/۱۱	۱۲/۵	۱۲/۱	۶/۷	۶/۱۱	۶/۱۶	۱۸۱	۱۹۱	۱۹۸
زابل	۱/۱۲	۱/۴	۱۲/۲۸	۹/۸	۹/۱۳	۹/۱۹	۲۴۲	۲۶۵	۲۷۷
زاهدان	۱/۶	۱۲/۲۹	۱۲/۲۱	۹/۱۴	۹/۱۸	۹/۲۴	۲۵۴	۲۶۵	۲۷۹
زنجان	۲/۲۸	۲/۲۲	۲/۱۶	۸/۱۲	۸/۱۸	۸/۲۳	۱۶۹	۱۸۱	۱۹۰
سبزوار	۲/۶	۱/۳۰	۱/۲۴	۸/۲۵	۸/۳۰	۹/۴	۲۰۴	۲۱۶	۲۲۶
سقز	۵/۱۶	۵/۱۱	۵/۷	۱۲/۲۳	۱۲/۲۷	۱۲/۳۰	۲۲۰	۲۲۹	۲۳۶
سمنان	۲/۲۱	۲/۱۴	۲/۶	۸/۱۸	۸/۲۳	۸/۲۹	۱۸۲	۱۹۴	۲۰۷
سنندج	۱/۳۰	۱۲/۲۴	۱۲/۲۰	۷/۸	۷/۱۱	۷/۱۵	۱۶۴	۱۷۳	۱۸۲
شاهرود	۲/۲۸	۲/۲۱	۲/۱۵	۸/۲۴	۸/۳۰	۹/۵	۱۸۱	۱۹۴	۲۰۳
شهرکرد	۱/۲۶	۱/۲۱	۱/۱۷	۸/۱۷	۸/۲۰	۸/۲۴	۲۰۷	۲۱۵	۲۲۳
شیراز	۱۱/۳۰	۱۱/۲۴	۱۱/۱۹	۷/۱۳	۷/۲۰	۷/۲۵	۲۲۹	۲۴۲	۲۵۲
قزوین	۲/۲۵	۲/۲۱	۱۶۲	۸/۷	۸/۱۰	۸/۱۵	۱۶۷	۱۷۴	۱۸۴
کاشان	۱/۲۴	۱/۱۶	۷/۱۰	۸/۲۷	۹/۱۱	۹/۱۶	۲۱۹	۲۳۰	۲۴۱
کرمان	۱/۲۶	۱/۱۹	۱/۱۱	۹/۴	۹/۸	۹/۱۳	۲۲۴	۲۳۵	۲۴۸
کرمانشاه	۲/۱۵	۲/۱۰	۲/۶	۸/۷	۸/۱۰	۸/۱۵	۱۷۷	۱۸۵	۱۹۴
گرگان	۲/۲۱	۲/۱۷	۲/۱۱	۷/۷	۷/۱۰	۷/۱۵	۱۴۱	۱۴۸	۱۵۷
مشهد	۲/۱۳	۲/۶	۱/۳۰	۸/۲۵	۸/۲۹	۹/۵	۱۹۷	۲۰۰۸	۳۲۱
همدان	۲/۲۵	۲/۲۱	۲/۱۵	۸/۵	۸/۱۰	۸/۱۶	۱۶۵	۱۷۴	۱۸۴
یزد	۱۰/۲۸	۱۰/۲۰	۱۰/۱۳	۶/۳	۶/۸	۶/۱۵	۲۲۰	۲۳۳	۲۴۷

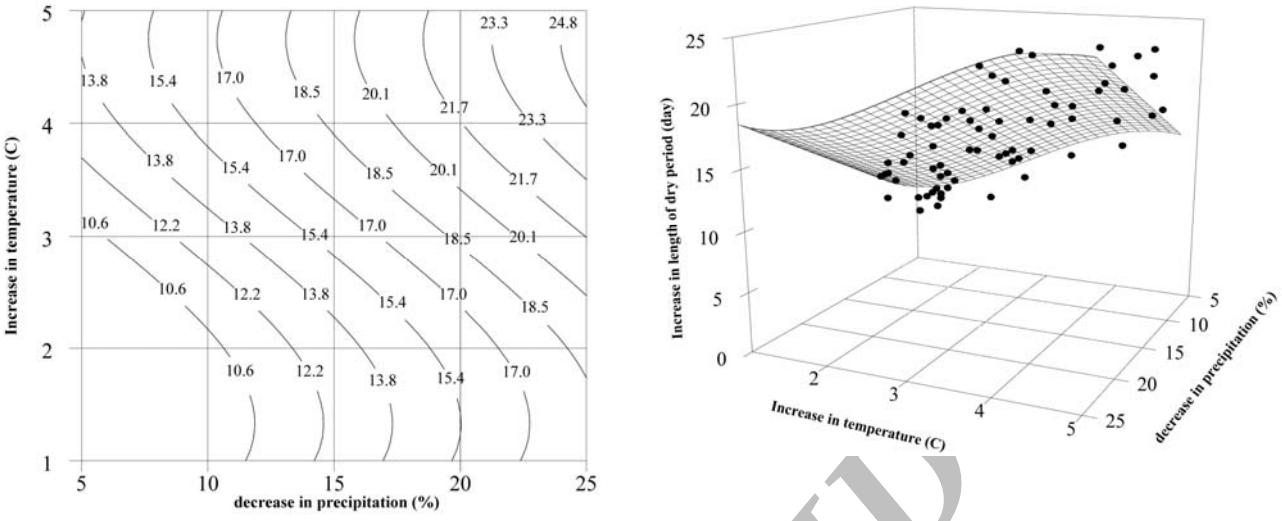
است به‌طوری‌که میانگین طول دوره خشک در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به ۲۱۴ و ۲۲۳ روز افزایش خواهد یافت. نتایج همچنین حاکی از آن است که افزایش طول دوره خشک هم به دلیل تسریع در شروع و هم ناشی از تأخیر در خاتمه این فصل است. البته به نظر می رسد که در اکثر ایستگاه‌های تحت بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شروع زودتر فصل خشک بیش از تأثیر این پدیده بر خاتمه دیرتر این فصل می باشد.

طولانی تر شدن دوره خشکی یکی از مهمترین پی‌آمدهای پدیده تغییر اقلیم است که بروز آن در بسیاری از نقاط جهان از جمله استرالیا (۱۶)، بخشهایی از آمریکا (۱۷) و چین (۱۴) گزارش شده است. شواهد حاکی از آن است که طولانی‌تر شدن فصل خشک به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی میانه بارزتر خواهد بود (۱۸). با وجودی که گزارشات متعددی از بروز خشکی در مناطق استوایی و بخش های وسیعی از قاره آفریقا در شرایط اقلیمی آینده وجود دارد، ولی باید توجه داشته که این نوع خشکسالی تحت تأثیر پدیده های اقلیمی دیگری نظیر انسو بروز کرده و در واقع بیانگر شدت خشکی در طی فصل خشک می‌باشند (۲۰).

پیش بینی مدل گردش عمومی نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم درجه حرارت و بارندگی در ایستگاه‌های تحت بررسی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. براین اساس به نظر می رسد که افزایش طول دوره خشک ناشی از تأثیر توام کاهش میزان نزولات و افزایش درجه حرارت باشد. به منظور بررسی تأثیر این دو متغیر بر تغییرات طول فصل خشک، از تکنیک آنالیز سطح عکس العمل استفاده شد. به این منظور داده های مربوط به تغییرات درجه حرارت و بارندگی در دو دوره پیش بینی یعنی سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به‌طور توام در مقابل طول دوره خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. سطح عکس العمل در مورد ایستگاه‌های تحت بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود طول فصل خشک تابع هر دو متغیر مؤثر برآن می باشد، با این وجود تأثیر متغیرها بر افزایش طول فصل خشک مشابه نمی باشد. توجه به ایزولاین ها (خطوط هم ارز) این وضعیت را به‌خوبی مشخص می سازد (شکل ۱). دنبال کردن ایزولاین مربوط به ۱۵/۴ روز افزایش فصل خشک در این شکل نشان می‌دهد که برای مثال ۲۰ درصد کاهش بارندگی همراه با ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت، تأثیری مشابه با ۱۰ درصد کاهش بارندگی و ۷/۳ درجه سانتیکراد افزایش درجه حرارت بر تغییر طول فصل خشک خواهد داشت. به عبارت دیگر در برخی شرایط

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: نمودار سطح عکس‌العمل مربوط به رابطه تغییرات طول فصل خشک در پاسخ به تغییرات درجه حرارت و بارندگی در شرایط تغییر اقلیم برای ایستگاه‌های تحت بررسی، خطوط هم ارز (ایزولاین) نیز نشان داده شده است.

افزایش طول فصل خشکی عمدتاً به دلیل کاهش نزولات و در برخی شرایط ناشی از افزایش درجه حرارت بوده است (شکل ۱).

نتایج بدست آمده از این تحقیق تأییدی بر خشک‌تر شدن مناطق خشک در شرایط تغییر اقلیم است که در بسیاری از مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان نیز به اثبات رسیده است (۱۹).

محققین اعتقاد دارند که افزایش طول دوره خشکی با تأثیر بر رطوبت قابل استفاده خاک رشد و تولید گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار خواهند داد (۲۴). برای مثال نتایج مطالعات انجام شده در آمریکا نشان داده است که در منطقه موسوم به کمربند ذرت، حتی در شرایط انجام آبیاری نیز طولانی‌تر شدن فصل خشک باعث کاهش عملکرد ذرت می شود (۶) به‌طوری‌که براساس پیش بینی های انجام شده در شرایط اقلیمی سال ۲۰۶۰ میلادی کمربند ذرت نسبت به وضعیت فعلی خود در حدود ۵۰ کیلومتر جابجا خواهد شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طورکلی درجه حرارت کشور در اثر پدیده تغییر اقلیم بالا رفته و از میزان نزولات کاسته خواهد شد و شدت این تغییرات بسته به موقعیت منطقه متفاوت می باشد. شدت تغییر درجه حرارت و بارندگی در کشور الگوی مکانی تقریباً مشابهی داشته و دامنه آنها از شمال به جنوب و از غرب به شرق افزایش می‌یابد. از آنجا که کلیه شاخص‌های اقلیمی کشاورزی به نحوی با درجه حرارت و نزولات مرتبط هستند بدیهی است که در صورت تحقق تغییرات پیش بینی شده درجه حرارت و بارندگی، بسیاری از شاخص های اقلیمی نیز تحت تأثیر قرار خواهند گرفت که طول فصل خشک یکی از مهم‌ترین آنها است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که طول دوره خشکی در تمامی ایستگاه‌های تحت بررسی در شرایط تغییر اقلیم افزایش یافته و به عبارت دیگر مناطق خشک کشور خشک تر خواهند شد و این رویدادی است که وقوع آن در بسیاری از مناطق جهان نیز پیش بینی شده است. بدیهی است که تحقق این شرایط تأثیر قابل توجهی بر نظام‌های زراعی و به‌ویژه نظام‌های تولید محصولات دیم کشور خواهد داشت، مطالعه این تأثیر و یافتن راهکارهای سازگاری از اولویت های پژوهشی در زمینه تغییر اقلیم می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱-کوچکی ع. و م نصیری. ۱۳۷۰. اکولوژی گیاهان زراعی: روابط گیاهان و محیط. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲- نصیری م.و ع کوچکی. ۱۳۸۵. آنالیز شاخصهای اگروکلیماتیک ایران در شرایط تغییر اقلیم. پژوهشهای زراعی ایران. ۴ (۱): ۱۸۲-۱۶۹.

3-Allan, R. J., 2000. ENSO and climatic variability in the last 150 years. In: Diaz, H.F. and V.Markgraf. (Eds.). El Nino and the Southern Oscillation: Multiscale Variability, Global and Regional Impacts. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 3–56.

4-Carson, D. J. 1999 Climate modelling: achievements and prospects. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society. 125: 1–28.

5-Dinar, A., R. Mendelsohn, R. E. Evenson, J. Parikh, A. Sanghi, K. Kumar, J. McKinsey and S. Lonergan. 1998. Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture. World Bank Technical Paper 402. Washington, D.C.

6-Easterling, W. E., A.Weiss, C. J. Hays and L.O., Mearns. 1998. Spatial scales of climate information for simulating wheat and maize productivity: the case of the US Great Plains. Agricultural and Forest Meteorology. 90: 51-63.

7-Edwards, D. C. and T. B. McKee. 1997. Characteristics of 20th Century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

8-Giorgi, F. and L. O. Mearns. 1991. Approaches to the simulation of regional climate change: a review. Rev. Geophys. 29: 191-216.

9-Hammer, G. L., and N. Nicholls. 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.

10-Hill, H. S. J., D. B. Butler, S. W. Fuller, G. L. Hammer, , D. P. Holzworth, H. A. Love, H. Meinke, J. W. Mjelde, J. Park and W. Rosenthal. 2001. Effects of seasonal climate variability and the use of climate forecasts on wheat supply in the US, Australia and Canada. American Society of Agronomy, Special Publication 'Impact of El Nino and Climatic Variability on Agriculture'. pp. 101–123.

11-IPCC 1996 Summary for policy makers. In: Houghton et al. d. J. T. (Eds.). Climate change 1995—the science of climate change. The Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Contribution of WorkingGroup I . Cambridge University Press.

12-Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Summary for Policymakers, A Report of Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp. 2-17.

13-Karl, T. R., N. Nicholls and J. Gregory. 1997. The coming climate. Scientific American, May. pp. 78–83.

14-Lin, E. D., H. X. Zhang and J. H. Wang. 1997. Simulation of global climate change impact on China's agriculture.. China Agricultural Press, Beijing. pp. 54-87

15-Moen, T.N., Kaiser, H.M., Riha, S.J., 1994. Regional yield estimation using a crop simulation model: concepts, methods and validation. Agricultural Systems 46, 79-92.

16-Nicholls, N. 2000. Impediments to the use of climate predictions. In: Hammer, G.L., N. Nicholls, C. Mitchell. (Eds.). Applications of Seasonal Climate Forecasting in Agricultural and Natural Ecosystems: The Australian Experience. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 309–327.

17-NDMC.1998b.Predicting drought.Available online at: http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/predict.htm.

18-Reilly, J. 1995. Climate Change and Global Agriculture: Recent Findings and Issues. American Journal of Agricultural Economics. 77: 727–33.

19-Reilly, J., N. Hohmann and S. Kane. 1994. Climate Change and Agricultural Trade: Who Benefits, Who Loses? Global Environmental Change 4 (1): 24–36.

20-Ropelewski, C. F. and M.S Halpert. 1996. Quantifying southern oscillation: precipitation relationships. Journal of Climate. 9: 1043–1059.

21-Rosenzweig, C., J. T. Ritchie, J. W. Jones, G.Y. Tsuji and P. Hildebrand. 1995. Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts. ASA Spec. Publ. No. 59, American Society of Agronomy, Madison, WI. 382 pp.

22-Saunders, M. A. 1999. Earth's future climate. Philosophical Transactions of the Royal Society London. 357: 3459–3480

23-Saunders, M. A. 1998. Global warming: the view in 1998. Beneld Greig Hazard Research Centre Report, University College London.

24-Wheaton, E. E. 1994. Impacts of a Variable and Changing Climate on the Canadian Prairie Provinces: A Preliminary Integration and Annotated Bibliography. SRC Publication No. E-2900-7-E-93. Saskatchewan Research Council, Saskatoon.

Archive of SID

www.SID.ir

Climate indices of Iran under climate change

A. Koocheki, M. Nassiri, Gh. A. Kamali[1]

Abstract

Global warming will affect all climatic variables and particularly rainfall patterns. The purpose of present investigation was to predict climatic parameters of Iran under future climate change and to compare them with the present conditions. For this reason, UKMO General Circulation Model was used for the year 2025 and 2050. By running the model, minimum and maximum monthly temperature and also maximum monthly rainfall for the representative climate stations were calculated and finally the effects of climate change on these variables based on pre-determined scenarios was evaluated. The results showed that averaged over all stations, mean temperature increase for spring in the year 2025 and 2050 will be 3.1 and 3.9, for summer 3.8 and 4.7, for autumn 2.3 and 3 and for winter 2.0 and 2.4 ^{o}C, respectively. This increase will be more pronounced from North to the South and from East to the West parts of the country. Mean decrease in autumn rainfall for the target years of 2025 and 2050 will be 8 and 11 percent, respectively. This decrease is negligible for summer months. Length of dry season for the years 2025 and 2050 will be increased, respectively up to 214 and 223 days due to combined effects of increased temperature and decreased rainfall.

Keywords: Climate change, rainfall, temperature, length of dry season.

Archive of SID

1- Contributions from Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Iran Meteorological Organization.

www.SID.ir