نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲

صفحات ۱۸۳ - ۲۰۴

بررسی روند و تحلیل فضایی تداوم دوره های گرم و سرد مبتنی بر سناریوهای SSPs در شمال غرب ایران

نبی محمدی[1]؛ دکتری آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

بهروز ساری صراف؛ استاد آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

هاشم رستم زاده؛ استادیار آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۱۰/۲۶ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۹/۲۵

چکیده

امروزه به دلیل گرمایش جهانی، خشکسالی و رخداد دوره های سرد و تنش های گرمایی، بررسی فرین های اقلیمی دارای اهمیت زیادی است. لذا در این پژوهش به پیش‌نگری بلند مدت تغییرات فرین های دمایی در شمال غرب ایران در دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۸۵) و سه دوره آینده نزدیک(۲۰۵۰-۲۰۲۱)، آینده متوسط(۲۰۸۰-۲۰۵۱) و آینده دور(۲۱۰۰-۲۰۸۱) پرداخته شد. بدین منظور از ۲ شاخص حدی دمایی شامل تداوم دوره گرم (WSDI) و تداوم دوره سرد (CSDI) و آزمون روند من کندال (Maan-Kendall) جهت بررسی تغییرات استفاده شد. برای پیش‌نگری تغییرات نمایه ها در دوره آینده نیز پس از ارزیابی ۷ مدل گردش کلی (GCMs) از سری مدل‌های گزارش ششم (CMIP۶) از دو مدل بهینه تحت سه سناریوی خط سیر مشترک اجتماعی- اقتصادی شامل SSP۳-۷،۰، SSP۱-۲،۶ و SSP۵-۸،۵ بهره گرفته شد. توزیع فضایی روند تغییرات تداوم دوره گرم در دوره پایه نشان داد که هسته بیشینه آن در جنوب و جنوبغربی منطقه قرار دارد و با حرکت به سمت شمال و شمال شرقی از میزان آن کاسته می شود. تغییرات مکانی نمایه تداوم دوره سرد با هسته های بیشینه آن در نواحی غربی و اطراف دریاچه ارومیه و هسته های کمینه در نواحی مرکزی و شمالی منطقه مشخص می شود. بر اساس نتایج، میانگین تداوم دوره گرم و تداوم دوره سرد در دوره پایه به ترتیب برابر با ۵/۵۳ و ۳/۸۰ روز در سال است که حداکثر و حداقل تداوم دوره گرم با ۸/۱ و ۲/۷ روز به ترتیب مربوط به ایستگاههای پیرانشهر و پارس آباد و حداکثر و حداقل تداوم دوره سرد نیز با ۵/۷ و ۱/۳۲ روز مربوط به ایستگاههای زرینه و مریوان است. بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که در بیشتر ایستگاهها نمایه WSDI دارای روند افزایشی است که این روند در برخی ایستگاهها معنی دار شده است ولی نمایه CSDI دارای روند کاهشی و درهیچ کدام از ایستگاهها معنی دار نشده است. ارزیابی مدل‌های مختلف با شاخص‌های خطاسنجی مختلف نیز نشان داد که مدل‌های MRI-ESM۲-۰ وMPI-ESM۱-۲-L بهترین عملکرد را در شبیه‌سازی فرین های دمایی در منطقه مورد مطالعه دارند. توزیع روند تغییرات در دوره آینده نیز نشان داد که نمایه WSDI در بیشتر ایستگاهها و بر اساس هر سه سناریو به ویژه سناریوی SSP۵-۸،۵ دارای روند افزایشی خواهد بود ولی روند CSDI در بیشتر ایستگاهها کاهشی و براساس سناریوهای SSP۳-۷،۰ و SSP۵-۸،۵ معنی دار خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فضایی، تداوم دوره گرم، تداوم دوره سرد، شمال غرب ایران، SSPs

[1] نویسنده مسئول: Email:n.mohamadi۱۹۷٤@gmail.com

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

مقدمه

مسئله تغییر اقلیم امروزه به‌عنوان یکی از شایع‌ترین مباحث علمی و حتی سیاسی-اجتماعی مطرح است. گرم شدن کره زمین در چند دهه اخیر نه تنها از نظر میانگین آب و هوایی بلکه با توجه به رویدادهای فرین در مناطق مختلف جهان به شدت بر اقلیم تأثیر گذاشته است(shiu et al ,۲۰۱۲). گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم منجر به افزایش احتمال رویدادهای فرین و تغییرات در فراوانی، شدت، وسعت مکانی، مدت و زمان آنها می‌شود و می‌تواند منجر به حدی های بی‌سابقه شود (Nikools et al , ۲۰۱۲). یکی از نمودهای گرمایش جهانی و تغییر اقلیم افزایش فراوانی و شدت دوره‌های همراه با دماهای بالا و پایین است و برخی مطالعات نشان داده‌اند که تأثیرات فرین‌های اقلیمی آشکارتر و مستقیم‌تر از میانگین‌های آب و هوایی است(IPCC,۲۰۱۳[۲]). تغییرات اقلیمی به‌طور فزاینده بر رویدادهای فرین آب و هوایی در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد و این رویدادهای حدی باعث وقوع امواج گرما، سرما، خشکسالی، سیل و طوفان می‌شود (Wang et al,۲۰۲۱). در دهه های اخیر، فراوانی و شدت رویدادهای فرین آب و هوایی (به عنوان مثال، بارندگی شدید، خشکسالی، سیل و غیره) ناشی از گرمایش جهانی به طور قابل توجهی افزایش یافته است و اثرات شدیدی بر توسعه جامعه و همچنین اکوسیستم ها داشته است. از این رو، کاوش رویدادهای فرین آب و هوایی و تغییرات آن برای کاهش تغییرات اقلیمی و تصمیم‌گیری از اهمیت بالایی برخوردار است (Lin and Chen,۲۰۲۰). امروزه در بیشتر مطالعات اقلیمی بر پیش‌بینی و تغییرات آب و هوایی در آینده تأکید شده است.

پژوهش های انجام شده در مورد رخداد های فرین دما در خارج از کشور با محوریت قرار دادن جنبه های متنوعی از این رویداد مورد توجه بوده است. در این راستا چن و همکاران(Chen et al,۲۰۱۹) تغییرات اقلیمی فرین های دمایی را در حوضه رودخانه مینجیانگ[۳] با استفاده از ۲۶ فرین دمایی و با کمک تحلیل روند خطی و آزمون من-کندال در یک دوره ۵۵ ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمایه های فرین گرم، افزایشی و نمایه های فرین سرد کاهشی هستند. آیوگی و همکاران (Ayugi et al,۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی فرین‌های اقلیمی در شرق قاره آفریقا را در دوره پایه (۱۹۹۵-۲۰۱۴) تغییرات آینده آن تا پایان قرن بیست و یکم(۲۱۰۰-۲۰۸۱) بر اساس مدل‌های جفت شده پروژه میان مقایسه ای گزارش ششم (CMIP۶[۴]) تحت دو سناریو پرداختند. نتایج نشان داد که نمایه روزهای خشک متوالی (CDD) در دوره آینده افزایش و نمایه روزهای مرطوب متوالی (CWD) کاهش می یابد. اوزترک و همکاران (Ozturk et al,۲۰۲۱) به پیش بینی نمایه های فرین با استفاده از سناریوهای RCP۴,۵ وRCP۸,۵ در حوزه منا تا پایان قرن بیست و یکم پرداخت. نتایج حاکی از افزایش شدت فرین های گرم مانند تداوم دوره گرم (WSDI) و شب های گرم (TN۹۰p) و کاهش یا عدم تغییر فرین های سرد مانند تداوم دوره سرد (CSDI) و شب های سرد (TN۱۰p) در دوره های آینده بود. چنگ و همکاران (Cheng et al, ۲۰۲۱) مدل‌های گزارش پنجم و ششم را در شبیه‌سازی فرین‌های آب و هوایی با هم مقایسه کردند. نتایج تحقیق نشان داد، مدلهای فردی گزارش ششم (CMIP۶) توانایی بهتری نسب به مدلهای گزارش پنجم (CMIP۵) برای شبیه سازی فرین های اقلیمی دارند. شیراو و همکاران (Shiru and Chung, ۲۰۲۱) به ارزیابی مدلهای

۱- Intergovernmental Panel on Climate Change
۳ -Minjiang
٤ - Coupled Model Intercomparison Project ٦

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

CMIP۶ برای انتخاب مدل بهینه جهت پیش نگری فرین آب و هوا از ۱۳ مدل پرکاربرد گزارش ششم استفاده نمودند. نتایج حاکی از برتری مدلهای IPSL-CM۶A-LR، NESM۳ و CMCC-CM۲-SR۵ برای شبیه سازی بارش و مدلهای BCC-CSM۲-MR، MRI-ESM۲-۰ و INM.CM۴-۸ برای دمای بیشینه بود. یوو و همکاران (Wu et al,۲۰۲۱) در پژوهشی با بکار گیری ۲۰ مدل از مدلهای گزارش ششم (CMIP۶) به بررسی روند و عدم قطعیت مجموعه داده های دما در چین پرداختند. برای این تحقیق تغییرات میانگین دمای سطحی را طی دوره (۲۱۰۰-۲۰۱۴) و با کمک سناریوهای خط سیر مسیرهای اجتماعی- اقتصادی مشترک (SSPs[۵]) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده روند افزایش دما در هر سه سناریو بود و بیشترین روند افزایش نیز مربوطه به سناریوی SSP۵-۸,۵ در دوره آینده دور بود. نیشانت و همکاران (Nishant et al, ۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی بارش و دماهای فرین در استرالیا با استفاده از ۳۷ مدل گزارش ششم (CMIP۶) پرداختند. نتایج نشان داد مدلها برای شبیه سازی داده های فرین دما عملکرد بهتری نسبت به فرین های بارشی دارد. داس و همکاران (Das et al,۲۰۲۲) به ارزیابی فرین های اقلیمی با کمک مدل های گزارش ششم تحت دو سناریوی SSP۲-۵,۴ و SSP۵-۸,۵ در دوره های زمانی آینده در خلیج بنگال پرداختند. نتایج نشان داد که نرخ افزایش فرین های گرم در مناطق ساحلی و داخلی کشور مشابه است ولی افزایش فرین های دمایی سرد در نواحی داخلی کمی بیشتر است ، همچنین روند افزایش فرین های اقلیمی در دوره های آینده دور بیشتر از آینده نزدیک است. باباوسمایل و همکاران (Babaousmail et al,۲۰۲۲) به پیش نگری فرین های دمایی در حوزه مدیترانه و صحرای آفریقا به کمک مدلهای CMIP۶ پرداختند. نتایج نشان دهنده کاهش روزهای سرد (TX۱۰p) و شب های سرد (TN۱۰p) و افزایش قابل توجه شاخص های تداوم دوره گرم (WSDI) و روزهای تابستان (SU) بود. وو و همکاران (Wu et al,۲۰۲۲) در پژوهشی با هدف تجزیه و تحلیل ویژگی های زمانی و مکانی فرین های آب و هوایی با استفاده از سناریوهای خط سیر اجتماعی-اقتصادی مشترک(SSPs) در جهان پرداختند. نتایج تحقیق نشان دهنده افزایش قابل‌توجه در فراوانی فرین های گرم و کاهش در فرینهای سرد بر اساس سناریوی SSP۵-۸,۵ بود. علیجانی و همکاران(۱۳۹۱) در پژوهشی ۱۸ شاخص فرین دمایی و تغییرپذیری آن‌ها را در ایران در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۶ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که شاخص های میانگین حداقل دما و حداکثر دما، شب های گرم ، شب های گرمسیری و تداوم دوره های گرم در ایران دارای روند افزایی می باشد و شاخص دمای روزانه و تداوم دوره سرد دارای روند کاهشی است. عسکری زاده (۱۳۹۵) تغییرات زمانی و مکانی نمایه های حدی دما و بارش را در استان خراسان رضوی بر اساس داده‌های گزارش چهارم (CMIP۴) در دوره آماری ۱۹۶۰-۲۰۱۴ مورد ارزیابی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد که نمایه های بارش پنج روزه ، بارش‌های صدک ۹۵ و ۹۹، دمای حداقل و حداکثر روزانه در دوره مورد مطالعه در منطقه افزایش می یابد. لطفی سیرائی (۱۳۹۸) رویدادهای فرین اقلیمی در استان-های تهران و البرز در طول دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۵) مورد بررسی قرار دادند. . نتایج تحقیق حاکی از افزایش دما و تغییرات معنی داری در تمام نمایه های فرین دمایی در منطقه مورد مطالعه بود. تاجیک و سبزواری (۱۳۹۹) به بررسی رخدادهای فرین های دمایی و شناسایی تغییرات مکانی و زمانی آنها در ایران پرداختند. نتایج نشان داد که موقعیت جغرافیایی و شرایط محیطی و توپوگرافی در توزیع آنها موثر است و در فرین های گرم تداوم زمانی بیشتری دارند. زرین و

۵- Shared Socioeconomic Pathways

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

داداشی رودباری (۱۳۹۹)به پیش نگری دمای ایران را در بلند مدت با استفاده از مدل‌های جفت شده پروژه مقایسه متقابل مرحله ششم (CMIP۶) تحت دو سناریوی SSP۲-۴,۵ وSSP۵-۸,۵ پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل MRI-ESM۲-۰ دارای بهترین عملکرد برای پیش نگری دما است. همچنین متوسط دما در تمامی ماهها و سناریوها افزایشی و در سطح ۱٪ معنی دار است. ذرین و داداشی رودباری (۱۴۰۰) به پیش نگری دمای ایران در آینده نزدیک (۲۰۴۰-۲۰۲۱) بر اساس رویکرد همادی چند مدلی پرداختند. نتایج نشان داد که بر اساس سناریوی SSP۳-۷,۰ و SSP۵-۸,۵ میانگین دمای سالانه کشور در دوره آینده به ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۲۶ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت.

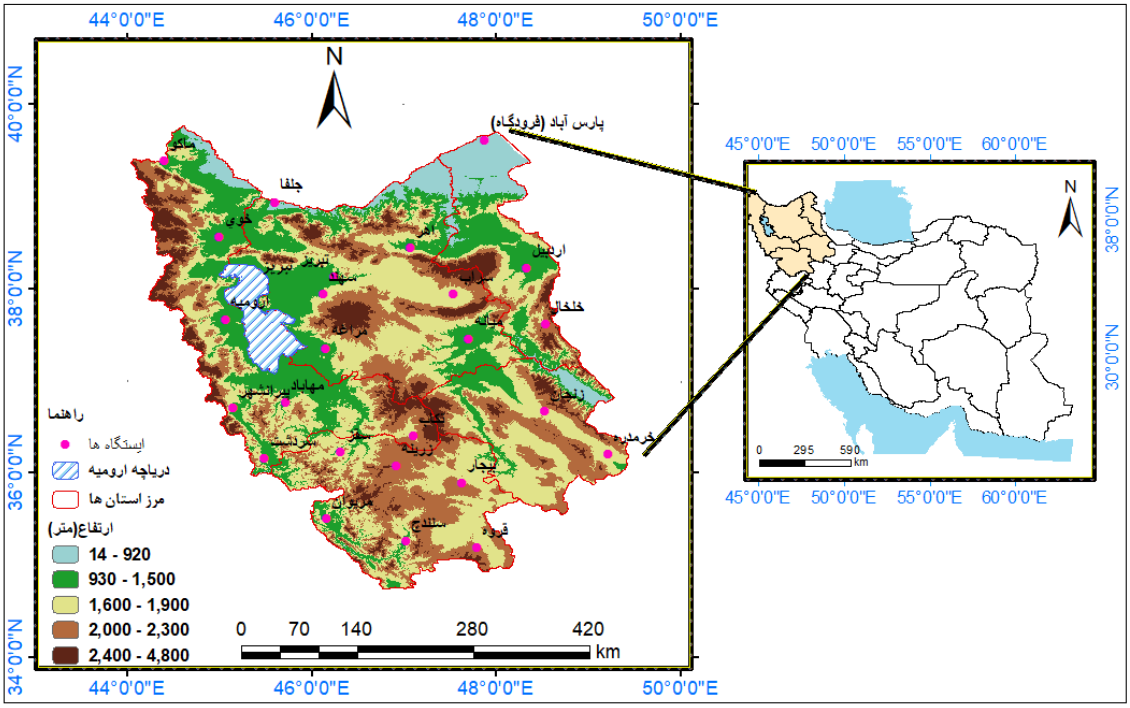
همانطور که در بررسی پیشینه تحقیق مشخص شد، مطالعات صورت گرفته در زمینه فرین های اقلیمی در ایران و در منطقه شمال غرب ایران اندک و موارد انجام شده نیز بیشتر با کمک داده های مشاهداتی و حداکثر در بازه زمانی ۳۰ ساله صورت گرفته و در برخی تحقیقات اندک از برونداد مدل های گزارش سوم (CMIP۳) و گزارش پنجم (CMIP۵) استفاده گردیده است. تنها مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از داده های مدلهای گزارش ششم (CMIP۶) به تحقیقات ذرین و همکاران (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) می توان اشاره نمود که این پژوهش ها نیز کمتر بررسی جامعی از پیش نگری فرین های دمایی را ارائه نموده اند، بنابراین با توجه ویژگی های اقلیمی و جغرافیایی منطقه شمال غرب ایران و مستعد بودن آن جهت رخداد فرین های دمایی به ویژه تداوم دوره های گرم و سرد در این پژوهش سعی شده است که بررسی نسبتا کاملی از این فرین های دمایی در دوره پایه و دوره های آینده بعمل آید و با توجه به ناهنجاری ها و تهدیدهای حاصل از شدت رخداد فرین های اقلیمی و به ویژه تداوم دوره های گرم و سرد در منطقه شمال غرب، هدف از این پژوهش، ارزیابی روند و پیش نگری تغییرات نمایه های فرین تداوم دوره گرم (WSDI) و تداوم دوره سرد (CSDI) با استفاده از خروجی مدل های CMIP۶ تحت سناریوهای خط سیر اجتماعی-اقتصادی مشترک در شمال غرب ایران در دوره آینده (۲۱۰۰-۲۰۲۱) است. نتایج این پژوهش می تواند در اجرای راه کارهای علمی موثر جهت مقابله با حوادث ناشی از فرین های دمایی در بخش‌هایی مانند وزارت نیرو، کشاورزی، هواشناسی، مدیریت بحران و ... مورد استفاده قرار گیرد.

داده‌ها و روش کار

الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

مساحت این منطقه حدود ۱۵۳۷۱۰ کیلومتر مربع می باشد که در این پژوهش، شمال غرب ایران است که از عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵ دقیقه الی ۴۹ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی از نظر تقسیمات اداری شامل استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، زنجان و کردستان می باشد. جهت بررسی از داده های بارش، دمای بیشنه و دمای کمینه ۲۵ ایستگاه همدیدی بصورت روزانه، با توزیع مناسب و دارای دوره آماری بلندمدت (۲۰۱۴-۱۹۸۵)، حداقل سی‌ساله در سطح منطقه مورد مطالعه استفاده گردید که موقعیت جغرافیایی آن ها در شکل (۳-۱) آورده شده است.

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

- **پروژه مقایسه مدل‌های گزارش ششم (CMIP٦) و سناریوها (SSPs)**

پروژه مدلهای جفت شده میان مقایسه ای (CMIP) توسط کارگروه مدلهای جفت شده (WGCM)[٦] از برنامه جهانی تحقیقات آب و هوا (WCRP)[٧] اداره می شود. این پروژه در سال ۱۹۹۵ شروع شد و اکنون وارد فاز ششم خود شده است. هدف مهم CMIP این است که خروجی چند مدل را در قالبی استاندارد در دسترس عموم قرار دهد (Eyring et al,۲۰۱۸; Swart et al, ۲۰۱۹). مدل‌های CMIP٦ نسبت به نسخه قبلی آن CMIP٥ بهبود زیادی یافته است. در این پژوهش جهت بررسی تغییرات فرین های دمایی در دوره های آینده مورد بررسی (۲۱۰۰-۲۰۲۱)، ابتدا ۷ مدل گردش کلی (GCM) از مدل های گزارش ششم (CMIP٦) که دارای داده‌های با وضوح بالا بودند انتخاب شدند. دلیل انتخاب مدل‌های مذکور از مجموعه مدل‌های CMIP٦ اعتبار، دقت و در دسترس بودن سناریوهای مورد نیاز جهت مطالعه است. مشخصات مدل‌های مورد بررسی در جدول (۱) آورده شده است. همچنین در این پژوهش از سه سناریوی اجتماعی-اقتصادی یعنی SSP۱،۲-۶، SSP۳،۷-۰ و SSP٥،۸-٥ استفاده شد که مشخصات آنها در جدول ۲ آورده شده است (زهرائی و حسینی، ۱۳۹۹، Riahi et al,۲۰۱۷).

٦- Working Group on Coupled Modelling
٧- World Climate Research Programme

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

جدول ۱- مشخصات مدل های CMIP۶ مورد بررسی در این پژوهش

ردیف	مدل	موسسه/ کشور	قدرت تفکیک
۱	MRI-ESM۲-۰	موسسه تحقیقات جوی، ژاپن	۱/۱×۱
۲	MPI-ESM۱-۲-LR	موسسه ماکس پلانک، آلمان	۰/۹×۰/۹
۳	GFDL-ESM٤	آزمایشگاه ژئوفیزیک و دینامیک سیالات، ایالات متحده	۱/۲۵×۱
۴	MIROC٦	موسسه تحقیقات جو و اقیانوس‌شناسی و موسسه ملی مطالعات محیطی، ژاپن	۱/۴×۱/۴
۵	MIROC-ES۲L		۲/۸×۲/۸
۶	FGOALS-g۳	موسسه فیزیک جو، چین	۱×۱
۷	CanESM٥	مرکز تحلیل و مدل‌سازی اقلیمی، کانادا	۱/۱×۱/۱

منبع: ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)

جدول ۲- سناریوهای اجتماعی -اقتصادی مورد استفاده در این پژوهش

سناریو	روایت	چالش ها
SSP۱-۲,٦	پایداری - در پیش گرفتن خط سیر سبز (چالش های کم برای کاهش و سازگاری)	کم برای کاهش انطباق
SSP۳-۷,۰	رقابت منطقه‌ای - جاده‌ای صخره‌ای (چالش‌های بالا برای کاهش و انطباق)	بالا برای کاهش و انطباق
SSP٥-۸,٥	توسعه با سوخت فسیلی - در پیش گرفتن بزرگراه (چالش های بالا برای کاهش، چالش های کم برای سازگاری)	بالا برای کاهش، کم برای سازگاری

منبع: اونیل و همکاران(۲۰۱۴)

- **مقیاس کاهی و صحت‌سنجی**

در مدلهای گردش کلی جو بدلیل (GCMs) بدلیل بزرگ مقیاس بودن و داشتن اریبی نسبت به داده های مشاهداتی ضروری است که ابتدا بر روی این داده ها مقیاس کاهی صورت بگیرد. در این پژوهش از روش مقیاس کاهی خطی استفاده گردید. مقیاس کاهی بر اساس میانگین تفاوت بین سری های زمانی مشاهده شده ماهانه و سری های زمانی دوره تاریخی GCM/RCM در همان دوره از سری زمانی مشاهده شده است. سپس این تفاوت ها برای داده های آب و هوایی شبیه سازی شده برای دریافت متغیر های آب و هوایی با اریبی اصلاح شده اعمال می شوند (Shrestha et al,۲۰۱٥). رویکرد مقیاس بندی خطی[۸] (LSBC) با مقادیر اصلاح شده ماهانه بر اساس تفاوت بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده عمل می کند. داده های دما با ضریبی بر اساس نسبت میانگین بلند مدت ماهانه داده های مشاهداتی و داده های کنترل اصلاح می شود. در این حالت شرط بر این است که ضرایب تصحیح اعمال شده و افزوده ها حتی برای شرایط آتی نیز بدون تغییر باقی می مانند(Teutschbein and Seibert ,۲۰۱۲).

۸ - Linear Scaling Bias Correction

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

$$P^{cor}_{hst,m,d} = P_{hst,m,d} \times \left[\frac{\mu_{(P_{obs,m})}}{\mu_{(P_{hst,m})}}\right] \quad (۱)$$

$$T^{cor}_{hst,m,d} = T_{hst,m,d} + [\mu_{(T_{obs,m})} - \mu_{(T_{obs,m})}] \quad (۲)$$

در روابط بالا P بارش ، T دما ، d روز و m ماه است. cor بارش یا دمای اصلاح شده است و hst و obs به ترتیب نشان دهنده دما یا بارش دوره تاریخی(مدل) و دوره مشاهداتی می باشد و μ میانگین بلند مدت است (luo et. al, ۲۰۱۸). با اعمال روش مقیاس کاهی بر روی داده های شبیه سازی شده عملکرد مدل در شبیه سازی بلند مدت متغیرهای دما و بارش به مقدار زیادی افزایش می یابد.

پس از استخراج خروجی مدل‌ها برای صحت سنجی آن‌ها از سنجه‌های متداول آماری استفاده شد، این سنجه ها عبارتند از: ضریب تعیین (Rsqrt) که معیاری بدون بعد است و بهترین مقدار آن برابر یک می‌باشد (صداقت‌کردار و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۷) و از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) که بر اساس رابطه (۴) محاسبه می‌شود به عنوان قیاسی برای نشان دادن اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر اندازه‌گیری به کار می‌رود و به عنوان مرسوم‌ترین شاخص خطا به کار می‌رود (Lin et al,۲۰۰۶). میانگین مطلق خطا (MAE) برای مقایسه عبارت به عبارت خطای نسبی مقادیر شبیه‌سازی شده با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده به کار می‌رود (Hu et al,۲۰۰۱). رابطه (۵) نحوه محاسبه آن را نشان می‌دهد.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_o X_s}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} X_o^{\,2} \sum X_s^{\,2}}} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (X_o - X_s)^2}{N}} \quad (۴)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N} |X_o - X_s|}{N} \quad (۵)$$

در روابط فوق X_o داده‌های مشاهداتی، X_s داده‌های شبیه‌سازی شده، $\bar{X}_o$ میانگین داده‌های مشاهداتی، N تعداد داده‌ها می‌باشد.

- **نمایه های مورد بررسی**

در این مرحله اول فرایند بررسی کنترل کیفی داده ها صورت گرفت و بعد از آنکه سری زمانی بارش، دمای کمینه و بیشینه، برای دوره‌ی مشاهداتی و دوره آینده استخراج گردید و در مرحله بعد اقدام به شاخص سازی فرین‌های دمایی در دوره مشاهداتی و آینده گردید. این شاخص‌ها از داده‌های روزانه دما و بارش به دست می‌آیند که محاسبه و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها از

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

طریق متمرکز شدن بر مقادیر آستانه‌ای است؛ قرار دادن فرمول مناسب برای هریک از شاخص‌ها و تحلیل آن‌ها در کشورها و مناطق مختلف متناسب با شرایط آن‌ها متفاوت است و هر محقق با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه و هدف مورد مطالعه، یک دسته از این شاخص‌ها را مورد مطالعه قرار می‌دهد(عیسی پور،۱۳۹۲) چرا که آستانه دماهای بحرانی از جایی به جای دیگر فرق می‌کند (علیجانی،۱۳۹۰). در پژوهش پیش رو جهت محاسبه و تجزیه وتحلیل شاخص‌ها از نمایه‌های فرین مبتنی بر آستانه‌ها که توسط تیم کارشناسی تحقیقاتی و پایش تغییر اقلیم (ETCCDMI[۹]) معرفی‌شده‌اند استفاده گردید (جدول ۳).

جدول ۳- شاخص های فرین دمایی مورد بررسی در این پژوهش

شاخص	نام تشریحی	تعریف	واحد
WSDI	(TX>TX۹۰p, Warm Spell Duration Index) تداوم دوره گرم	تعداد روزها در سال وقتی که حداقل شش روز متوالی دمای بیشینه بیشتر از صدک ۹۰ ام باشد	روز
CSDI	(TN>TN۱۰p, Cold Spell Duration Index) تداوم دوره سرد	تعداد روزها در سال وقتی که حداقل شش روز متوالی دمای کمینه کمتر از صدک ۱۰ ام باشد	روز

شرح و تفسیر نتایج

- **مدل بهینه**

برای درستی سنجی مدل های منتخب CMIP۶ در این پژوهش از سنجه های آماری مختلفی بهره گرفته شد و اقدام به انتخاب مدلهای بهینه جهت پیش نگری تغییرات فرین های دمایی در دوره های آینده گردید. برای برآورد فرین های آب و هوایی نیاز به برآورد بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه داریم در نتیجه پس از برآورد این متغیرهای اقلیمی نتایج سنجه های خطاسنجی بر روی آنها برای انتخاب مدل های بهینه مورد بررسی قرار گرفت. مدل MPI-ESM۱-۲-LR در بیشتر پهنه مورد مطالعه از دقت بالاتری جهت شبیه‌سازی بارش و دمای بیشینه برخوردار است. میزان متوسط R^2 و RMSE این مدل با داده‌های دمای بیشینه مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۰/۹۸ و با ۳/۱۶ است. متوسط MAE نیز برابر با ۲/۷۹ می باشد. پس از مدل MPI-ESM۱-۲-LR دو مدل MIROC-ES۲L و MIROC۶ هر دو از بهترین مدل‌های CMIP۶ برای پیش‌نگری دمای بیشینه در منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین مدل‌های MIROC-ES۲L و FGOALS-g۳ در حد متوسط هستند. بر اساس مقادیر RMSE و MAE، مدل MRI-ESM۲-۰ در بیشتر پهنه مورد مطالعه از دقت بالاتری جهت شبیه‌سازی دمای کمینه برخوردار است. بطوریکه میزان متوسط RMSE و MAE این مدل با داده‌های دمای مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۲/۷۶ و ۲/۵۲ می باشد. مقدار R^2 نیز ۰/۹۹ است. پس از مدل MRI-ESM۲-۰، مدل MPI-ESM۱-۲-LR در رتبه دوم برای شبیه سازی دمای کمینه در منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در مجموع مدلهای MRI-ESM۲-۰ وMPI-ESM۱-۲-L در این پژوهش برای شاخص سازی فرین های

۱- Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

دمایی انتخاب شدند. برای مقایسه بهتر نتایج رتبه‌بندی عملکرد مدل‌های مورد بررسی در شبیه‌سازی دمای بیشینه و کمینه شمال غرب ایران در جدول های ۴ و ۵ آورده شده است.

جدول ۴- رتبه بندی مدل های CMIP۶ جهت شبیه سازی دمای بیشینه بر اساس متوسط سنجه‌های خطاسنجی

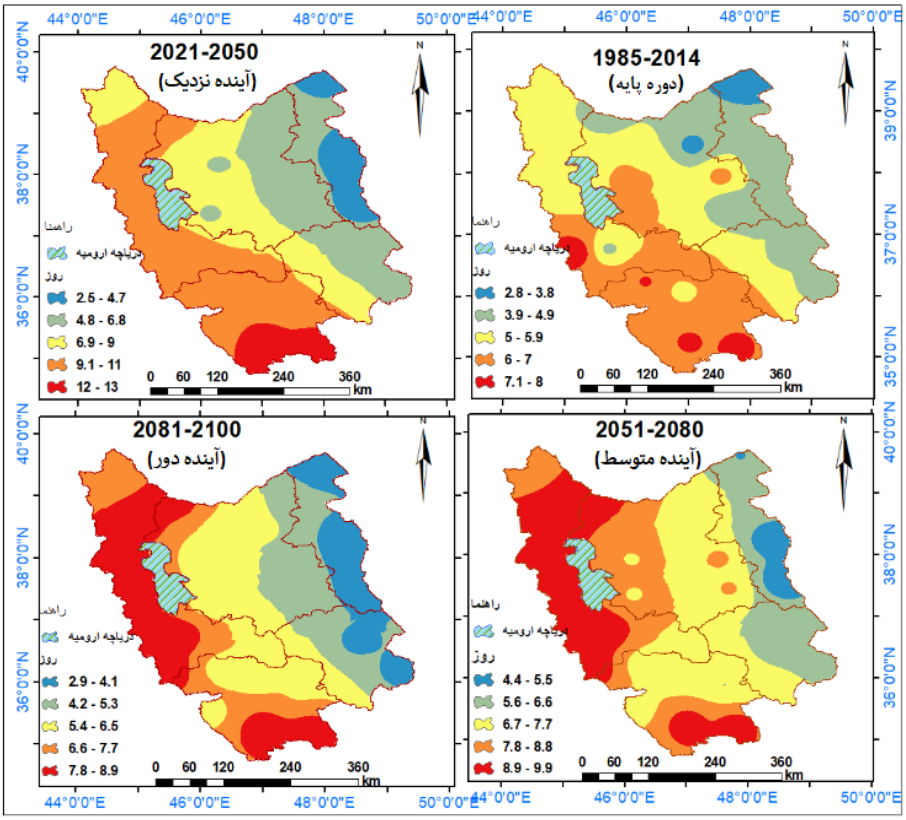
ردیف	مدل	ضریب تعیین	مجذور میانگین مربعات خطا	میانگین مطلق خطا
۱	MPI-ESM۱-۲-LR	۰/۹۸	۳/۱۶	۲/۷۹
۲	MIROC-ES۲L	۰/۹۸	۶/۲۳	۵/۸۹
۳	MIROC۶	۰/۹۸	۹/۶۴	۸/۰۶
۴	MRI-ESM۲-۰	۰/۹۸	۴/۸۹	۴/۵۰
۵	FGOALS-g۳	۰/۷۷	۸/۰۸	۶/۷۰
۶	GFDL-ESM۴	۰/۸۲	۷/۴۴	۵/۸۵
۷	CanESM۵	۰/۸۱	۷/۸۲	۶/۶۷

جدول ۵- رتبه بندی مدل های CMIP۶ جهت شبیه سازی دما ی کمینه بر اساس متوسط سنجه‌های خطاسنجی

ردیف	مدل	ضریب تعیین	مجذور میانگین مربعات خطا	میانگین مطلق خطا
۱	MRI-ESM۲-۰	۰/۹۹	۲/۷۶	۲/۵۲
۲	MPI-ESM۱-۲-LR	۰/۹۹	۳/۲۳	۲/۹۶
۳	GFDL-ESM۴	۰/۸۳	۵/۶۲	۴/۷۱
۴	FGOALS-g۳	۰/۷۷	۵/۹۳	۵/۱۷
۵	CanESM۵	۰/۸۵	۶/۲۴	۵/۲۱
۶	MIROC۶	۰/۹۹	۶/۴۱	۶/۰۴
۷	MIROC-ES۲L	۰/۹۹	۶/۶۴	۶/۴۶

بررسی توزیع فضایی نمایه WSDI در دوره پایه نشان داد که میانگین آن در منطقه مورد مطالعه ۵/۵ روز می باشد. با توجه به سناریوی SSP۱-۲,۶ بیشترین تغییرات در دوره آینده نزدیک(۲۰۵۰-۲۰۲۱) اتفاق افتاده است. هسته بیشینه ۱۲ تا ۱۳ روز در این دوره در جنوب منطقه متمرکز شده است. در واقع نقش عرض جغرافیایی را در توزیع مکانی این نمایه نشان می دهد. ایستگاههای سنندج و سردشت به ترتیب با ۱۳/۳ و ۱۱ روز دارای بیشترین رزوهای همراه با WSDI هستند. کمینه نمایه نیز در عرضهای بالاتر و مناطق شمالی منطقه یعنی در ایستگاههای اردبیل و خلخال با ۲/۵ روز قرار دارد. افزایش آن در این دوره نسبت به دوره پایه ۲/۶ روز می باشد و در دوره های بعدی نیز به ترتیب ۲/۲ و ۰/۶ روز افزایش خواهد یافت. در دو دوره آینده متوسط و دور، با حرکت از شرق به غرب منطقه بر تعداد روزهای همراه با WSDI افزوده خواهد شد(شکل۲).

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]



شکل ۲- توزیع فضایی شاخص WSDI با استفاده از سناریوی SSP۱-۲,۶ در منطقه مورد بررسی

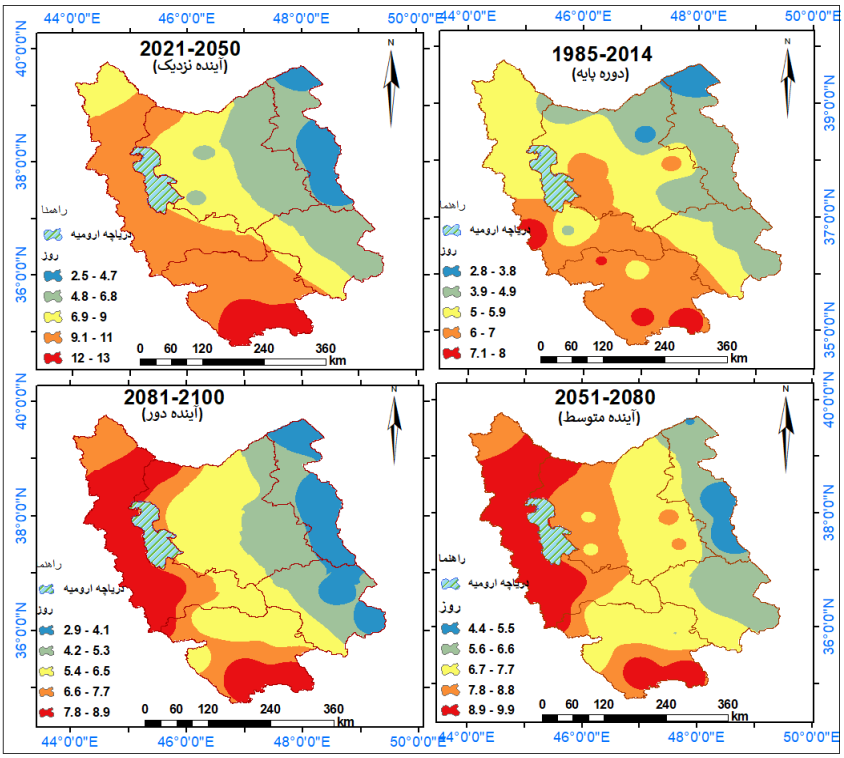
توزیع فضایی WSDI بر مبنای سناریوی SSP۳-۷,۰ نشان داد که در دوره های (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) به ترتیب ۱/۰۶، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ روز نسبت به دوره پایه افزوده خواهد شد. هسته حداقلی WSDI مربوط به دوره انتهای قرن بیست و یکم یعنی ۲۱۰۰-۲۰۸۱ می باشد که در شرق منطقه مورد مطالعه واقع شده است. هسته بیشینه نیز در دوره آینده نزدیک ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و با میانگین ۹ روز در غرب و جنوب غرب منطقه واقع شده است(شکل۳). توزیع فضایی نمایه WSDI بر اساس سناریوی SSP۵-۸,۵ نیز نشان داد که بر مبنای این سناریو تغییرات بیشتری در منطقه رخ خواهد داد. میانگین این نمایه در دوره های آینده (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) به ترتیب، ۷۵/، ۳/۰۱ و ۲/۵۸ روز نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. بیشینه ۱۱-۱۲ روز در دوره (۲۰۸۱-۲۰۵۰) گستره نواحی غربی و بخش هایی از شمال منطقه را پوشش می دهد. کمترین تعداد روزهای WSDI مربوط به دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۱) می باشد که در غرب و گوشه شمال غربی منطقه یعنی دشت مغان واقع شده است(شکل۴).

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

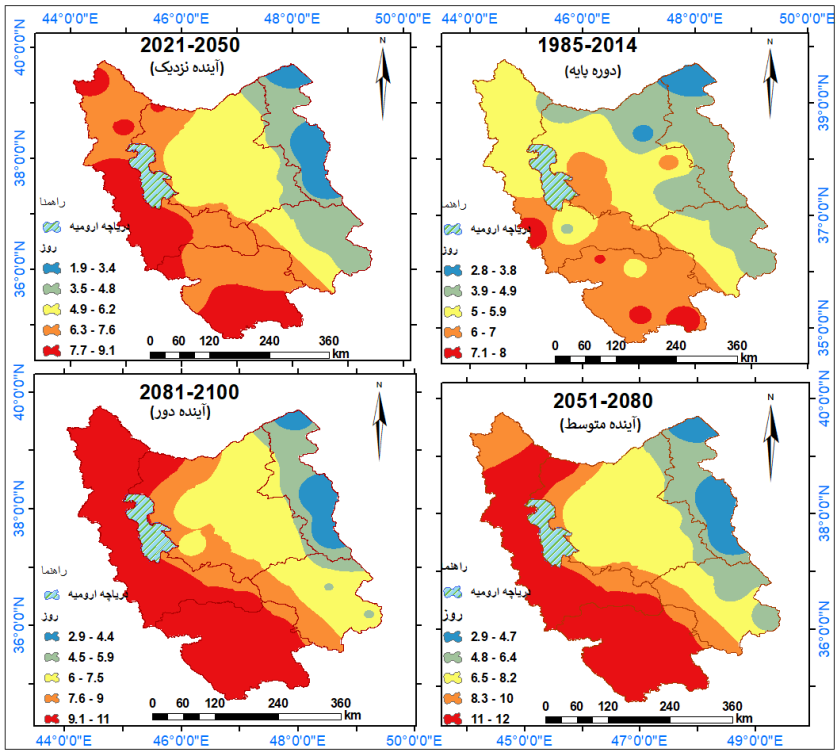
[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

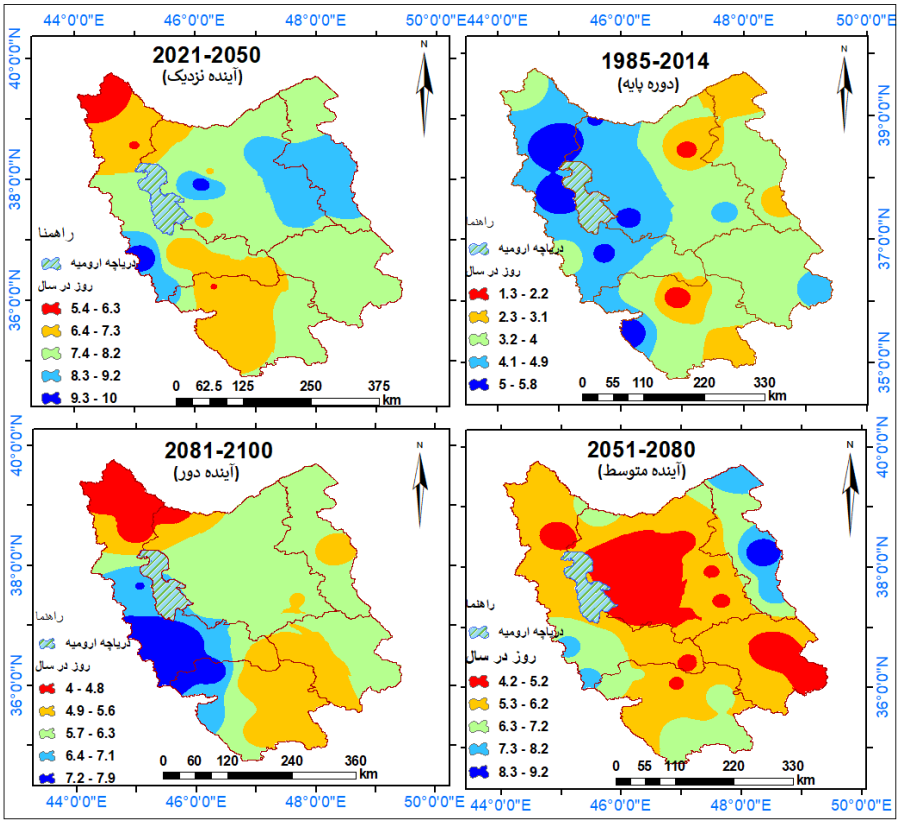


شکل۳- توزیع فضایی WSDI با استفاده از سناریوی SSP۳-۷،۰ در منطقه مورد بررسی



شکل ۴- توزیع فضایی شاخص WSDI با استفاده از سناریوی SSP۵-۸،۵ در منطقه مورد بررسی

توزیع فضایی نمایه CSDI در دوره پایه و سناریو SSP۱-۲،۶ در منطقه مورد مطالعه نشان داد که میانگین آن در دوره پایه برابر با ۳/۸۰ روز است که در دوره های آینده (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) به ترتیب ۳/۷۲، ۲/۱۹ و ۲/۱۱ روز افزایش خواهد یافت. بیشینه آن در دوره پایه در شمال و غرب دریاچه ارومیه و جنوب غرب منطقه متمرکز شده است که در دوره آینده نزدیک بیشینه ۹ تا ۱۰ روز به شرق دریاچه ارومیه و غرب منطقه مورد مطالعه منتقل شده است. در دوره آینده متوسط(۲۰۸۱-۲۰۵۰) هسته بیشینه نمایه در شرق منطقه مورد مطالعه قرار دارد. در دوره آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۸۱) بیشترین تعداد روزهای همراه با تداوم دوره سرد در غرب منطقه مورد مطالعه واقع شده است. در مجموع توزیع فضایی این نمایه برا ساس این سناریو در دوره های مختلف آن تغییرات چشمگیری را نشان می دهد(شکل۵).

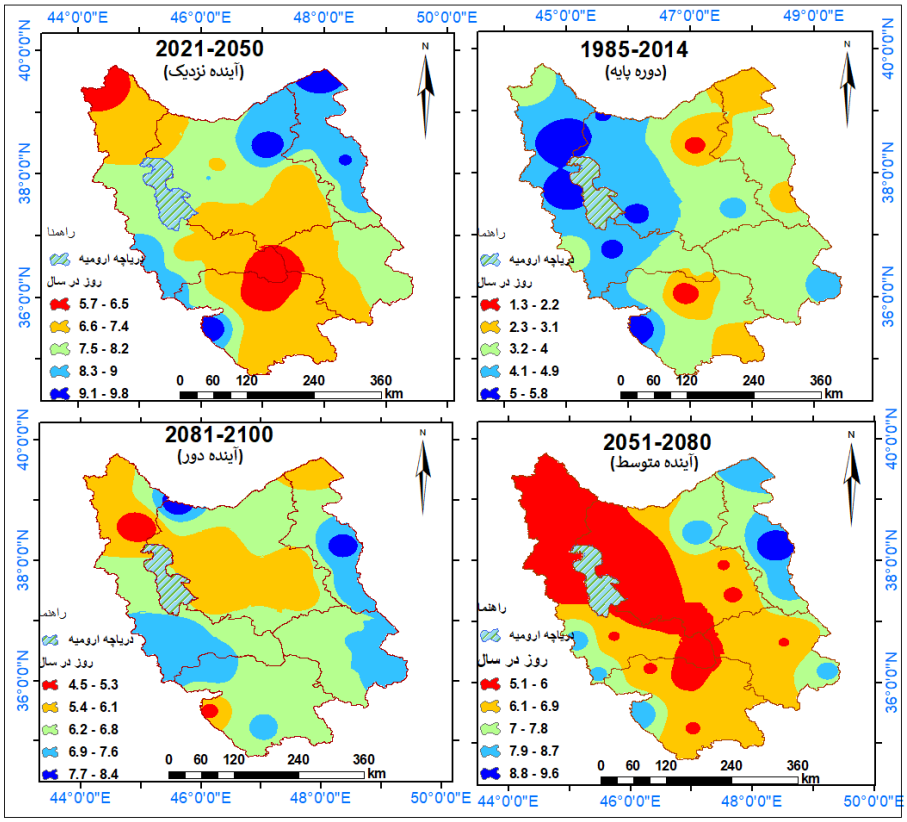


شکل ۵- توزیع فضایی نمایهCSDI با استفاده از سناریوی SSP۱-۲،۶ در منطقه مورد بررسی

بررسی نمایه CSDI بر اساس سناریو SSP۳-۷،۰ نشان داد که تعداد روزهای همراه با تداوم دوره سرد در هر سه دوره زمانی نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. این افزایش در هر سه دوره آینده (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) به ترتیب برابر با ۳/۷۴، ۲/۸۰ و ۲/۶۸ می باشد. در این سناریو بیشترین تغییرات در دوره آینده نزدیک مشاهده می شود. هسته های بیشینه ۹ تا ۹/۸ روز در نواحی شمالشرقی و جنوب غربی منطقه قرار گرفته اند. مرکز و شمال شرق منطقه نیز دارای کمترین دوره همراه با CSDI هستند. در دوره (۲۰۵۱-۲۰۸۰) هسته بیشینه به شرق منطقه منتقل شده است و نواحی شمالغرب تا مرکز منطقه دارای کمترین روزهای همراه با CSDI هستند. در دوره آینده دور(۲۱۰۰-۲۰۸۱) دو

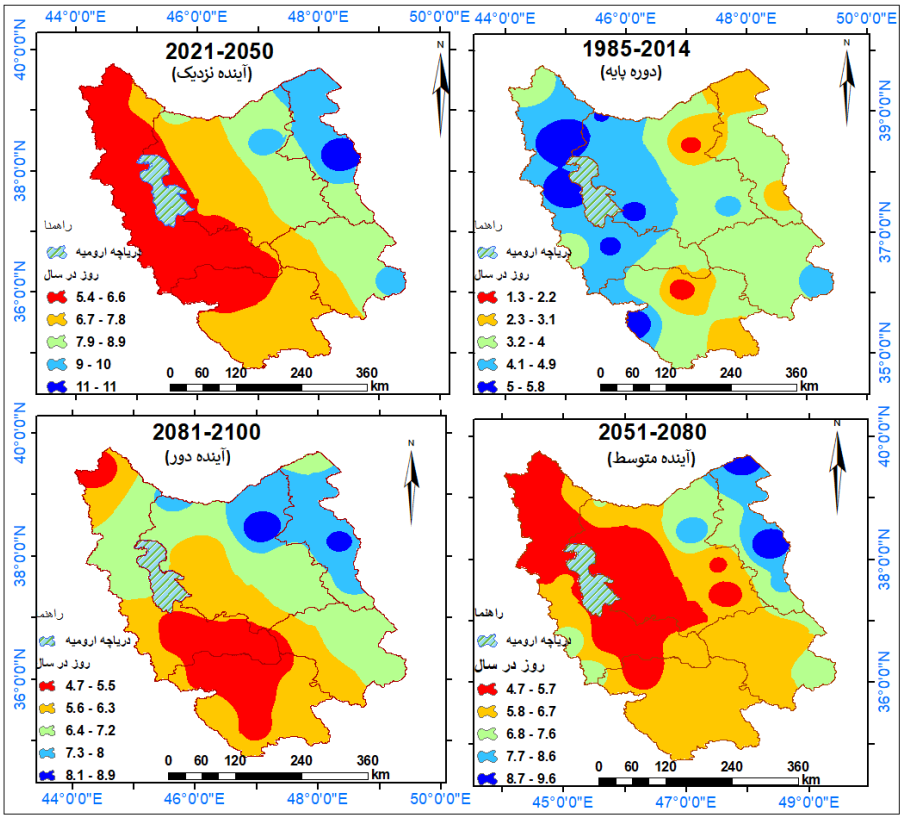
[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

هسته بیشینه در شمال و شرق منطقه و دو هسته کمینه در شمالغرب دریاچه ارومیه و غرب منطقه واقع شده است(شکل۶). توزیع فضایی نمایه CSDI تحت سناریو SSP۵-۸٫۵ نیز نشان داد که میانگین نمایه در دوره های آینده (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) نسبت به دوره پایه به ترتیب ۳/۵۵، ۲/۴۵ و ۲/۴۶ روز افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش مربوط به دوره آینده نزدیک است. در این دوره یک هسته بیشینه ۱۱ روزه در شرق منطقه متمرکز شده که با حرکت به طرف غرب از تعداد روزهای همراه با تداوم دوره سرد کاسته می شود. الگوی توزیع فضایی در دوره (۲۰۸۰-۲۰۵۱) مشابه دوره قبل است با دو هسته بیشینه در شرق و شمال سرق منطقه. در دوره (۲۱۰۰-۲۰۸۱) هسته های بیشنه همچنان در شرق و شمالشرق متمایل به مرکز منطقه واقع شده است(شکل ۷).



شکل ۶- توزیع فضایی شاخص CSDI با استفاده از سناریوی SSP۳-۷٫۰ در منطقه مورد بررسی

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]



شکل ۷- توزیع فضایی شاخص CSDI با استفاده از سناریوی $SSP_{۸.۵}$ در منطقه مورد بررسی

نتایج حاصل از آزمون آماری من-کندال و شیب سن بر روی سری زمانی داده های نمایه تداوم دوره گرم و سرد در دوره پایه(۲۰۱۴-۱۹۸۵) نشان داد که در بیشتر ایستگاهها نمایه های WSDI افزایشی و نمایه CSDI کاهشی می باشد. نمایه تداوم دوره گرم در برخی ایستگاهها معنی دار شده است. بیشترین و کمترین روند افزایشی به ترتیب با ۲/۸۲ و ۰/۷۸ مربوط به ایستگاههای مهاباد و تبریز است(جدول۶). بررسی نمایه CSDI نیز نشان داد که این نمایه در برخی ایستگاهها دارای روند کاهشی و در برخی ایستگاهها نیز روند افزایشی دارد. این رروند در هیچ کدام از ایستگاههای منطقه مورد مطالعه معنی دار نشده است. بیشترین روند کاهشی و افزایشی به ترتیب با ۱/۹۲- و ۱/۶۸ مربوط به ایستگاههای سردشت و سقز می باشد. بررسی تخمینگر شیب سن نشان داد که به جز ایستگاه های ماکو، سنندج و مهاباد در سایر ایستگاه ها، تغییرات شیب چندان محسوس نبوده است(جدول ۶).

جدول ۶- نتایج حاصل از آزمون آماری من-کندال و شیب سن در دوره پایه بر روی سریهای زمانی نمایه های WSDI و CSDI

ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI		ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI	
		من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن			من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن
۱	اردبیل	۲/۳۱*	۰/۰۰	-/۵۱	۰/۰۰	۱۴	زنجان	۲/۳۹*	۰/۰۰	-/۴۰	۰/۰۰
۲	ارومیه	۱/۲۳	۰/۰۰	/۳۴	۰/۰۰	۱۵	سراب	۱/۲۹	۰/۰۰	۱/۰۷	۰/۰۰
۳	اهر	۱/۳۶	۰/۰۰	/۵۹	۰/۰۰	۱۶	سردشت	۲/۵۲*	۰/۰۰	-۱/۹۲	۰/۰۰

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

۴	بیجار	۱/۷۳	۰/۰۰	/۹۲	۰/۰۰	۱۷	سقز	۱/۱۱	۰/۰۰	۱/۶۸	۰/۰۰
۵	پارس آباد	۱/۶۱	۰/۰۰	-/۴۵	۰/۰۰	۱۸	سنندج	۲/۳۶*	/۱۷	-/۲۴	۰/۰۰
۶	پیرانشهر	۱/۵۰	۰/۰۰	-/۷۵	۰/۰۰	۱۹	سهند	-۱/۳۶	۰/۰۰	-/۸۰	۰/۰۰
۷	تبریز	/۷۸	۰/۰۰	/۸۹	۰/۰۰	۲۰	قروه	۱/۱۱	۰/۰۰	/۴۰	۰/۰۰
۸	تکاب	۱/۶۶	۰/۰۰	۱/۴۳	۰/۰۰	۲۱	ماکو	۲/۲۶*	/۱۵	/۰۸	۰/۰۰
۹	جلفا	۱/۲۲	۰/۰۰	/۳۱	۰/۰۰	۲۲	مراغه	۲/۲۴*	۰/۰۰	-/۸۰	۰/۰۰
۱۰	خرمدره	۲/۴۵*	۰/۰۰	-/۹۸	۰/۰۰	۲۳	مریوان	۱/۴۸	۰/۰۰	-/۵۳	۰/۰۰
۱۱	خلخال	۱/۷۰	۰/۰۰	-/۶۳	۰/۰۰	۲۴	مهاباد	۲/۸۲**	/۰۹	-/۱۹	۰/۰۰
۱۲	خوی	۱/۶۲	۰/۰۰	-/۴۹	۰/۰۰	۲۵	میانه	۱/۲۴	۰/۰۰	-۱/۰۷	۰/۰۰
۱۳	زرینه	/۹۲	۰/۰۰	/۲۶	۰/۰۰						

**معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد *معنی‌داری در سطح ۵٪ درصد

روند تغییرات نمایه WSDI در منطقه بر اساس سناریوی SSP۱-۲،۶ نشان داد که این شاخص در برخی ایستگاهها دارای روند کاهشی و در برخی ایستگاهها نیز روند افزایشی دارد. این روند در هیچ کدام از ایستگاههای مورد مطالعه معنی دار نشده است. بیشترین روند کاهشی و افزایشی با آماره من-کندال ۱/۱۶- و۱/۱۱ به ترتیب مربوط به ایستگاه سنندج و قروه است(جدول۷). بررسی روند نمایه CSDI نیز بر اساس سناریوی SSP۱-۲،۶ نشان داد که روند آن در بیشتر ایستگاهها کاهشی است و در چند ایستگاه نیز مانند پارس آباد، مریوان، مهاباد و سقز دارای روند افزایشی است. این روند در هیچ کدام از ایستگاهها معنی دار نشده است. تغییرات شیب سن برای هر دو نمایه بسیار کم است(جدول۷).

جدول۷- روند تغییرات WSDI و CSDI تحت سناریوی SSP۱-۲،۶ در دوره آینده (۲۱۰۰-۲۰۲۱)

ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI		ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI	
		من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن			من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن
۱	اردبیل	۰/۴۸	۰/۰۰	-/۸۰	۰/۰۰	۱۴	زنجان	-/۰۳	۰/۰۰	-/۶۰	۰/۰۰
۲	ارومیه	۰/۲۲	۰/۰۰	-/۵۳	۰/۰۰	۱۵	سراب	۰/۲۴	۰/۰۰	-/۳۸	۰/۰۰
۳	اهر	۰/۲۵	۰/۰۰	-/۵۷	۰/۰۰	۱۶	سردشت	-/۴۲	۰/۰۰	-/۱۶	۰/۰۰
۴	بیجار	-/۶۱	۰/۰۰	-۱/۱۴	۰/۰۰	۱۷	سقز	-/۹۵	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۰
۵	پارس آباد	-/۷۱	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۱۸	سنندج	-۱/۱۶	۰/۰۰	-/۸۱	۰/۰۰
۶	پیرانشهر	-/۱۲	۰/۰۰	-/۴۷	۰/۰۰	۱۹	سهند	۰/۸۳	۰/۰۰	۰/۶۹	**۰/۰۰**
۷	تبریز	۰/۶۱	۰/۰۰	-/۷۹	۰/۰۰	۲۰	قروه	۱/۱۱	۰/۰۰	-/۷۰	**۰/۰۰**
۸	تکاب	-/۷۹	۰/۰۰	-/۵۳	۰/۰۰	۲۱	ماکو	-/۳۰	۰/۰۰	-/۴۲	۰/۰۰
۹	جلفا	۰/۲۳	۰/۰۰	-/۷۰	۰/۰۰	۲۲	مراغه	۰/۶۵	۰/۰۰	-/۷۹	۰/۰۰
۱۰	خرمدره	۰/۰۷	۰/۰۰	-/۹۳	۰/۰۰	۲۳	مریوان	-/۷۹	۰/۰۰	۰/۳۱	**۰/۰۰**
۱۱	خلخال	۰/۴۷	۰/۰۰	-/۳۴	۰/۰۰	۲۴	مهاباد	-/۵۷	۰/۰۰	۰/۷۱	**۰/۰۰**
۱۲	خوی	۰/۲۴	۰/۰۰	**-/۹۳**	۰/۰۰	۲۵	میانه	۰/۵۰	۰/۰۰	-/۴۷	۰/۰۰
۱۳	زرینه	-/۷۹	۰/۰۰	-/۵۴	۰/۰۰						

**معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد *معنی‌داری در سطح ۵٪ درصد

بررسی نمایه WSDI بر مبنای سناریوی SSP۳-۷،۰ نشان داد که این نمایه در بیشتر ایستگاهها دارای روند افزایشی بوده ولی این روند معنی دار نشده است. در ایستگاههای اردبیل، سهند و خلخال روند آن کاهشی شده است. بیشترین روند

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

افزایشی با آماره من-کندال ۱/۱۸ مربوط به ایستگاه ارومیه می باشد. تغییرات شیب سن بسیار کم است(جدول۸). بررسی نمایه CSDI بر اساس سناریوی SSP۳-۷،۰ نشان داد که روند آن تمام ایستگاهها منفی و کاهشی می باشد و این روند کاهشی در ایستگاههای ارومیه، تبریز، خوی و مراغه در سطح اطمینان ۵٪ معنی دار شده است. شیب سن نیز در تمام ایستگاهها بسیار جزئی است(جدول۸).

جدول۸- روند تغییرات WSDI و CSDI تحت سناریوی SSP۳-۷،۰ در دوره آینده (۲۱۰۰-۲۰۲۱)

ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI		ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI	
		من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن			من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن
۱	اردبیل	-/۵۲	۰/۰۰	-/۸۴	۰/۰۰	۱۴	زنجان	۰/۶۷	۰/۰۰	-۱/۳۷	۰/۰۰
۲	ارومیه	۱/۱۸	۰/۰۰	-۲/۰۱*	۰/۰۰	۱۵	سراب	۰/۵۴	۰/۰۰	-۱/۷۰	۰/۰۰
۳	اهر	۰/۵۴	۰/۰۰	-۲/۱۰*	-/۰۲	۱۶	سردشت	۰/۵۷	۰/۰۰	-۱/۵۵	۰/۰۰
۴	بیجار	۱/۰۲	۰/۰۰	-۱/۴۵	۰/۰۰	۱۷	سقز	۱/۰۱	۰/۰۰	-۱/۳۹	۰/۰۰
۵	پارس آباد	۰/۰۳	۰/۰۰	-۲/۳۱*	۰/۰۰	۱۸	سنندج	۰/۵۰	۰/۰۰	-۱/۳۱	۰/۰۰
۶	پیرانشهر	۰/۴۴	۰/۰۰	-۱/۴۴	-/۰۳	۱۹	سهند	-/۰۸	۰/۰۰	-/۸۱	۰/۰۰
۷	تبریز	۰/۵۴	۰/۰۰	-۲/۲۳*	۰/۰۰	۲۰	قروه	۰/۵۴	۰/۰۰	-۱/۴۵	۰/۰۰
۸	تکاب	۱/۰۱	۰/۰۰	-/۴۲	۰/۰۰	۲۱	ماکو	۰/۱۰	۰/۰۰	-/۷۵	۰/۰۰
۹	جلفا	۱/۰۸	۰/۰۰	-/۶۱	۰/۰۰	۲۲	مراغه	۰/۵۵	۰/۰۰	-۲/۲۳*	۰/۰۰
۱۰	خرمدره	۰/۶۷	۰/۰۰	-۱/۲۷	۰/۰۰	۲۳	مریوان	۱/۰۳	۰/۰۰	-۱/۷۴	۰/۰۰
۱۱	خلخال	-/۵۶	۰/۰۰	-۱/۳۷	۰/۰۰	۲۴	مهاباد	۰/۴۰	۰/۰۰	-۱/۳۷	۰/۰۰
۱۲	خوی	۱/۰۷	۰/۰۰	-۲/۱۳*	۰/۰۰	۲۵	میانه	۰/۵۴	۰/۰۰	-۱/۶۹	۰/۰۰
۱۳	زرینه	۱/۰۴	۰/۰۰	-/۶۰	۰/۰۰						

**معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد *معنی‌داری در سطح ۵٪ درصد

نتایج بررسی روند سری های زمانی WSDI بر مبنای سناریوی SSP۵-۸،۵ نشان داد که روند آن در همه ایستگاهها افزایشی و در برخی ایستگاهها معنی دار شده است. بیشترین روند افزایشی به ترتیب با آماره من-کندال ۲/۷۲ و ۲/۶۶ در ایستگاههای ارومیه و خوی مشاهده گردید. تغییرات شیب سن نیز بسیار کم و بیشترین شیب افزایشی با ۰/۰۹ مربوط به ایستگاه ارومیه است(جدول۹). روند تغییرات نمایه CSDI نیز بر اساس سناریوی SSP۵-۸،۵ نشان داد که این نمایه دارای روند کاهشی بوده که بیشتر در سطح ۵٪ و در برخی ایستگاهها نیز در سطح ۱٪ معنی دار شده است. این روند در چند ایستگاه نیز فاقد معنی داری است. بیشترین تغییرات کاهشی شیب سن نیز با ۰۸/- درجه در ایستگاه اردبیل مشاهده شد(جدول۹).

جدول۹- روند تغییرات WSDI و CSDI تحت سناریوی SSP۵-۸،۵ در دوره آینده (۲۱۰۰-۲۰۲۱)

ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI		ردیف	ایستگاه	WSDI		CSDI	
		من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن			من-کندال	شیب سن	من-کندال	شیب سن
۱	اردبیل	۱/۳۵	۰/۰۰	-۲/۱۷*	-/۰۸	۱۴	زنجان	۱/۸۲	۰/۰۰	-۲/۸۳**	-/۰۴
۲	ارومیه	۲/۷۲**	۰/۰۹	-۱/۶۰	۰/۰۰	۱۵	سراب	۱/۸۷	۰/۰۰	-۲/۴۳**	۰/۰۰
۳	اهر	۲/۱۶*	۰/۰۰	-۱/۷۹	-/۰۲	۱۶	سردشت	۲/۱۳*	۰/۰۳	-۱/۴۳	۰/۰۰
۴	بیجار	۲/۵۵*	۰/۰۴	-۲/۵۰*	۰/۰۰	۱۷	سقز	۲/۴۷*	۰/۰۳	-۱/۹۰	۰/۰۰

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

۵	پارس آباد	۱/۱۱	۰/۰۰	-۲/۱۴*	-/۰۳	۱۸	سنندج	۱/۶۸	۰/۰۰	-۲/۷۳**	۰/۰۰
۶	پیرانشهر	۲/۱۸*	۰/۰۴	-۱/۵۵	۰/۰۰	۱۹	سهند	۱/۸۷	۰/۰۰	-۲/۰۲*	۰/۰۰
۷	تبریز	۱/۸۷	۰/۰۰	-۲/۰۰*	۰/۰۰	۲۰	قروه	۱/۶۸	۰/۰۰	-۲/۵۹**	۰/۰۰
۸	تکاب	۲/۴۶*	۰/۰۳	-۱/۸۷	۰/۰۰	۲۱	ماکو	۲/۱۲*	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۰
۹	جلفا	۲/۶۵**	۰/۰۸	-۲/۲۰*	-/۰۲	۲۲	مراغه	۱/۹۸*	۰/۰۰	-۲/۰۳*	۰/۰۰
۱۰	خرمدره	۱/۸۲	۰/۰۰	-۲/۶۰**	-/۰۴	۲۳	مریوان	۲/۴۶*	۰/۰۳	-۱/۷۳	۰/۰۰
۱۱	خلخال	۱/۳۵	۰/۰۰	-۲/۱۷*	-/۰۲	۲۴	مهاباد	۲/۲۶*	۰/۰۴	-۱/۹۰	۰/۰۰
۱۲	خوی	۲/۶۶**	۰/۰۸	-۱/۶۳	۰/۰۰	۲۵	میانه	۲/۳۳*	۰/۰۰	-۲/۸۳**	-/۰۲
۱۳	زرینه	۲/۴۶*	۰/۰۳	۱/۷۶	۰/۰۰						

**معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد *معنی‌داری در سطح ۵٪ درصد

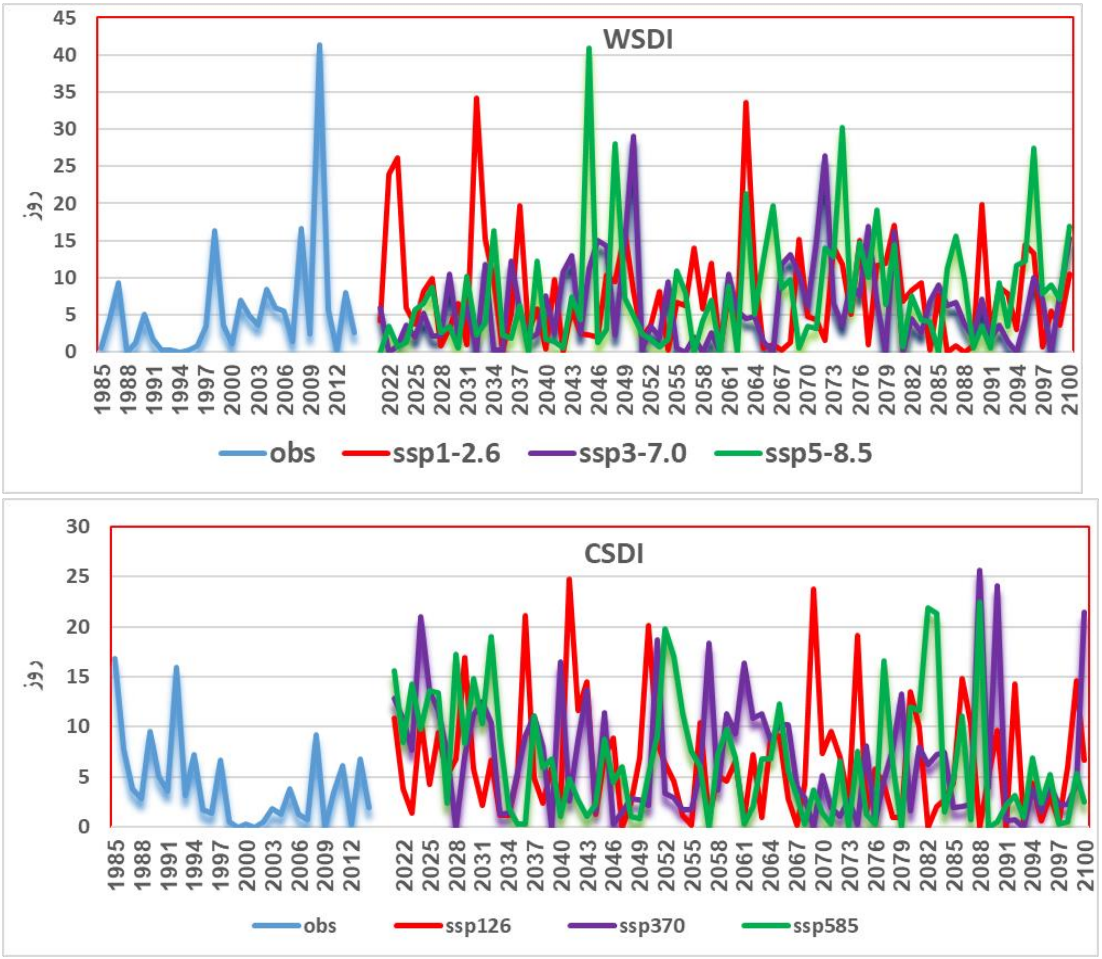
در مجموع نتایج حاصل از پیش‌نگری سناریوهای مختلف در دوره های مختلف نشان داد که متوسط نمایه های تداوم دوره گرم(WSDI) و تداوم دوره سرد(CSDI) درهر سه دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت که خلاصه نتایج آن برای هر سه سناریو و هر سه دوره مورد بررسی در مقایسه با دوره پایه در جدول (۳) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌طور میانگین بیشترین میزان افزایش در سناریوی SSP۳-۷،۰ و در دوره آینده نزدیک مربوط به نمایه تداوم دوره سرد و به میزان ۳/۷۴ روز نسبت به میانگین دوره پایه(۳/۸۰) می باشد. همچنین بر اساس سناریوی SSP ۳-۷.۰ در دوره انتهایی قرن بیست و یکم شاخص WSDI حدود ۱ روز کاهش می یابد.

جدول ۱۰ - تغییرات فرین های دمایی در دوره های آینده نسبت به دوره پایه بر اساس سناریوهای مختلف

سناریو	۲۰۲۱-۲۰۵۰		۲۰۵۱-۲۰۸۰		۲۰۸۱-۲۱۰۰	
	WSDI	CSDI	WSDI	CSDI	WSDI	CSDI
SSP۱-۲،۶	۲/۶۳	۳/۷۲	۲/۱۸	۲/۱۹	۰/۶۶	۲/۱۱
SSP ۳-۷،۰	۱/۰۷	۳/۷۴	۱/۰۱	۲/۸۰	-۰/۵۴	۲/۶۸
SSP ۵-۸،۵	۰/۷۶	۳/۵۵	۳/۰۲	۲/۴۵	۲/۵۸	۲/۴۶

بررسی سری های زمانی نمایه WSDI در دوره پایه و دوره های آینده نشان دهنده افزایش آن به ویژه در دوره های آینده است. افزایش این نمایه در دوره های آینده بر اساس سناریو SSP۵-۸،۵ بیشتر از دو سناریوی دیگر است. به طور کلی در دوره های آینده نمایه WSDI در منطقه مورد مطالعه افزایشی خواهد بود و جهش های افزایشی بر اساس سناریوSSP۱-۲،۶ در سالهای ۲۰۲۳، ۲۰۳۲ و ۲۰۶۴ مشاهده می شود. بر اساس سناریوSSP۵-۸،۵ نیز در سال ۲۰۴۵ جهش افزایشی در نمایه دیده می شود که می تواند ناشی از ویژگیهای این سناریو باشد(شکل۸). بررسی سری های زمانی نمایه CSDI نشان داد که در دوره های آینده در هر سه سناریو افزایش خواهد یافت. جهش های افزایشی در تغییرات این نمایه بیشتر در سناریوهای SSP۱-۲،۶ و SSP۳-۷،۰ دیده می شود. شکل ۸ جهت بررسی بهتر تغییرات نمایه تا سال ۲۱۰۰ آورده شده است (شکل۸).

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]



شکل۸- سری زمانی تغییرات نمایه WSDIو CSDI دوره مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

با توجه به گرمایش جهانی و رخداد تغییرات اقلیمی در سراسر جهان، امروزه بررسی و مطالعه فرین‌های اقلیمی به عنوان یکی از پیامدهای تغییرات آب و هوایی و در نظر گرفتن تهمیدات لازم برای تعدیل اثرات سوء ناشی از این تغییرات لازم و ضروری است. لذا در این پژوهش به بررسی توزیع فضایی تغییرات ۲ نمایه حدی دمایی یعنی تداوم دوره گرم (WSDI) و تداوم دوره سرد (CSDI) با استفاده از مدلهای GCM از CMIP۶ تحت سه سناریوی SSP۱-۲،۶, SSP۳-۷،۰ و-SSP۵ ۸.۵، در سه دوره زمانی آینده نزدیک(۲۰۵۰-۲۰۲۱)، آینده متوسط(۲۰۸۰-۲۰۵۱) و آینده دور(۲۱۰۰-۲۰۸۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۴-۱۹۸۵) پرداخته شد. نتایج نشان داد که میانگین تداوم دوره گرم و تداوم دوره سرد در دوره پایه در منطقه برابر با ۵/۵۳ و ۳/۸۰ روز در سال است که حداکثر و حداقل تداوم دوره گرم با ۷/۱ و ۲/۷ روز به ترتیب مربوط به ایستگاه های پارس آباد و سنندج و بیشترین و کمترین مقدار تداوم دوره سرد نیز با ۵/۷ و ۱/۳ روز مربوط به ایستگاه های مریوان و زرینه است. بر اساس نتایج نمایه های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه با توجه به افزایش دما و ماهیت هر دو

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

نمایه فرین، شاخص تداوم دوره گرم دارای روند افزایشی و شاخص تداوم دوره سرد دارای روند کاهشی هستند که این روند بر اساس آزمون من کندال در دوره پایه برای نمایه WSDI در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایشی و معنی دار شده است ولی روند نمایه CSDI کاهشی و فاقد روند معنی داری است. نتایج آزمون من-کندال در دوره آینده برای نمایه *تداوم دوره گرم* بر اساس هر سه سناریو افزایشی می باشد ولی فقط بر اساس سناریوی SSP۵-۸،۵ معنی دار شده است و نتایج نمایه CSDI نیز نشان داد که در هر سه سناریو دارای روند کاهشی و این روند در SSP۳۷،۰ و SSP۵-۸،۵ در برخی ایستگاهها معنی دار شده است. تغییرات نمایه ها در دوره آینده نسبت به دوره پایه نیز نشان داد که میانگین تعداد روزهای همراه با تداوم دوره سرد بر اساس هر سه سناریو و در هر سه دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش پیدا خواهد کرد و این به ماهیت افزایشی فرین های اقلیمی و تغییرات آب و هوایی بر می گردد. و همچنین تعداد روزهای همراه با تداوم دوره گرم نیز در هر سه سناریو افزایش می یابد و فقط در دوره ۲۱۰۰-۲۰۸۱ و در سناریوی SSP۳-۷،۰ کاهش می یابد. توزیع فضایی WSDI نشان داد که بر اساس هر سه سناریوی مورد بررسی بیشینه این نمایه بیشتر در نواحی جنوب غربی منطقه و کمینه آن در نواحی شرق و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه رخ خواهد داد و در واقع تاحدی متاثر از عرض جغرافیایی و شیب د ولی توزیع تغییرات مقادیر بیشینه و کمینه نمایهCSDI در دوره های آینده در نواحی مختلف منطقه می تواند تابع ارتفاع از سطح دریا و فرارفت سامانه های سرد بر روی منطقه باشد. نتایج حاصل از این پژوهش، مطالعات یو و همکاران (۲۰۲۱)، تاجیک و سبزواری (۱۳۹۹)، باباوسمایل و همکاران (۲۰۲۲) و زرین و داداشی (۱۴۰۰) و اوزترک و همکاران (۲۰۲۱) مبنی افزایش نمایه های فرین گرم از جمله WSDI، بی هنجاری دمایی و روند کاهشی نمایه های فرین سرد مانند CSDI و همچنین بیشترین میزان تغییرات بر اساس سناریوی SSP۵-۸،۵ را مورد تایید قرار می‌دهد. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از تغییرات زیاد نمایه های فرین تداوم دوره گرم و سرد در دوره های آینده و پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی ناشی از این تغییرات، بنابراین لازم است برنامه‌ریزان در بخش های مختلف، راهکارهای لازم برای مقابله و سازگاری با تغییرات اقلیمی حاصل را اتخاذ نمایند.

منابع

تاجیک، اعظم و آزاده اربابی سبزواری. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات فضایی دماهای حدی در سطح ایران. *فصل نامه جغرافیای طبیعی*، سال دوازدهم، **۴۹**: ۱۰۹-۱۲۴

جهانبخش اصل، سعید، بهروز ساری صراف، حسین عساکره و سهیلا شیر محمدی.۱۳۹۸. تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی-مکانی بارندگی حدی فوقانی طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۶. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، سال ۷. شماره ۱: ۱۰۶-۸۹

ذرین، آذر و عباسعلی داداشی رودباری. ۱۳۹۹. پیش نگری چشم انداز بلند مدت دمای ایران مبتنی بر برونداد پروژه مقایسه مدل های جفت شده فاز ششم(CMIP٦). *فیزیک زمین و فضا*، **۴۶**: ۵۸۳-۶۰۲.

ذرین، آذر و عباسعلی داداشی رودباری.۱۴۰۰. پیش نگری دمای ایران در آینده نزدیک(۲۰۴۰-۲۰۲۱) بر اساس رویکردهای همادی چند مدلیCMIP٦. *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، **۵۳**: ۷۵-۹۰.

زهرائی، اکبر و سید اسعد حسینی. ۱۳۹۹. تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب، چاپ اول، *انتشارات هاوار*، ایلام.

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

صداقت‌کردار، علی و ابراهیم فتاحی، ۱۳۸۷، شاخص‌های پیش‌آگاهی خشک‌سالی در ایران، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، دانشگاه سیستان و بلوچستان، **۶(۷۶)**: ۱۱ -۵۹.

عسکری زاده، سید محمد. ۱۳۹۵. آشکارسازی و پیش‌یابی نوسانات مکانی- زمانی نمایه‌های حدی دما و بارش در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل LARS-WG. رساله دکتری مخاطرات آب و هواشناسی، استاد راهنما: غلامعلی مظفری. *پردیس علوم انسانی، دانشگاه یزد*.

علیجانی، بهلول. احمد روشنی، فاطمه پرک و روح اله حیدری.۱۳۹۱. روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۲**: ۲۸-۱۷.

عیسی‌پور، مصطفی. ۱۳۹۲. تحلیل و پیش‌بینی سری‌های زمانی دما در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل باکس-جنکینز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، استاد راهنما: محمود احمدی و حسن لشکری، *دانشگاه شهید بهشتی*.

لطفی سیرائی، علی. ۱۳۹۸. شبیه سازی و پیش بینی شاخص‌های حدی اقلیمی در استان تهران و البرز، رساله دکتری رشته آب و هواشناسی، استاد راهنما: بهلول علیجانی، *دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا*.

Ayugi, B.Y; V, Dike; H, Ngoma;H, Babaousmail;R, Mumo, and Victor Ongoma. ۲۰۲۱. Future Changes in Precipitation Extremes over East Africa Based on CMIP٦ Models. Water, ۱۳, ۲۳۵۸. PP. ۱-۲۰.

Babaousmail, H.; B, Ayugi.;A, Rajasekar; H, Zhu;C, Oduro;R, Mumo, and Victor Ongoma. Projection of Extreme Temperature Events over the Mediterranean and Sahara Using Bias-Corrected CMIP٦ Models. Atmosphere ۲۰۲۲, ۱۳, ۷٤۱. doi.org/۱۰,۳۳۹۰/atmos۱۳۰۵۰۷٤۱.

Chen, T; Ao,T; Zheng, X; Li, X and Kebi Yang. ۲۰۱۹. Climate Change Characteristics of Extreme Temperature in the Minjiang River Basin. Advances in Meteorology. Volume ۲۰۱۹, Article ID ۱۹۳۵۷۱۹,۱۵ pages. https://doi.org/۱۰,۱۱۵۵/۲۰۱۹/۱۹۳۵۷۱۹.

Cheng, Q., F, Zhong, and Ping Wang. ۲۰۲۱. Potential linkages of extreme climate events with vegetation and large-scale circulation indices in an endorheic river basin in northwest China. Atmospheric Research, ۲٤۷, PP.۱-۲۲.

Das, S.; M, Kamruzzaman.; R.M.T, Islam;D, Zhu, and Amit Kumar. ۲۰۲۲. Comparison of Future Changes in Frequency of Climate Extremes between Coastal and Inland Locations of Bengal Delta Based on CMIP٦ Climate Models. Atmosphere, ۱۳, ۱۷٤۷. PP. ۱-۱۹. https://doi.org/ ۱۰,۳۳۹۰/atmos۱۳۱۱۱۷٤۷.

Eyring,V;G, Flato; J, Meehl; C, Senior; B, Stevens; R, Stouffer and Karl Taylor. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase ٦ (CMIP٦) Experimental Design and Organization.۲۰۱۸.

Hu, T.S., K.C, Lam., and S.T Ng. ۲۰۰۱. River flow time series prediction with a range dependent neural network. Hydrological Science Journal, ٤٦: ۷۲۹-۷٤۵.

IPCC (۲۰۱۳) The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change in: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (Eds.), Cambridge and New York, p. ۱۵۳۵.

Lin, J.Y., C.T, Cheng., Chau and KWOK-WING CHAU. ۲۰۰٦. Using support vector machines for long-term discharge prediction. Hydrological Science Journal, ۵۱: ۵۹۹-٦۱۲.

Lin,v and Huopo CHEN. ۲۰۲۰. Assessment of model performance of precipitation extremes over the mid-high latitude areas of Northern Hemisphere:from CMIP۵ to CMIP٦, Atmospheric and Oceanic Science Letters, ۱۳:٦, ۵۹۸-٦۰۳, DOI:۱۰,۱۰۸۰/۱٦۷٤۲۸۳٤,۲۰۲۰,۱۸۲۰۳۰۳.

Luo,M;T, Liu.;F, Meng.;Y, Duan;A.B. Frankl, and Philippe De Maeyer. ۲۰۱۸. Comparing Bias Correction Methods Used in Downscaling Precipitation and Temperature from Regional Climate Models: A Case Study from the Kaidu River Basin in Western China. Water ۲۰۱۸, ۱۰, ۱۰٤٦. doi:۱۰,۳۳۹۰/w۱۰۰۸۱۰٤.

Nicholls, S.I., N. Easterling, D; Goodess, C.M; Kanae, S; Kossin, J; Luo, Y; Marengo,J; McInnes,K; Rahimi,M; Reichstein, M; Sorteberg, A; Vera, C. and Zhang,X. ۲۰۱۲: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, PP. ۱۰۹-۲۳۰.

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

Nishant, N., G, Di Virgilio; F, Ji;E, Tam;K, Beyer, and Matthew L. Riley. Evaluation of Present-Day CMIP٦ Model Simulations of Extreme Precipitation and Temperature over the Australian Continent. Atmosphere ٢٠٢٢, ١٣, ١٤٧٨. PP. ١-٢٨. https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/atmos١٣٠٩١٤٧٨.

O'Neill B.C; E, Kriegler; K, Riahi; K.L. Ebi; S, Hallegatte; T.R. Carter; R, Mathur, and van Vuuren. ٢٠١٤. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. Clim Chang ١٢٢(٣):٣٨٧–٤٠٠.

Ozturk, T.; Saygili-Araci, F.S.; Kurnaz, M.L. Projected Changes in Extreme Temperature and Precipitation Indices Over CORDEX-MENA Domain. Atmosphere ٢٠٢١, ١٢, ٦٢٢. https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/atmos ١٢٠٥٠٦٢٢.

Riahi, K., D. P, Van Vuuren.,E, Kriegler., J, Edmonds., B.C, O'neill., S, Fujimori., N, Bauer., K, Calvin., R, Dellink., O, Fricko, and Hermann Wolfgang Lutz. ٢٠١٧, The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. Global Environmental Change, ٤٢, ١٥٣-١٦٨.

Shiru, M.S and Eun-Sung Chung. ٢٠٢١. Performance evaluation of CMIP٦ global climate models for selecting models for climate projection over Nigeria. Theoretical and Applied Climatology. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s٠٠٧٠٤-٠٢١-٠٣٧٤٦-٢

Shiu, C. J., S. C. Liu; C, Fu, A, Dai, and Ying Sun. ٢٠١٢. Howmuch do precipitation extremes change in a warming climate? Geophys. Res. Lett., ٣٩, L١٧٧٠٧. PP. ١-٥., https://doi.org/١٠,١٠٢٩/٢٠١٢GL٠٥٢٧٦٢.

Shrestha, S., M, Shrestha and Mukand. S. Babel. ٢٠١٥. Modelling the potential impacts of climate change on hydrology of Indrawati River Basin in Nepal. Environmental Earth Science.

Shrestha, S.,M, Shrestha, and Mukand. S. Babel. (٢٠١٥). Modelling the potential impacts of climate change on hydrology of Indrawati River Basin in Nepal. Environmental Earth Science.

Swart, N. C., , J. N, Cole., V. V, Kharin., M, Lazare., J. F, Scinocca., N. P, Gillett, and B, Winter. ٢٠١٩. The canadian earth system model version ٥ (CanESM٥. ٠,٣). Geoscientific Model Development, ١٢(١١), ٤٨٢٣-٤٨٧٣.

Teutschbein, C and Jan Seibert. (٢٠١٢). Bias correcion of regional climate model simulation for hydrological climateHttps://Doi.Org/١٠.٣٣٩٠/W١١٠٢٠٢٨٣.

Wang, S., Q, Liu, and Chang Huang. ٢٠٢١. Vegetation Change and Its Response to Climate Extremes in the Arid Region of Northwest China; Remote Sens. ٢٠٢١, ١٣, ١٢٣٠.

Wu, Y., C, Miao.,Y, Sun.,A, AghaKouchak.,C, Shen, and Xuewei Fan. ٢٠٢١. Global observations and CMIP٦ simulations of compound extremes of monthly temperature and precipitation. GeoHealth, ٥, e٢٠٢١GH٠٠٠٣٩٠. https://doi.org/١٠,١٠٢٩/٢٠٢١GH٠٠٠٣٩٠.

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]

[Downloaded from icab.khu.ac.ir on 2026-07-26]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.3.11.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.3.183]