

## بررسی خطر گرمایش جهانی در قاره آسیا در بازه زمانی ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۴

مسعود مسعودی\*<sup>۱</sup>، یاسین همتی<sup>۲</sup>، زهرا بهرامی<sup>۳</sup>، سیده رضیه هندی زاده<sup>۴</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شیراز

۲ و ۳- دانش آموخته گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شیراز

(تاریخ ارسال: ۹۶/۰۱/۲۷، تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰۵)

### چکیده

گرمایش جهانی یکی از مهمترین چالش‌های کره زمین به شمار می‌رود. هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات دما در قاره آسیاست. به این منظور داده‌های دمای ماهانه ۶۶ نقطه نزدیک به نقاط شهری مورد نظر از کشورهای مختلف قاره آسیا از سال ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۴ بر گرفته از داده‌های NOAA مورد بررسی قرار گرفت. میانگین دمای سالانه طی سال‌های ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۴ برای هر نقطه محاسبه شد. همچنین نمودار تغییرات دما مربوط به هر نقطه در بازه زمانی مورد نظر رسم و روند آن بر اساس معادله خطی رگرسیون تهیه شد. سپس چگونگی تغییرات دما از لحاظ افزایش، کاهش و سطح معنی‌داری مطالعه گردید. برای تعیین گستره تغییرات دما از روش‌های درون‌یابی گوناگون در GIS استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در ۹۹ درصد از مساحت آسیا افزایش دما و در ۱ درصد باقی‌مانده تغییرات معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. در کل می‌توان به این نکته اشاره کرد که در این قاره مقدار دما ۰٫۹۴ درجه سلسیوس در بازه مورد مطالعه افزایش یافته است. در طبقه‌بندی طراحی شده خطر از بعد مقادیر آماری گرمایش جهانی، ۳۴٫۷ درصد کم‌خطر، ۲۹٫۱ درصد خطر متوسط، ۳۳٫۸ درصد خطر شدید و ۲٫۴ درصد خطر خیلی شدید را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌های تهیه شده، اکثر نواحی نیمه شمالی قاره روند افزایش دمای بیشتر و خطر شدیدتری را نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** روند تغییرات دما، تغییر اقلیم، سامانه اطلاعات جغرافیایی، آسیا، خطرپذیری

### مقدمه

جهان با تغییرات عمده‌ای در وضعیت کره زمین از جمله ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر در نوع بارشهای جوی، توفان‌های شدید، کاهش میزان تولید محصولات کشاورزی در اثر سرمازدگی، تگرگ، یخ‌زدگی، خشک‌سالی، سیل، فرسایش، آب‌گرفتگی زمین‌های کشاورزی، تغییر فصل بارش و همچنین نابودی تنوع زیستی گیاهی و جانوری مواجه خواهند بود؛ بنابراین افزایش دمای کره زمین آثار و پیامدهای مختلف در ابعاد گوناگون به همراه دارد (میتچل، ۲۰۰۳).

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که طی آن با افزایش گازهای گلخانه‌ای انرژی منعکس‌شده از زمین امکان خروج پیدا نمی‌کند و لذا زمین همواره گرم‌تر می‌شود، یعنی دمای هوا روند افزایشی خواهد داشت (ماهونگو، ۲۰۰۶). از آنجاکه دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند

یکی از مهم‌ترین مسائلی که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است پدیده گرمایش جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای است که این مسأله جهان را در آستانه یک فاجعه بزرگ انسانی و محیط زیستی قرار داده است (IPCC, 2007). انتشار گازهای گلخانه‌ای عامل افزایش گرمایش جهانی و همچنین تغییرات اقلیمی است؛ به طوری که امروزه افزایش جمعیت و فعالیت‌های ناشی از آن در زمینه‌های مختلف صنعتی، حمل‌ونقل، کشاورزی و غیره روز به روز باعث افزایش غلظت این گازها در جو به میزان بیش از حد طبیعی شده که منجر به اثر گلخانه‌ای و بروز تغییرات آب و هوایی مانند گرم شدن کره زمین و تخریب لایه اوزون شده است. در صورت ادامه روند تغییر اقلیم، در آینده‌ای نه‌چندان دور مردم

کاهش در طول دوره یخبندان در این کشور است، به طوری که به تبع افزایش دمای حداقل طول روزهای همراه با یخبندان در نواحی شمالی و طول دوره یخبندان در بخش‌های شمالی و بخش‌های جنوبی منطقه جنوب شرقی با کاهش مواجه است. همچنین در برخی نواحی مانند شمال منطقه کسینجیانگ یک افزایش جزئی مشاهده می‌شود.

کوتیاری و سینگ (۱۹۹۶) روند تغییرات دما و بارش در هندوستان را مطالعه کردند که، نشان دهنده افزایش میانگین دمای سالیانه در حوزه گنگ-براهماپوترا-مگنا است. بین (۱۹۹۹) اختلالات دما را در مناطق شمالی چین بررسی کرد و به این نتیجه رسید که دلیل آن مربوط به سامانه جوی برون حاره‌ای است. سالیجر (۱۹۹۵) روند تغییرات دمای شب و روز را در منطقه‌ی جنوب غربی اقیانوس آرام بررسی کرد و به این نتیجه رسید که این منطقه به طور کلی در حال گرم شدن است. یو و هاشینو (۲۰۰۳) روند تغییرات دمای ماهانه، فصلی و سالانه ژاپن را در صد سال بررسی کردند و نتیجه گرفتند که به طور کلی دما بیشتر شده و تغییرات آنها در فصل زمستان و بهار بیشتر است. تغییرات دمای سالانه از ۵.۰ درجه در سال ۱۹۰۰ به ۸.۲ در سال ۱۹۹۶ افزایش یافته است. تحقیقات اشاره شده بیانگر حاکمیت افزایش روند تغییرات سالانه دما در مناطق ذکر شده در قاره آسیا است.

از جمله سایر تحقیقات انجام شده در رابطه با تغییر اقلیم و گرمایش جهانی می‌توان به هویرشت و همکاران (۲۰۰۴)، لوسو (۲۰۰۴)، گوبانوا (۲۰۰۷)، کرویت و همکاران (۲۰۰۷)، لارنت و پاری (۲۰۰۷)، روشن و همکاران (۲۰۰۷)، هرتیگو جاکوبیت (۲۰۰۸)، تولیکا و همکاران (۲۰۰۸)، هایوود و همکاران (۲۰۰۹)، اسکی و همکاران (۲۰۰۹)، چوست و همکاران (۲۰۱۰) اشاره داشت. تحقیقات اشاره شده در ابعاد منطقه‌ای و بازه‌های زمانی متفاوت صورت گرفته که نتایج آنها بیانگر اهمیت مسئله گرمایش جهانی و لزوم پیگیری آن است.

با توجه به پهناور بودن و جمعیت زیاد در قاره آسیا، بررسی تغییرات دما در این قاره بسیار مهم است. مهم‌ترین هدف این

ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون سازد (اسدی و حیدری، ۱۳۹۰). امواج گرمایی می‌تواند به وسیله فرایندهایی همچون کاهش رطوبت سطح زمین و کاهش پوشش گیاهی تشدید شود (لورنز و همکاران، ۲۰۱۴). گرمایش جهانی و ارتباط معنی‌دار تغییرات دما و بارش نقاط مختلف دنیا با افزایش دمای کره زمین به‌عنوان مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم در قرن حاضر قابل توجه هستند (روشن و اوراسا، ۲۰۱۵؛ خوش‌اخلاق و همکاران، ۲۰۱۶). توجه افکار عمومی و مجامع علمی به این مسأله و تمرکز گازهای گلخانه‌ای در چند سال گذشته باعث شده است که نوعی همکاری جهانی در بررسی این معضل عمومی به وجود آید، چراکه به تحقیق معلوم گردیده است که بسیاری از معضلات محیطی از جمله: سیل، توفان، خشکسالی و نظایر آنها همگی در نوسان‌های اقلیمی مخصوصاً تشدید ناهنجاری‌های دمایی کره زمین ریشه دارند (مانگولی و همکاران، ۲۰۰۶). اندازه‌گیری دمای سطح زمین در طی ۱۴۰ سال نشان می‌دهد که دما، افزایش قابل توجهی در طول دو دوره داشته است. اولین دوره افزایش دما در سال ۱۹۲۰ شروع و تا حدود ۲۰ سال ادامه یافت و دومین دوره در سال ۱۹۷۹ شروع شد. برای سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۴ دو رکورد دما (ماهواره‌ای و زمینی) وجود دارد. داده‌های ماهواره‌ای نشان می‌دهد که دمای جهانی به‌شدت در کل این دوره ۱۵ ساله تغییر کرده است (ماهونگو، ۲۰۰۶).

براون و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی تغییرات شاخص‌های حدی اقلیمی برای شمال شرق ایالات متحده را طی دوره ۲۰۰۵-۱۸۷۰، محاسبه کردند. نتیجه این تحقیق بیانگر آن است که در شاخص‌های دما، فراوانی رخدادهای گرم رو به افزایش و فراوانی رخدادهای سرد رو به کاهش است.

در گزارش هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، به قطعی بودن افزایش دمای کره زمین در عصر حاضر برای سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۵ در حدود ۰,۶ درجه سلسیوس اشاره شده است (IPCC, 2007). کواین و لین (۲۰۰۴) در تحقیقی روند شاخص‌های دمایی کشور چین را بررسی کردند. نتایج آنها نشان‌دهنده

بیشتری نسبت به نقاط دوردست دارند. در این پژوهش در پی جواب به این سؤال هستیم که از نیمه دوم قرن بیستم به بعد، مقدار تغییرات دما در قاره آسیا چه روندی را نشان می‌دهد. برای تعیین گستره این تغییرات و همچنین تهیه نقشه‌های موردنظر از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. ابتدا نقاط مورد مطالعه زمین مرجع شدند. برحسب نزدیک‌ترین نقطه دارای داده به نقاط شهری موردنظر، میانگین دمای سالانه در طی سال‌های ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۴ برای تمامی ۶۶ نقطه مورد مطالعه محاسبه شد. سپس محاسبات آماری از روند تغییرات دما در محیط نرم‌افزار اکسل انجام شد. نوع تغییرات نیز از لحاظ افزایش، کاهش و سطح معنی‌داری در سطح ۵ درصد با توجه به ضریب همبستگی مشخص و همچنین نمودار روند تغییرات دما مربوط به هر نقطه در بازه زمانی مورد نظر رسم و مقدار تغییرات آن بر اساس معادله خطی رگرسیون حاصل از مقادیر دما (y) و بازه زمانی مورد نظر بررسی شد. پس از کامل کردن جداول پایگاه داده در نرم‌افزار GIS، نقشه قاره آسیا با استفاده از روش‌های درون‌یابی مختلف، جهت بررسی مساحت گستره‌های تحت تاثیر تغییرات مختلف دما، تبدیل شد. روش‌های درون‌یابی شامل سه روش کلی کریجینگ ساده و کریجینگ معمولی و همچنین روش وزن دهی معکوس فاصله بود که برای روش‌های کریجینگ چهار حالت نقشه به شکل کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسی تهیه شد. تغییرات دمای هر نقطه نیز با توجه به فرمول زیر (مسعودی و حکیمی بافقی، ۲۰۱۴؛ مسعودی و الهائی سحر، ۲۰۱۶) محاسبه شده است:

= میزان تغییرات دمای هر نقطه

(y1) میزان دمای ابتدای دوره - (y2) میزان دمای انتهای دوره

لازم به ذکر است با توجه به معادله خطی رگرسیون به‌دست آمده، یک بار به جای x معادله خطی رگرسیون مقادیر سال اول (عدد ۱) و بار دیگر به جای x معادله خطی رگرسیون مقادیر سال آخر (عدد ۶۵) را گذاشته و با توجه به میزان دمای (y) به‌دست آمده برای ابتدای دوره و انتهای دوره میزان تغییرات

تحقیق بررسی میزان گرمایش جهانی و تهیه نقشه خطر گرمایش جهانی در قاره آسیا با استفاده از GIS و یافتن گستره‌های در حال تغییر طبقات مختلف خطر است.

### مواد و روش‌ها - منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی پژوهش، قاره آسیا است. این قاره در نیم کره شمالی واقع شده که از نزدیکی استوا تا نزدیکی قطب شمال گسترش یافته است. شمار کشورها در این قاره ۴۹ کشور است. آسیا پهناورترین و پرجمعیت‌ترین قاره کره زمین است. مساحت این قاره تقریباً ۴۴ میلیون کیلومتر مربع است که شامل ۷,۸ درصد از مساحت سطح زمین و ۳۰ درصد از خشکی‌های این سیاره است. جمعیت آسیا شامل ۶۰ درصد جمعیت کره زمین یعنی بیش از ۴ میلیارد نفر است و تراکم جمعیت در هر کیلومتر مربع ۷۸ نفر است. تفاوت‌های شدید پدیده‌های ژئومورفولوژیکی (پستی و بلندی)، یعنی وجود سرزمین‌های پست جلگه‌ای در کنار سرزمین‌های مرتفع و رشته‌کوه‌های بلند، علت ایجاد شرایط خاص و تنوع اقلیمی این قاره شده است. سردترین و گرم‌ترین نقاط کره زمین در آسیا قرار دارد که به ترتیب در سبیری و سیستان و بلوچستان توسط اداره ملی هوانوردی و فضا (ناسا) گزارش شده است.

### روش کار

متغیری که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، میانگین دمای ماهانه در ۶۶ نقطه با پراکنش مناسب از کشورهای قاره آسیا است. داده‌ها برگرفته از تارنمای NOAA به نشانی ([www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)) و مربوط به داده‌های بازتحلیل شده دانشگاه دلاور آمریکا است. در این نوع داده‌ها دمای هر نقطه به صورت شبکه نقاط با فاصله یک درجه از همدیگر و برگرفته از میانگین وزنی ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای همجوار و دماهای تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای است. البته در نقاط نزدیک شهرها، وزن بیشتری به داده‌های ایستگاه‌های شهری داده شده است؛ به همین دلیل در این تحقیق، نقاط نزدیک به مناطق شهری انتخاب شده‌اند که به واقعیت زمینی نزدیکی

یک خطر زیست محیطی با توجه به مولفه‌های مشخص شده انحراف معیار وزنی و میانگین وزنی تغییرات دمای دنیا در مرحله قبل و محاسبه آماری محدوده خطر برای پنج کلاس بدون خطر تا خطر خیلی شدید که در جدول ۱ اشاره شده است، انجام گردید. لازم به ذکر است میانگین وزنی تغییرات دما در آسیا بیان‌کننده میزان تغییر دمای حاصله در سطح قاره در مقیاس زمانی موردنظر است.

$$\text{انحراف معیار وزنی (SD)} = \sqrt{\frac{\text{مساحت هر پلیگون} \times (\text{میزان تغییرات دما در نقطه})^2}{\text{مساحت کل}}}$$

$$\text{میانگین وزنی (M)} = \frac{\sum [\text{مساحت هر پلیگون} \times \text{میزان تغییرات دما در نقطه}]}{\text{مساحت کل}}$$

دما به دست آمد. در نهایت سه کلاس برای افزایش معنی‌دار دما (بر اساس افزایش یک درجه‌ای دما برای حالات افزایش ۱-۲، ۲-۳ و ۳-۲ درجه) و یک کلاس برای نقاط فاقد تغییرات معنی‌دار، در مجموع چهار کلاس روی نقشه گرمایش حاصله ترسیم شد.

برای به دست آوردن نقشه‌ی خطر گرمایش در قاره آسیا، با توجه به یک الگوی پیشنهادی برای بررسی میزان خطر، ابتدا میزان انحراف معیار وزنی و میانگین وزنی تغییرات دمای ۱۷۸ نقطه در سطح جهان (در یک مطالعه مجزا در مقیاس جهانی) با توجه به فرمول‌های زیر (مسعودی و همکاران، ۲۰۰۹) محاسبه شد. سپس طبقه‌بندی خطر گرمایش برگرفته از ایده طبقه‌بندی

جدول ۱- طبقه‌بندی خطر تغییرات دما در محدوده زمانی موردنظر (مسعودی و همکاران، ۲۰۰۹)

کلاس خطر	محاسبه آماری محدوده خطر	توصیف خطر از بعد تغییرات دما در محدوده درجه سلسیوس
بدون خطر	کوچکتر از (M-SD)	صفر یا بدون تغییرات معنی‌دار
کم خطر	(M-SD) - (M-0.5 SD)	۰-۰/۸۱
متوسط	(M-0.5 SD) - (M+0.5 SD)	۰/۸۱-۱/۱
شدید	(M+0.5 SD) - (M+1.5 SD)	۱/۱-۱/۳۹
خیلی شدید	بزرگتر از (M+1.5 SD)	≥ ۱/۳۹

جدول ۲- ارزیابی دقت روش‌های مختلف درون‌یابی برای پهنه‌بندی

نقشه تغییرات دما

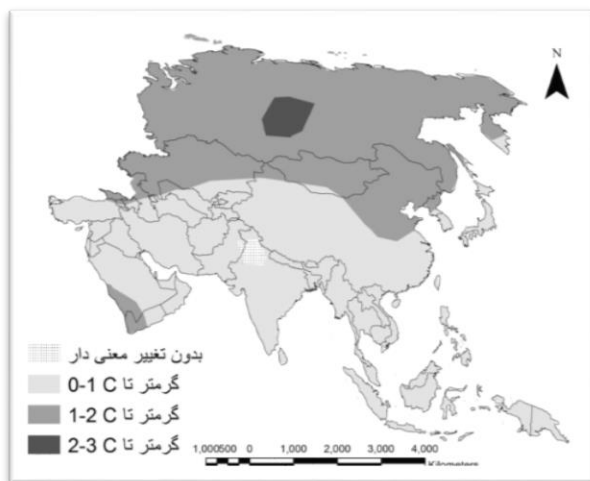
روش	مدل	ارزیابی مدل		
		R <sup>2</sup>	RMSS	RMS
معمولی	کروی	۰,۶۴۶	۰,۹۹	۰,۷۵۳
	دایره‌ای	۰,۶۴۷	۰,۹۹	۰,۷۵۳
	نمایی	۰,۶۵۲	۰,۹۷۸	۰,۷۵۳
	گوسی	۰,۶۳۵	۰,۹۹۴	۰,۷۵۲
ساده	کروی	۰,۶۹۹	۱	۰,۷۷۰
	دایره‌ای	۰,۷۰۵	۱	۰,۷۷۰
	نمایی	۰,۷۰۵	۱	۰,۷۷۲
	گوسی	۰,۶۹۷	۱,۰۱	۰,۷۷۲
وزندهی معکوس فاصله		۰,۵۹۴	-	۰,۸۲۲

پس از تعیین کلاس‌های طبقه‌بندی و میزان تغییرات در هر نقطه و همچنین طبقه‌بندی قاره آسیا به چند طبقه تغییرات دما با روش‌های مختلف درون‌یابی نقشه‌های زیر به دست آمد که در

## نتایج

برآورد روند تغییرات دما برای هر نقطه بررسی شد که نتایج نشان می‌دهد که تغییرات دما در اکثر نقاط افزایشی است و از میان ۶۶ نقطه ۱۵ نقطه از لحاظ کاهش یا افزایش دما بدون تغییرات معنی‌دار است. جدول ۲ نشان می‌دهد بین نقشه‌های ترسیم شده با روش‌های مختلف درون‌یابی و با در نظرگیری تغییرات معنی‌دار دما و با توجه به مقادیر ارزیابی دقت مانند RMS و بالخصوص R<sup>2</sup>، روش کریجینگ ساده دایره‌ای نسبت به سایر روش‌ها از دقت بیشتری برای پهنه‌بندی نقشه تغییرات دما برخوردار است. لازم به ذکر است در این ارزیابی برای نقاط بدون تغییرات معنی‌دار میزان تغییرات صورت گرفته در بازه زمانی مورد مطالعه صفر در نظر گرفته شد.

اشاره کرد که در این قاره میزان دما ۰,۹۴ درجه در دوره مورد مطالعه افزایش یافته است.

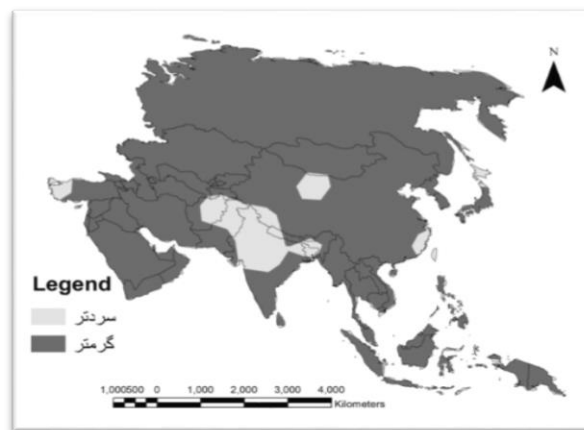


شکل ۲- نقشه تغییرات دما با در نظر گرفتن سطح معنی داری و روش کریجینگ ساده دایره‌ای

جدول شماره ۴ نشان می‌دهد بین نقشه‌های ترسیم شده با روش‌های مختلف درون‌یابی و با در نظرگیری پنج کلاس طبقه‌بندی خطر گرمایش جهانی (برگرفته از جدول شماره ۱) و با توجه به مقادیر ارزیابی دقت مانند RMS و بالانحص  $R^2$ ، روش کریجینگ معمولی گوسی نسبت به سایر روش‌ها از دقت بیشتری برای پهنه‌بندی نقشه خطر گرمایش برخوردار است.

شکل شماره ۳ نیز نقشه‌ی خطر گرمایش حاصله با روش کریجینگ معمولی گوسی را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده از جدول شماره ۵، ۳۶ درصد از مساحت قاره آسیا خطر شدید تا خیلی شدید از بعد گرمایش جهانی را نشان می‌دهد که در نیمه شمالی آسیا و عمدتاً در کشور روسیه مشاهده می‌شود. همچنین ۶۴ درصد از مساحت قاره آسیا خطر کم و متوسط را نشان می‌دهد که در نیمه جنوبی مشاهده می‌شود. در ضمن طبقه بدون خطر در این نقشه مشاهده نمی‌شود.

دو حالت، بدون تغییرات معنی‌دار و با تغییرات معنی‌دار، ارایه شد. شکل ۱ نقشه کاهش و افزایش دما بدون در نظر گرفتن سطح معنی‌داری تغییرات در سطح ۵ درصد با روش کریجینگ ساده دایره‌ای را نشان می‌دهد. ناحیه بزرگی در مرکز قاره آسیا و عمدتاً در شمال شبه‌قاره هند و نواحی کوچکی در شرق و غرب قاره دارای روند کاهشی است که ۸,۵ درصد از سطح قاره را در بر می‌گیرد. البته اکثر نواحی آسیا روند افزایش دما را نشان می‌دهند.



شکل ۱- نقشه تغییرات دما بدون در نظر گرفتن سطح معنی داری با روش کریجینگ ساده دایره‌ای

شکل شماره ۲ نقشه تغییرات دما با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری تغییرات در سطح ۵ درصد با روش کریجینگ ساده دایره‌ای را نشان می‌دهد. ناحیه‌ای نه چندان وسیع در شمال شبه‌قاره هند دارای روند بدون تغییر معنی‌دار برای دما است اما در سایر نواحی آسیا روند افزایشی مشاهده می‌شود. مقدار افزایش در نیمه شمالی قاره بیش از نیمه جنوبی است. با توجه به نقشه فوق چهار کلاس طبقه‌بندی به صورت جدول ۳ مشاهده می‌شود که نتایج حاصله نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین مساحت تغییرات افزایش معنی‌دار دما به ترتیب در طبقات ۲ و ۱ مشاهده می‌شوند. تقریباً در ۱ درصد از مساحت قاره آسیا تغییرات دما از لحاظ کاهش یا افزایش معنی‌دار نیست.

همچنین نتایج میانگین وزنی تغییرات دما برای ۶۶ نقطه بر اساس پلیگون‌های تیسن تهیه شده برای هر نقطه در سطح آسیا ۰,۹۴ درجه سلسیوس محاسبه شد. در کل می‌توان به این نکته

جدول ۵- درصد کلاس‌های خطر تغییرات دما

در محدوده زمانی موردنظر

طبقه	توصیف	درصد مساحت
۱	بدون خطر	-
۲	کم خطر	۳۴,۷۱
۳	متوسط	۲۹,۰۹
۴	شدید	۳۳,۷۷
۵	خیلی شدید	۲,۴۳



شکل ۳- نقشه‌ی خطر گرمایش در آسیا.

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، تغییرات دما با در نظر گرفتن دوره آماری از سال ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۴ در ۹۹ درصد از مساحت خشکی‌های قاره آسیا افزایش دما و در نزدیک به ۱ درصد از مساحت قاره بدون تغییرات معنی‌دار بوده است که نشان دهنده وجود پدیده گرمایش جهانی در این منطقه بزرگ است. بر اساس بهترین نقشه ترسیم شده در ۵۳ درصد از منطقه افزایش دما در حدود ۰-۱ درجه سلسیوس و در ۴۴ درصد منطقه افزایش در حدود ۱-۲ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود. بر اساس کلاسه‌بندی خطر از بعد گرمایش جهانی، ۳۴,۷ درصد کم‌خطر، ۲۹,۱ درصد خطر متوسط، ۳۳,۸ درصد خطر شدید و ۲,۴ درصد خطر خیلی شدید را نشان می‌دهد. همچنین نتایج تغییرات دما نشان می‌دهد که در این قاره میزان دما ۰,۹۴ درجه در دوره ۶۵ ساله مورد مطالعه افزایش یافته است که بیش از مقادیر اشاره شده در مقیاس جهانی در قرن گذشته است. با توجه به نقشه‌های تهیه شده از پژوهش، اکثر نواحی نیمه شمالی روند افزایش دمای بیشتری را نشان می‌دهد. افزایش دما در این مناطق می‌تواند عامل تشدید مخاطرات زیست‌محیطی و تهدیدکننده مسائل اقتصادی و سایر مشکلات باشد. امروزه گرم شدن کره زمین یکی از مباحث جنجالی در قرن بیست و یکم است. هیجیوکا و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده‌اند که دما در قرن گذشته در بیشتر نقاط آسیا افزایش یافته است. چن و همکاران (۲۰۰۹) بر این باورند که دما در آسیای مرکزی از سال ۱۹۴۰ به بعد به‌سرعت افزایش یافته است و در حال حاضر گرم‌تر از هر

جدول ۳- طبقه‌بندی میزان تغییرات دما و مساحت هر طبقه

طبقه	توصیف	درصد مساحت
۱	بدون تغییر معنی‌دار	۰,۷۶
۲	۰-۱ درجه گرمتر	۵۳,۴۱
۳	۱-۲ درجه گرمتر	۴۴,۲۵
۴	۲-۳ درجه گرمتر	۱,۵۸

جدول ۴- ارزیابی دقت روش‌های مختلف درون‌یابی برای

پهنه‌بندی نقشه خطر گرمایش

روش	مدل	ارزیابی مدل		
		R <sup>2</sup>	RMSS	RMS
معمولی	کروی	۰,۶۸۵	۱,۱۳۶	۱,۳۹۷
	دایره‌ای	۰,۶۸۴	۱,۱۳۷	۱,۳۹۶
	نمایی	۰,۶۸۵	۱,۱۳۶	۱,۳۹۷
	گوسی	۰,۸۴۸	۱,۱۳۷	۱,۳۹۶
ساده	کروی	۰,۷۴۳	۱,۳۱۰	۱,۴۰۶
	دایره‌ای	۰,۷۴۳	۱,۳۱۰	۱,۴۰۶
	نمایی	۰,۷۴۳	۱,۳۱۰	۱,۴۰۶
	گوسی	۰,۷۴۳	۱,۳۱۰	۱,۴۰۶
وزن دهی معکوس فاصله		۰,۶۱۴	-	۱,۴۴۴



Surjan, A., (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. 1327-1370PP.

10- Huybrechts, P., Gregory, J., Janssens, I., Wild, M., (2004), Modeling Antarctic and Greenland volume changes during the 20th and 21st centuries forced by GCM time slice integrations. *Journal of Global and Planetary Change*, 42: 83- 105.

11- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), *Climate change 2007: IPCC 4<sup>th</sup> Assessment Report on*. Cambridge University Press, Cambridge. 438pp.

12- Khoshakhlagh, F., Shakouri Katigari, A., Hadinejad Saboori, Sh., Farid Mojtahedi, N., Momen Pour, F., and Asadi Oskuee, E., (2016), Trend of the Caspian Sea surface temperature changes. *Natural Environment Change*, Vol. 2, No. 1, 57- 66.

13- Koutyari, U. C., Singh, V. P., (1996), Rainfall and temperature trends in India. *Journal of Hydrological Processes*, 10: 357-372.

14- Krewitt, W., Simon, S., Graus, W., Teske, S., Zervos, A., Schäfer, O., (2007), the 2 °C scenario. A sustainable world energy perspective. *Journal of Energy Policy*, 35: 4969-4980.

15- Laurent, C., Parey, C., (2007), Estimation of 100-year return-period temperatures in France in a non-stationary climate: Results from observations and IPCC scenarios. *Journal of Global and Planetary Change*, 57: 177-188.

16- Lorenz, R., Pitman, A. J., Donate, M. G., Hirsch, A. L., Kala, J., Kowalczyk, E. A., Law, R. M., Sribinovsky, J., (2014), Representation of climate extreme indices in the ACCESS1. 3b coupled atmosphere-land surface model. *Journal of Geoscientific Model Development*, 7: 545-567.

17- Lucio, P., (2004), Assessing HadCM3 simulations from NCEP reanalysis over Europe: diagnostics of block seasonal extreme temperature's regimes. *Journal of Global and Planetary Change*, 44: 39-57.

18- Mahongo, Sh., (2006), Impact of sea level change. *Odin Frica/Gloss Training workshop on sea-Level Measurement and Interpretation*. Oostende, Belgium.

زمان دیگری است. سالمون و همکاران (۲۰۰۷) دمای سطح کره‌ی زمین را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دمای سطح کره‌ی زمین از سال ۱۹۵۰ افزایش یافته و نسبت به ۵۰۰ سال گذشته بیشتر گرم شده است. نتایج پژوهش حاضر نیز به طور کلی موید نتایج پژوهش‌های مذکور است.

## منابع

۱- اسدی، ا.، حیدری، ع.، (۱۳۹۰)، تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۵. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۱، شماره ۱، ص ۱۳۷-۱۵۲.

2- Brown., P. J., Bradley, R. S., Keimig, F. T., (2010), Changes in Extreme Climate Indices for the Northeastern United States, 1870-2005. *Journal of Climate*, 23: 6555- 6572.

3- Chen, F., Wang, J., Jin, L., Zhang, Q., Li, J., Chen, J.), 2009, (Rapid warming in midlatitude central Asia for the past 100 years. *International Journal of Earth Science*, 3: 42-50.

4- Chust, G., Caballero, A., Marcos, M., Liria, P., Hernández, C., Borja, A., (2010), Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century. *Journal of Coastal and Shelf Science*, 87: 113-124.

5- Goubanova, L., (2007), Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations. *Journal of Global and Planetary Change*, 57: 27-42.

6- Jenkins, G. S., Barron, E. J., (2000), Regional climate simulations over the continental United States during the summer of 1988 driven by a GCM and the ECMWF analyses. *Journal of Global and Planetary Change*, 25: 19- 38.

7- Haywood, A. M., Chandler, M. A., Valdes, P. J., Salzmann, U., Lunt, D. J., Harry, J., Dowsett, A., (2009), Comparison of mid-Pliocene climate predictions produced by the HadAM3 and GCMAM3 General Circulation Models. *Journal of Global and Planetary Change*, 66: 208-224.

8- Hertig, E., Jacobeit, J., (2008), Downscaling future climate change: Temperature scenarios for the Mediterranean area. *Journal of Global and Planetary Change*, 63: 127-131.

9- Hijioka, Y., Lin, E., Pereira, J. J., Corlett, R. T., Cui, X., Insarov, G. E., Lasso, R. D., Lindgren, E.,

- consumption in buildings in Iran. *Natural Environment Change*, Vol. 1, No. 1, 31-48.
- 27- Salinger, M. J., (1995), Southwest Pacific temperatures: Trends in maximum and minimum temperatures. *Journal of Atmospheric Research*, 37: 87-99.
- 28- Skeie, R., Fuglestedt, J., Berntsen, T., Lund, M. T., Myhre, G., Rypdal, K., (2009), Global temperature change from the transport sectors: Historical development and future scenarios. *Journal of Atmospheric Environment*, 43: 6260- 6270.
- 29- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L., (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- 30- Tolika, K., Anagnostopoulou, Ch., Maheras, P., Vafiadis, M., (2008), Simulation of future changes in extreme rainfall and temperature conditions over the Greek area: A comparison of two statistical downscaling approaches. *Journal of Global and Planetary Change*, 63: 132-151.
- 31- Yin, Z. Y., (1999), Winter temperature anomalies of the north China plain and macroscale extratropical circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 19: 291-308.
- 32- Yue, S., Hashino, M., (2003), Temperature trends in Japan, 1900-1996. *Journal of theoretical and applied climatology*, 75: 15-27. Risk Assessment of Global Warming in Asia in the period of 1949 to 2014
- 19- Masoudi, M. and Elhaesahar, E., (2016), Trend assessment of climate changes in Khuzestan Province, Iran. *Natural Environment Change*, Vol. 2, No. 2, 143-152.
- 20- Masoudi, M. Hakimi bafghi, S., (2014), A new model for vulnerability assessment of drought in Iran using Percent of Normal Precipitation Index (PNPI). *Iranian Journal of Science & Technology*, 38: 435-440.
- 21- Masoudi M., Zehtabiyan, G., Noruzi, R., Behruz Kuhenjani, S., Mahdavi, M., (2009), Hazard Assessment of Ground Water Resource Degradation Using GIS in Mond Miyani Basin, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 6: 802-807.
- 22- Mitchell, T. D., (2003), Pattern scaling: An Examination of the accuracy of the technique for describing future climates. *Journal of Climatic Change*, 60: 217-242.
- 23- Mongelli, I., Tassielli, G., Notarnicola, B., (2006), Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input-output approach to the Italian case. *Journal of Energy Policy*, 34: 88-100.
- 24- Qian, W., Lin, X., (2004), Regional trends in recent temperature indices in China. *Journal of climate research*, 27: 119-134.
- 25- Rowshan, G. R., Mohammadi, H., Nasrabadi, T., Hoveidi, H., Baghvand, A., (2007), The Role of Climate Study in Analyzing Flood Forming Potential of Water Basins. *International Journal of Environmental Research*, 1: 231- 236.
- 26- Roshan, G. H., and Orosa, J. A., (2015), Regional climate changes and their effects on monthly energy