نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۴۹، تابستان ۹۷

اثر تغییر اقلیم بر میزان آب قابل بارش در سواحل شمالی خلیج فارس

دریافت مقاله: ۹۶/۸/۱۷ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۲/۱۱

صفحات: ۹۱-۷۵

طیبه دهقانی: دانشجو دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی.
dehghanitayebeh111@yahoo.com
محمد سلیقه: دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی[1].
saligheh@khu.ac.ir
بهلول علیجانی: استاد اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی .
Br.alijani@gmail.com

چکیده

جهت آشکارسازی تغییر اقلیم از شاخص های اقلیمی متنوعی می توان استفاده کرد که غالبا دما و بارش مدنظر قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان آب قابل بارش در سواحل شمال خلیج فارس اقدام به شبیه سازی آب قابل بارش برای دوره ۲۰۱۷ تا ۲۰۵۰ بر اساس سناریوی RCP4.5 مدل Hadcm3 گردید. جهت تحلیل سری زمانی گذشته و حال آب قابل بارش و آشکار سازی روند این سری زمانی از داده های پایگاه NCEP/NCAR با رزولوشن ۰/۱۲۵ درجه قوسی استفاده گردید. تحلیل سری زمانی آب قابل بارش با استفاده از دو آزمون تخمین‌گر شیب SENS و آزمون من-کندال انجام شد. نتایج بیانگر آن بود که سری زمانی سالانه آب قابل بارش منطقه روند افزایشی داشته است، هر ساله، ۰/۰۵ میلی متر، آب قابل بارش افزایش داشته و به سمت همگونتر شدن میل کرده است، این میزان افزایش در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار بوده است. میزان افزایش آب قابل بارش در نواحی شرقی منطقه بالاتر از سایر نواحی بوده است. قبل از سال ۱۹۸۹ نوسانات متعددی در سری زمانی آب آن در منطقه مشاهده شده اما هیچ کدام در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار نبوده است اما از سال ۱۹۸۹ به بعد روند افزایش معنی داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ داشته است. این رفتار زمانی مکانی آب قابل بارش در واقع می تواند در پاسخ به افزایش دمای عمومی منطقه رخ داده باشد و می توان آن را به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه مدنظر قرار داد.

کلید واژگان: تغییر اقلیم، آب قابل بارش، مدل Hadcm3، سواحل شمالی خلیج فارس.

۱. **مسئول مقاله:** تهران، خیابان مفتح، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه اقلیم شناسی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

مقدمه

خلیج فارس به علت عمق کم- شوری آب- گرمی هوا- ارتباط محدود با آبهای آزاد جهان و مسائل ناشی از بهره برداری از منابع انرژی عظیم آن، بارندگی اندک، تنوع زیستی ماهیان و آبزیان دیگر، دارای موقعیت بسیار ویژه ای است و اکوسیستم ویژه ای را تشکیل می دهد که به شدت آسیب پذیر است. مطالعه جریان های خلیج فارس به لحاظ تاثیراتی که در آب و هوای منطقه دارد از اهمیت خاصی برخوردار است. تغییر اقلیم و تاثیرات ناشی از آن مانند گرمایش جهانی، یکی از مسائل مطرح جهانی است. دیدگاههای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی مساله تغییر اقلیم نیز در سطح جهانی در دست مطالعه و بررسی است. (کرولی[1] و همکاران، ۱۹۹۹). روند گرمایش جهانی یکی از مهم ترین تغییرات آب و هوایی سده کنونی است که پژوهشگران در مقیاسهای منطقه ای و سیاره ای به آن پرداخته اند (IPCC,2007:28). تغییرات اقلیم باعث فراوانی رخداد پدیده های فرین شده، که در این ارتباط نیز مدل های اقلیمی افزایش دماهای حدی را در آینده پیش بینی می کنند (رایسنن[2]، ۲۰۰۴). اساسا مطالعه تغییر اقلیم در منطقه خلیج فارس از نظر ایجاد تاسیسات ساحلی، حمل و نقل و حفاظت از محیط زیست منطقه و تغییر در الگوی سیستم های جوی و جریان دریایی ضروری است. آب قابل بارش می تواند راه گشای بسیاری از مسئله های هواشناسی در پیش بینی دقیق وضعیت جو، برآورد بارش و رواناب باشد. تمام بخار آب موجود جو را (مباشری و همکاران، ۱۳۸۹) که از سطح زمین تا پایان تروپوسفر در جو موجود بوده و قابل تبدیل به ریزش جوی است، آب قابل بارش گویند (کریستین[3] و بریم، ۲۰۰۸). آب شناسان برای برآورد بیشینه بارش محتمل، که عامل مهمی در تعیین محاسبات مربوط به مخازن و سرریز سدها و نیز پیش بینی وقوع سیلاب است، آب قابل بارشی کل را در محاسبات خود لحاظ می کنند (مباشری و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین به دلیل تاثیر آن در میزان بارندگی، پیش بینی بارش به ویژه بارشهای سنگین بر اساس این فراسنج، نتایج بسیار مناسبی به دست می دهد (استنلی[4]، ۲۰۰۶). با استفاده از برآورد این شاخص در پیش بینی کمی بارش، می توان از بروز خسارات جانی و مالی ناشی از حوادث اجتناب ناپذیر سیل کاست و از سوی دیگر با محاسبه آب قابل بارشی ابر می توان عملیات بارورسازی ابرها را با موفقیت بیشتری عملی ساخت (صادقی حسینی و همکاران، ۱۳۸۴). پائو[5] (۲۰۰۲) نتایج بررسی آب قابل بارش نشان داد که تغییرات ناگهانی آن در شمال افریقا در اواخر ۱۹۶۰ بوده و ناهنجاری های مثبت در دوره ۱۹۵۰-۱۹۶۰ گرفته است. پیمینگ[6] و همکاران (۲۰۰۳) تغییرات روزانه آب قابل بارش را در جزیره سوماترا مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که در طول روز افزایش و در اواخر بعد از ظهر به حداکثر خود می رسد. هلدیوی[7] (۲۰۰۴) جهت بررسی تاثیر گرمایش جهانی بر آن به این نتیجه رسید که با گرم شدن کره زمین انتظار می رود که سیستم های طوفان

[1] crowley
[2] Raisanen
[3] Kristin and Brim
[4] Stanley
[5] Pao
[6] Peiming
[7] Holdway

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

شدیدتر و افزایش شدیدتر طوفان به معنی افزایش آب قابل بارش می باشد. وگنر[1] و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی با عنوان روند بارش در دوره ۱۹۹۶-۲۰۰۳ به این نتیجه دست یافتند که افزایش ۲/۸٪ داشته است. مرادی (۱۳۸۲) به منظور محاسبه آب قابل بارش، میانگین دمای جو و شکست اتمسفری از داده های کاوشگر استفاده نمود. بررسی نشان می دهد که ماه ژانویه از نظر بارش در حد میانگین است و دوره خیلی سرد تا سرد قرار می گیرد. صادقی و همکاران (۱۳۸۴) با محاسبه آب قابل بارش به روش ترمودینامیکی و از روی نمودارهای هواشناختی skew و مقایسه آن با بارش اندازه گیری شده در ایستگاه های زمینی منطقه تهران رابطه ای برای پیش بینی کمی بارش به دست آوردند. اردکانی و همکاران (۱۳۸۷) به منظور تخمین بارش به وسیله سرعت قائم و آب قابل بارش به این نتیجه رسیدند که این مدل ساده دو پارامتری با وجودی که میزان بارش را با در نظر گرفتن شار رطوبتی از عرضهای جنوبی، بیشتر از مقدار واقعی برآورد می کند ولی الگوی تغییرات فضایی و زمانی بارش را به خوبی نشان می دهد. مباشری و همکاران (۱۳۸۷) به منظور برآورد آب قابل بارش با استفاده از تصاویر ماهواره ای، برای استخراج آب قابل بارش، ماهواره ای از باندهای فروسرخ نزدیک تصاویر سنجنده مادیس استفاده کرد، رگرسیون محاسبه شده از داده های رادیوسوند نشان داده که باندهای ۱۸ و ۱۹ مادیس برای استخراج آب قابل بارش در شرایط جوی ایستگاه مهرآباد مناسب است. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی ارتباط بین دو کمیت بارش و آب قابل بارشی ابر به کمک داده های رادار هواشناسی تهران پرداختند. نتایج نشان می دهد که اگر مقدار آن در ابر اندازه گیری شده با رادار از ۰/۱ میلی متر بیشتر شود بارش در آن منطقه آغاز می شود. هدف از انجام این پژوهش شناسایی تغییرات میزان آب قابل بارش در منطقه در اثر تغییر اقلیم و شناسایی پتانسیل رطوبت منطقه به منظور استفاده از آن به عنوان منبع آب مطمئن می باشد.

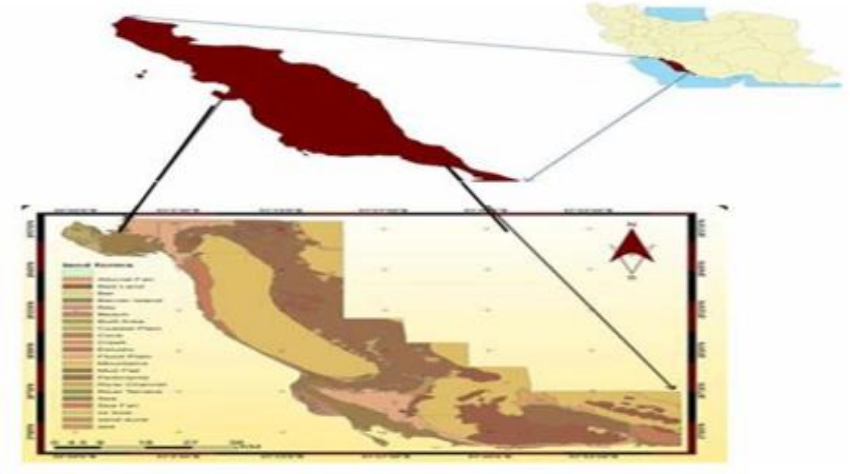
داده‌ها و روش‌ها

منطقه تحقیق

منطقه مورد مطالعه از نوار شمالی به پهنای ۱۰۰ کیلومتر در امتداد خط ساحلی خلیج فارس این منطقه در طول ۴۵ درجه تا ۵۷ درجه طول شرقی و در عرض ۲۷ تا ۳۱ درجه عرض شمالی واقع شده است وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۱۲۰هزارکیلومتر مربع بوده است که شامل بخش های از استان های خوزستان، بوشهر، فارس و هرمزگان است شکل(۱).

[1] Wagner

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]



شکل(۱). منطقه مورد مطالعه تحقیق

روش تحقیق

به منظور شبیه سازی آب قابل بارشی منطقه مورد مطالعه، اقدام به شبیه سازی عنصر آب برای دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۵۰، با استفاده از مدل گردش عمومی جو[1]، تحت سناریوی RCP4.5 گردید. این مدل گردش عمومی جو که در مرکز تحقیقاتی[2] انگلستان اجرا شده است از آنجا که محصولات شبیه سازی شده آن جو دارای رزولوشن با تفکیک فضایی نامناسبی می باشد (شبکه های با ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی) لذا برای منطقه مورد مطالعه این تحقیق یعنی شمال خلیج فارس به صورت مستقیم قابل استفاده نبوده و نیاز به ریز مقیاس نمایی[3] می‌باشد که در این تحقیق از مدل ریز مقیاس نمایی آماری[4]، برای تولید داده های روزانه ایستگاهی تحت سناریوی RCP4.5 برای دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۵۰ برای ایستگاه های منطقه مورد بررسی استفاده گردید. در نهایت نقشه‌های برآوردی ماهانه توزیع فضایی آب قابل بارش شبیه سازی شده برای سال ۲۰۵۰، که خروجی ریز مقیاس نمایی شده مدل گردش عمومی جو[5] می باشد، ارائه شده است. مقادیر برآوردی این مدل گردش عمومی جو برای دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۵۰، با استفاده از مدل های درون یاب زمین آماری کریجینگ معمولی[6] برای کل منطقه تعمیم داده شد و نقشه های توزیع فضایی آب قابل بارش شبیه سازی شده است. برای ارزیابی روند بلند مدت آن در منطقه مورد بررسی از مدل ناپارامتریک تخمینگر شیب Sens طی دوره آماری ۱۹۵۰-۲۰۱۶ استفاده گردید. همچنین آزمون ناپارامتریک گرافیکی

1 Hadley Center General Circulation Model
2 HCCP
3 Downscaling
4 LARSWG
5 Hadcm3
6 Ordinary Kriging(OK)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

من-کندال برای آشکارسازی سال جهش در سری زمانی ۶۷ ساله آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه در سطح اطمینان ۰/۹۵ و آزمون پارامتریک T-Student دو طرفه با فرض واریانس ثابت، برای مقایسه آماره های میانگین فضایی، ضریب تغییرات و چولگی توزیع فضایی آب قابل بارش در منطقه در دو دوره پایه(۱۹۸۰-۲۰۱۶) و شبیه سازی شده (۲۰۱۷-۲۰۵۰) استفاده شد. برای درک ماهیت پیچیده جو و پیش بینی تغییرات آن در آینده باید از روابط کمی بین پارامترهای موثر استفاده شود. معتبرترین ابزار برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سامانه های گوناگون، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده با مدل های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی است. این مدل ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلند مدت با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC مدل سازی کنند (لانه[1] و همکاران، ۱۹۹۹، میشل، ۲۰۰۳). مدل های مختلف آماری و دینامیکی برای شبیه سازی و تبدیل در مقیاس ریز، مدل های GCM ابداع شده اند که قادرند خروجی مدل های عددی را تا حد مقیاس ایستگاه مدل کنند. LARS-WG یکی از معروفترین مدل های مولد داده های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت در یک ایستگاه برای اقلیم حاضر و آینده به کار می رود. (سمونوف[2] و همکاران،۲۰۰۲) این مدل برای مدلسازی متغیرهای هواشناسی توزیع آماری پیچیده ای را بکار می برد. این مدل، ماهیت مدل های پیش بینی کننده را ندارد. بلکه قادر به تولید یک سری داده های هواشناسی با مشخصه های آماری مشابه دوره اقلیمی می باشد(راسکو[3] و همکاران، ۱۹۹۱)، که از سه بخش اصلی کالیبراسیون، ارزیابی و ایجاد داده های هواشناسی تشکیل شده است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۴). استفاده از مدل لارس در این پژوهش بعلت عملکرد آن در مورد بارش که در مقایسه با مدل های دیگر تفاوت زیادی دارد، در مدل لارس شدت کاهش و افزایش بارش نسبت به دوره پایه، کمتر می باشد. شدت کاهش و افزایش بارش نسبت به دوره پایه، در مدل های دیگر زیاد می باشد. سناریوهایRCP نشان دهنده محرکه های تابشی هستند و در میان آنها سناریوی RCP2.6 سناریوهای انتشار و محرکه های تابشی کم و سناریوی RCP8.5 محرکه های تابشی و سناریوهای انتشار زیاد، سناریوهای RCP4.5 و 6.0 حالت متوسط دارند(مرنگو[4] و همکاران،۲۰۱۴). یکی از معیارهایی که در تهیه سناریوهای RCP مورد توجه بوده است توانایی آنها در شبیه سازی کاربری اراضی از قبیل زمین های زراعی، مراتع و پوشش گیاهی می باشد که بر اساس آنها در RCP2.6 تا سال ۲۱۰۰ زمین های زراعی افزایش و در RCP4.5 کاهش خواهند یافت و RCP6.0 مطابق سناریوی وضعیت موجود خواهد بود. به همین دلیل یکی از مهم ترین ویژگی این سناریو توانایی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم می باشد(ون یورن[5] و همکاران۲۰۱۱). از این جهت در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

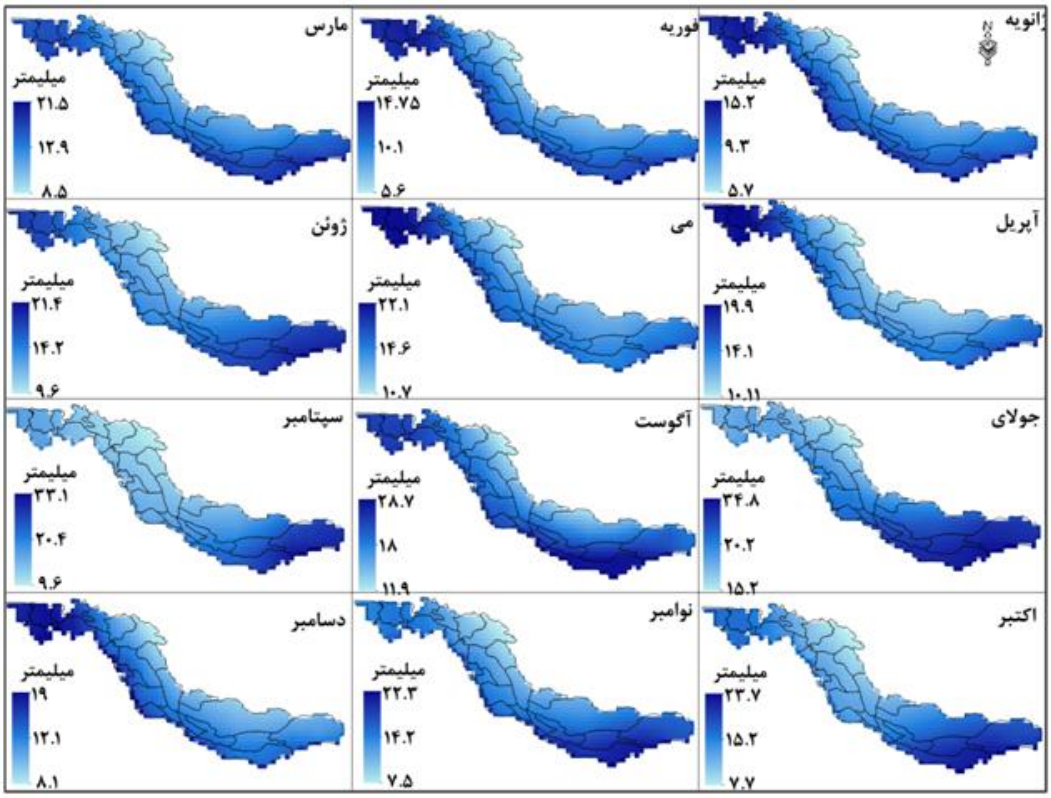
1 Lane
2 Semenov
3 Racsko
4 Marengo
5 Vanuuren

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

نتایج

تغییرات ماه به ماه آب قابل بارش

همانطور که نقشه شکل ۲ نشان می دهد تغییرات ماه به ماه آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه، توزیع فضایی ماهانه آب بارش در منطقه مورد مطالعه بر اساس داده های دقت بالای آب قابل بارش پایگاه ECMWF به صورت نقشه های ماهانه (تهیه شده از میانگین ۳۷ ساله داده های آب قابل بارش کلی) مورد بررسی قرار گرفت.

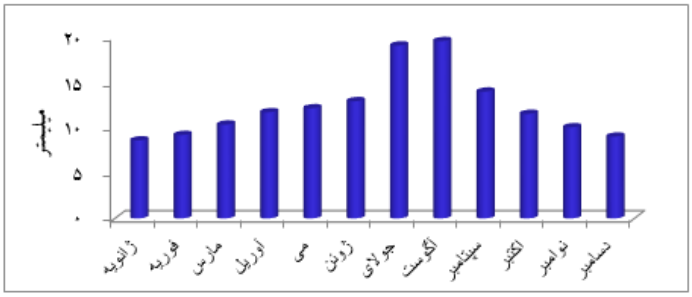


شکل(۲). توزیع فضایی ماهانه آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه بر اساس دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۱۶ (براساس داده های با اندازه پیکسل ۰/۱۲۵ درجه قوسی پایگاه داده ECMWF، نسخهEra-Intrim)

همان طور که مشاهده می گردد ماه های جولای و آگوست بیش ترین آب قابل بارش را که برابر میانگین به ترتیب ۱۹/۱ و ۱۹/۵ میلی متر می باشد داشته اند و ماه ژانویه کم ترین میزان را دارد که میانگین فضایی آن برابر با ۸/۶ میلی متر است. تغییر پذیری فضایی توزیع آب قابل بارش ماه دسامبر از دیگر ماه های سال بیش تر بوده و برابر ۰/۲۲ می باشد و ماه آوریل با میزان ۰/۱۲ کم ترین تغییر پذیری را داشته است. توزیع سری زمانی آب قابل بارش در اکثر ماه ها نسبت به میانگین متقارن بوده است بجز ماه ژوئن که چولگی مثبت بالایی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

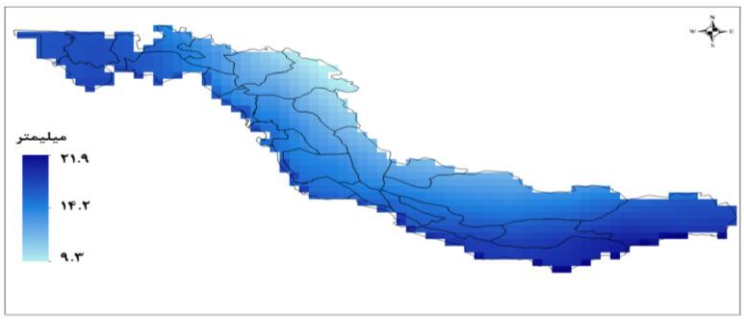
داشته است که گویای آن است سال هایی که آب قابل بارش بیشتر از میانگین بوده است فراوانی بیشتری داشته اند. میانگین فضایی آب قابل بارش ماهانه منطقه شمال خلیج فارس بر اساس میانگین ۳۷ ساله (۱۹۸۰-۲۰۱۶) به صورت نمودار در شکل (۳) ارائه شده است، در ماه جولای و اگوست آب قابل بارش منطقه مورد مطالعه به بیشترین حد خود رسیده در حالی که در ماه های فصل سرد این مولفه مشتق اقلیمی کاهش داشته است.



شکل(۳). میانگین فضایی آب قابل قابل بارش ماهانه در منطقه شمال خلیج فارس

پهنه بندی آب قابل بارش

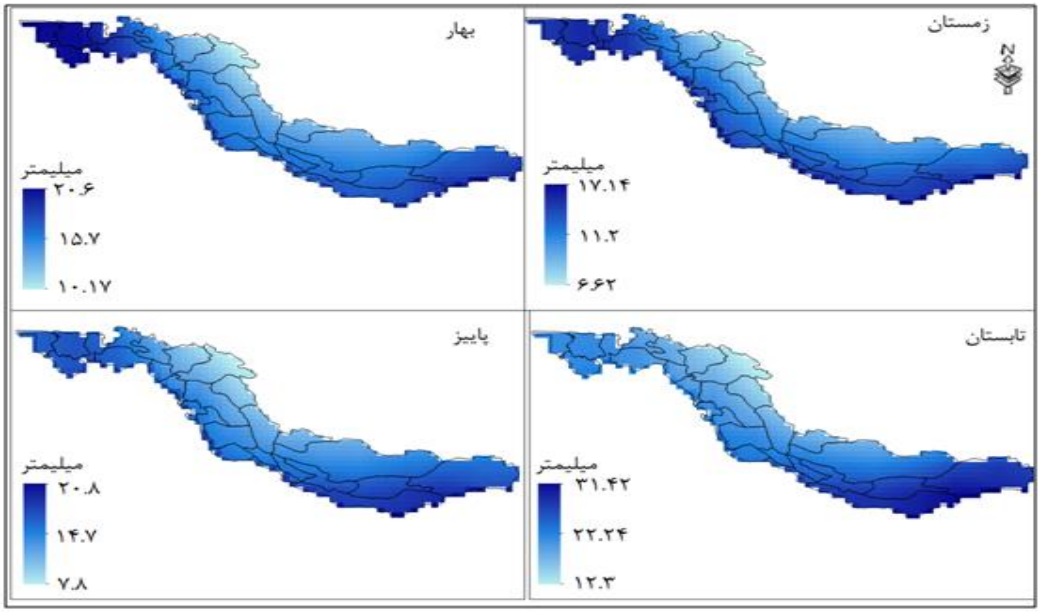
در شکل(۴) توزیع فضایی میانگین سالانه آب قابل بارش ارائه شده است. میانگین فضایی آب قابل بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۶/۲ میلی متر می باشد. انحراف معیار فضایی آن نسبتاً کم بوده و برابر ۲/۵ میلی متر است. بر این اساس مشخص می شود که تغییر پذیری فضایی آب بارشی در منطقه مورد مطالعه در مقیاس سالانه برابر ۰/۱۵ می باشد. دامنه تغییرات این توزیع فضایی که عبارت از اختلاف بین کم آب ترین پیکسل که مقدار آن برابر ۹/۲ میلی متر می باشد و پرآب ترین پیکسل که مقدار آن ۲۲ میلی متر می باشد حدود ۱۳ میلی متر است. اما بطور کلی توزیع فضایی سالانه آب بارشی در منطقه مورد مطالعه نسبتاً همگون بوده و الگوی فضایی آن تحت تأثیر دوری و نزدیکی از پهنه آبی خلیج فارس قرار گرفته است. بطوری که با نزدیک شدن به این پهنه آبی منطقه افزایش پیدا کرده و با دور شدن از آن کاهش می یابد.



شکل(۴). توزیع فضایی سالانه آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه بر اساس دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۱۶ (براساس داده های با اندازه پیکسل ۰/۱۲۵ درجه قوسی پایگاه داده ECMWF، نسخهEra-Intrim

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

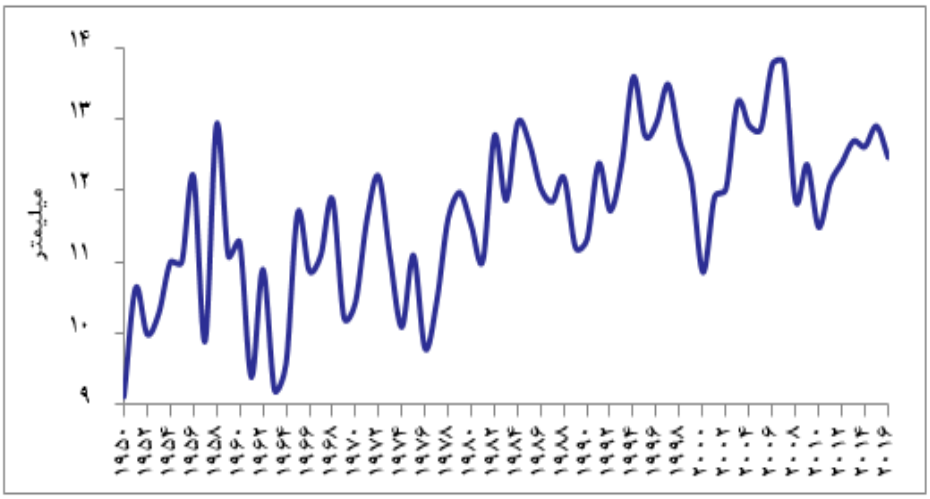
براساس شکل(۵) توزیع فضایی فصلی آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه بر اساس داده های پایگاه ECMWF ارائه شده است.



شکل(۵). توزیع فضایی فصلی آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه بر اساس دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۱۶ (براساس داده های با اندازه پیکسل ۰/۱۲۵ درجه قوسی پایگاه داده ECMWF، نسخهEra-Intrim

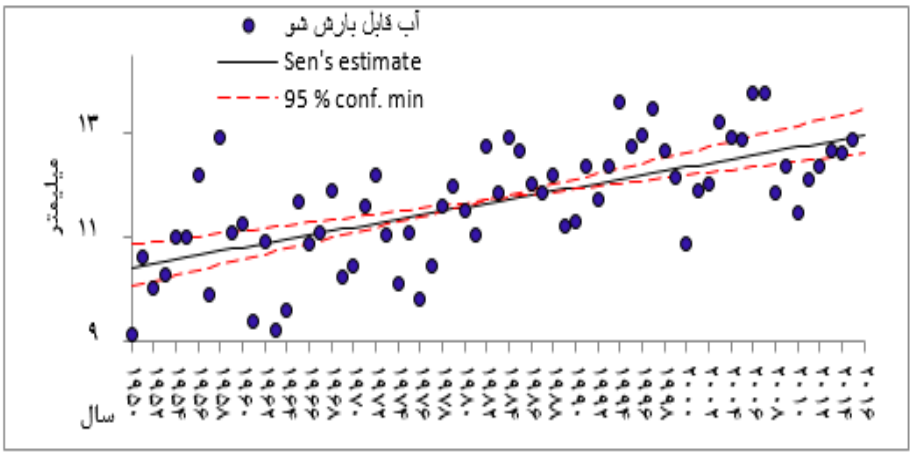
همان طور که مشاهده می گردد فصل تابستان بیش ترین آب قابل بارش را که برابر میانگین ۲۲/۲ میلی متر می باشد به خود اختصاص داده است و فصل زمستان کم ترین میزان را دارد که میانگین آن برابر با ۱۲/۴ میلی متر است. فصل بهار و پاییز به ترتیب ۱۵/۷ و ۱۴/۷ میلی متر آب قابل بارش داشته اند تغییرپذیری فضایی توزیع آب قابل بارش فصل تابستان از همه فصول بیش تر بوده، فصل بهار کم ترین تغییر پذیری را داشته است. توزیع فضایی آب قابل بارش منطقه از همگونی فضایی نسبی برخوردار است اما در همه فصول تعداد پیکسل هایی که آب قابل بارش آنها کم تر از میانگین است از فراوانی بیش تری برخوردار هستند. در شکل(۶)، میانگین فضایی سالانه آب قابل بارش در منطقه مورد بررسی طی دوره آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۶ که از پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR برای منطقه مورد بررسی ارائه شده است، طی دوره آماری مورد بررسی، میانگین سالانه آب قابل بارش در منطقه مورد بررسی ۱۲/۷ میلی متر بوده است که انحراف معیار سالانه این سری زمانی برابر ۰/۸ میلی متر در سال بوده است و ضریب تغییرات سالانه این سری برابر ۰/۰۶ بوده است. بالاترین آب قابل بارش با ۱۳/۶میلی متر مربوط به سال ۲۰۰۷ بوده است و کم ترین میزان آن نیز در سال ۱۹۶۴ مشاهده شد که در آن سال میانگین فضایی آب قابل بارش در منطقه مورد بررسی به ۹/۵ میلی متر رسیده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]



شکل(۶). میانگین فضایی سالانه آب قابل بارش در منطقه شمال خلیج فارس طی دوره آماری ۱۹۵۰-۲۰۱۶، براساس داده های پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR با تفکیک فضایی ۲/۵ درجه

برای ارزیابی روند بلند مدت آب قابل بارش منطقه مورد بررسی از مدل ناپارامتریک تخمینگر شیب Sens که در شکل(۷) ارائه شده است طی دوره آماری ۱۹۵۰-۲۰۱۶ استفاده گردید.



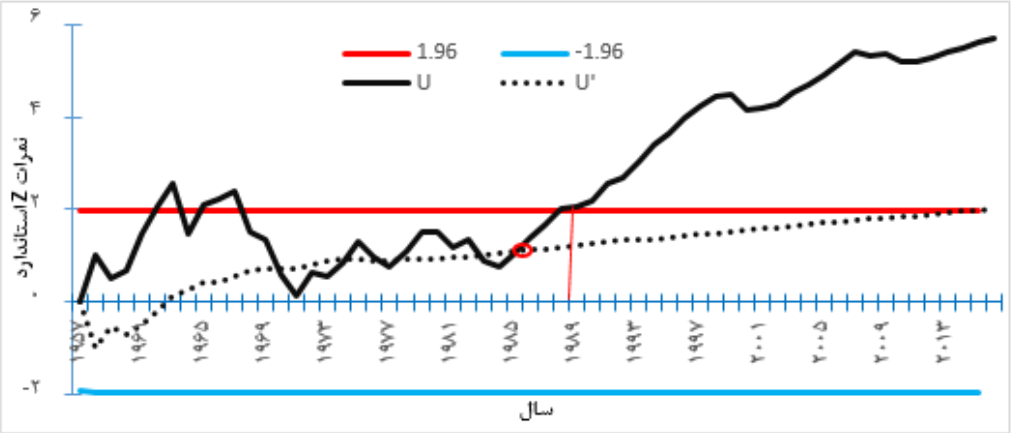
شکل(۷). تخمین‌گر شیب Sens برای سری زمانی ۶۷ ساله میانگین فضایی سالانه آب قابل بارش در منطقه شمال خلیج فارس طی دوره آماری ۱۹۵۰-۲۰۱۶، براساس داده های پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR با تفکیک فضایی ۲/۵ درجه

نتایج مدل ناپارامتریک تخمین‌گر شیب Sens که در فوق گزارش شد بیانگر آن بود که سری زمانی سالانه آب قابل بارش منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۶۷ ساله مورد بررسی روند افزایش داشته است، به گونه ای که هر ساله ۰/۰۴ میلی متر آب قابل بارش منطقه روند افزایش داشته است، اما برای آگاهی از این که از چه سالی به بعد تغییر معنی داری در روند سری زمانی آب قابل بارش منطقه رخ داده است یا به عبارت دیگر جهشی در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

میانگین بلند مدت آب قابل بارش منطقه روی داده است، از آزمون ناپارامتریک گرافیکی من-کندال در سطح اطمینان ۰/۹۵ (Sig=0.05) استفاده گردید که به صورت نمودار شکل ۸ ارائه شده است.

همانطور که مشاهده میگردد، دو مولفه آزمون ناپارامتریک گرافیکی من-کندال، یعنی U و 'U طی دوره آماری مورد بررسی به کرات همدیگر را قطع کرده اند که نشان دهنده تغییر ناگهانی یا جهش در میانگین بلند مدت است اما تغییرات روی داده در سطح اطمینان ۰/۹۵ (Sig=0.05) معنی دار نبوده است اما بعد از جهش در میانگینی که در سال ۱۹۸۸ مشاهده شد روند سری زمانی آب قابل بارش از سال ۱۹۸۹ به بعد از محدوده فوقانی سطح اطمینان داری ۰/۹۵ یعنی ۱/۹۶ خارج شده که نشان دهنده آن است رفتار سری زمانی بعد از آن سال بصورت معنی داری افزایش بوده است. در سال ۱۹۸۸ همدیگر را قطع کرده اند و از سال ۱۹۸۹ به بعد، سری زمانی آب قابل بارش منطقه مورد بررسی روند افزایش داشته است. بنابراین سال ۱۹۸۹ را می توان سال جهش یا تغییر در میانگین فضایی سری زمانی آب قابل بارش منطقه شمال خلیج فارس قلمداد نمود. نتایج تست تخمینگر شیب Sens بیانگر آن بود که سری زمانی ۶۷ ساله آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری مورد بررسی در جدول(۱) ارائه شده است.



شکل(۸). آزمون ناپارامتریک گرافیکی من-کندال برای آشکارسازی سال جهش در سری زمانی ۶۰ ساله آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه در سطح اطمینان ۰/۹۵ براساس داده های آب قابل بارش پایگاه NCEP/NCAR با اندازه پیکسل ۲/۵ درجه قوسی

همان طور که در این جدول مشاهده می گردد، هر ساله میزان آب قابل بارش منطقه مورد مطالعه به طور متوسط ۰/۰۴ میلی متر روند افزایش داشته است و این افزایش نه تنها در سطح اطمینان ۰/۹۵ بلکه در سطح اطمینان ۰/۹۹ نیز معنی دار بوده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

جدول(۱). نتایج اجرای تخمینگر شیب Sens برسری زمانی آب قابل بارش منطقه مورد بررسی طی دوره آماری ۱۹۵۰-۲۰۱۶ براساس داده های پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR با تفکیک فضایی ۲/۵ درجه ای

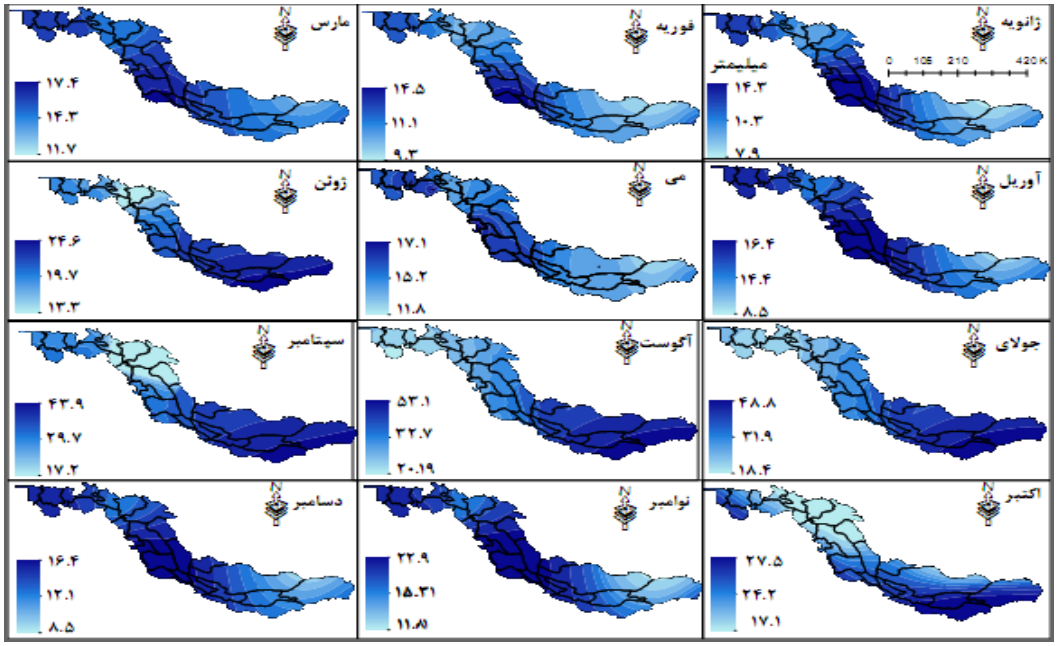
پارامترهای تخمینگر شیب Sens	مقدار
Q	۰/۰۴
Qmin95	۰/۰۲۱
Qmax95	۰/۰۶۲
Beta	۱۰/۴۲
sig	۰۰/۰۰۰

تاثیر تغییرات اقلیمی در آب قابل بارش در ماه های سال(ماه به ماه)

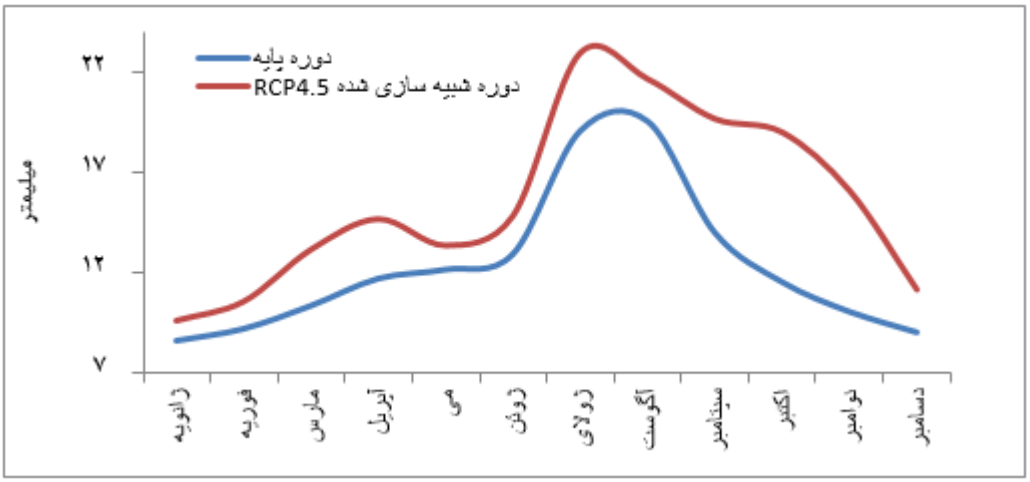
همانطور که در نقشه‌های ماهانه توزیع فضایی آب قابل بارش در دوره شبیه سازی شده شکل(۹)، مشاهده می گردد، در ماه ژانویه میانگین فضایی آب قابل بارشی منطقه به حدود ۶/ ۱۱ میلی متر که نسبت به میانگین فضایی همین ماه در دوره پایه که حدود ۸/۶ میلی متر بوده است حدود ۳ میلی متر یا ۰/۳۰ افزایش داشته، توزیع فضایی آب قابل بارش در سطح منطقه مورد بررسی در این ماه، از ۷/۳ تا ۱۴/۳ میلی متر در نوسان است. بالاترین میزان در منطقه در شهرستان های استان بوشهر(دشتی، دشتستان، بندر دیر) و سپس شهرستان های جنوبی خوزستان (شادگان، آبادان و خرمشهر) بسیار بالا است در حالی که در نواحی شمال شرق منطقه به پایین ترین حد خود رسیده است. ضریب تغییرات فضایی آب قابل بارش در این ماه نیز در دوره شبیه سازی شده، نسبت به دوره پایه کاهش داشته و از ۰/۱۸ به ۰/۱۴ رسیده است. در ماه فوریه میزان آن در منطقه مورد بررسی در دوره شبیه سازی شده به ۱۲/۵۶ میلی متر رسیده و حدود ۳ میلی متر نسبت به دوره پایه افزایش داشته است. و در ماه مارس نیز میزان افزایش قابل توجه است به طوری که در این ماه آب قابل بارش از ۱۰/۳۶ به ۱۵/۱ میلی متر رسیده است. در سایر ماه ها نیز مقدار مطلق میانگین فضایی آن، با شدت و ضعف های مختلف افزایش داشته است که در شکل (۹) ارائه شده است.

توزیع فضایی آب قابل بارش، در دوره شبیه سازی شده نسبت به دوره پایه دو تغییر عمده داشته است اول اینکه مقدار مطلق میانگین فضایی آب قابل بارش در همه ماه ها، افزایش داشته به گونه‌ای که این افزایش در فصل سرد تا ۰/۳۰(در ماه ژانویه) و در فصل گرم(ماه جولای) تا ۰/۰۵ بوده است. و تغییر عمده دیگر در توزیع فضایی آب قابل بارش در منطقه شمال خلیج فارس می‌باشد همانطور که از روی نقشه های میانگین دوره شبیه سازی شده مشاهده می گردد، ضریب تغییرات فضایی توزیع آب قابل بارش در منطقه در دوره شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5 پایین تر از ضریب تغییرات فضایی آن در دوره پایه بوده است که به نحوی نشان دهنده هموژنتر شدن توزیع فضایی رطوبت در منطقه مورد مطالعه در دوره تغییر اقلیم می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]



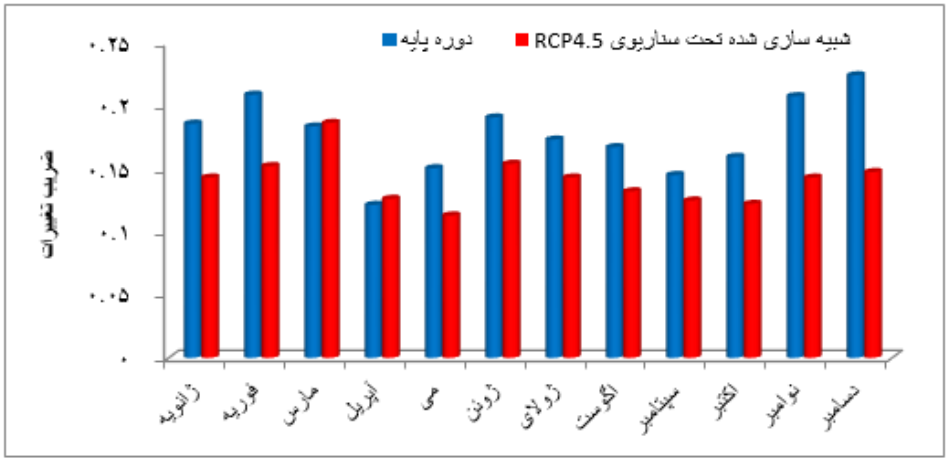
شکل(۹). توزیع فضایی ماهانه آب قابل بارش، در منطقه مورد بررسی در سال ۲۰۵۰، براساس برآورد مدل ریز مقیاس نمایی شده توسط مدل ابزار LARS-WG تحت سناریوی RCP4.5



شکل(۱۰).مقایسه میانگین فضایی ماهانه آب قابل بارش طی دوره پایه و شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5

همانطور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌گردد، میانگین عمومی ماهانه آب قابل بارش، در دوره شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5، بالاتر از دوره پایه بوده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]



شکل(۱۱). ضریب تغییرات توزیع فضایی آب قابل بارشی ماهانه در منطقه مورد بررسی طی دوره پایه و شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5

در جدول(۲)، علاوه بر مقایسه میانگین فضایی ماهانه شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5، اقدام به مقایسه شاخص های پراکندگی توزیع فضای آب قابل بارش در منطقه مورد بررسی در دوره شبیه سازی شده و دوره پایه نیز گردیده است. همانطورکه مشاهده می گردد، ضریب تغییرات توزیع فضایی آب قابل بارش، در منطقه مورد بررسی، در دوره شبیه سازی شده، نسبت به دوره پایه در همه ماه ها به جز ماه آوریل کاهش داشته است، به نوعی توزیع فضایی متغیر آب قابل بارش در دوره شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5، نسبت به دوره پایه از تغییرپذیری فضایی کم تری برخوردار بوده است و توزیع فضایی آب قابل بارش در کل منطقه همگونتر است.

جدول(۲). مشخصات آمار توصیفی توزیع فضایی آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه تحت سناریوی RCP4.5 برای منطقه مورد بررسی برآورد شده است

ماه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی
ژانویه	۱۱/۶۰	۱/۰۸	۰/۱۴	-۰/۸۴
فوریه	۱۲/۵۶	۱/۲۸	۰/۱۵	۰/۳۹
مارس	۱۵/۱۵	۲/۰۷	۰/۱۹	۰/۴۹
آپریل	۱۶/۶۹	۱/۲۷	۰/۱۳	۰/۳۳
می	۱۵/۳۶	۰/۹۷	۰/۱۱	-۰/۱۴
ژوئن	۱۶/۸۴	۱/۷۵	۰/۱۵	۰/۷۸
جولای	۲۸/۰۷	۲/۶۱	۰/۱۴	۰/۰۱
اگوست	۳۲/۸۷	۲/۷۰	۰/۱۳	-۰/۰۹
سپتامبر	۲۵/۶۰	۱/۹۲	۰/۱۲	۰/۲۲
اکتبر	۲۱/۰۳	۱/۵۲	۰/۱۲	۰/۶۷
نوامبر	۱۱/۶۰	۱/۰۸	۰/۱۴	-۰/۸۴
دسامبر	۱۳/۱۵	۱/۲۸	۰/۱۵	-۰/۰۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

طبق دو شاخص آماری مورد بررسی (میانگین فضایی، ضریب تغییرات) در همه ماه ها، مشاهده گردید که آب قابل بارش در دوره شبیه سازی شده نسبت به دوره پایه افزایش قابل ملاحظه ای نشان داده است.

صحت سنجی مدل

برای برآورد روند تغییر اقلیم یک ایستگاه توسط مدل LARS-WG به حداقل ۱۵ سال داده های مشاهداتی آن ایستگاه نیاز است. از این رو داده های ایستگاههای شمال خلیج فارس انتخاب گردید و بر روی چهار پارامتر صحت سنجی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده های دوره آماری و داده های تولید شده توسط مدل با استفاده از آزمون آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام می شود. با تحلیل نتایج بدست آمده از آزمون T-student دو طرف با فرض یکسانی واریانس در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value= 0.05) استفاده گردید که نتایج آن به صورت جدول(۳) ارائه شده است همانطور که مشاهده می‌گردد، نتایج آزمون T-student دو طرفه بیانگر آن بود تفاوت موجود بین مقادیر ماهانه میانگین فضایی آب قابل بارش در دوره شبیه سازی شده HADCM3 و دوره پایه کاملا معنی دار بوده است. ضریب تغییرات فضایی و چولگی توزیع فضایی آب قابل بارش در دو دوره پایه و شبیه سازی شده نیز به صورت معنی داری با هم متفاوت بوده اند.

جدول(۳). به کارگیری آزمون پارامتریک T-Student دو طرفه با فرض واریانس ثابت، برای مقایسه آماره های میانگین فضایی، ضریب تغییرات توزیع فضایی آب قابل بارش در منطقه شمال خلیج فارس در دو دوره پایه و شبیه سازی شده HADCM3

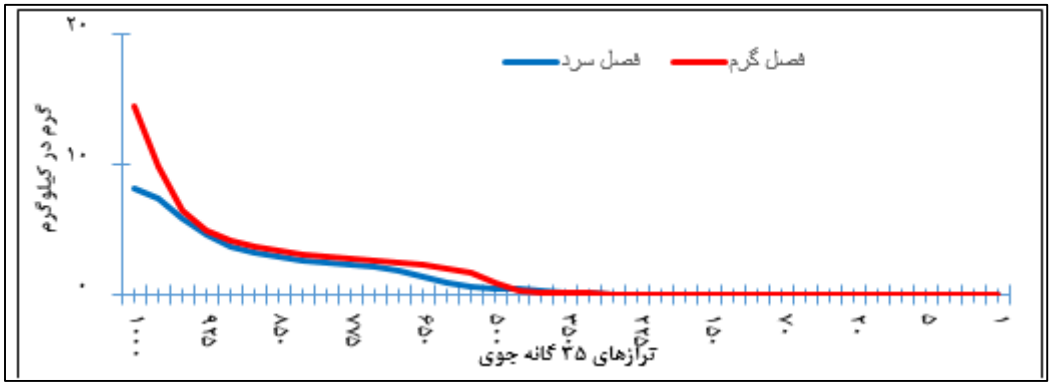
	Tبحرانی دو طرفه	T مشاهداتی(آزمون)	P_value	Sig
میانگین فضایی	۲/۰۷	۳/۲۴	۰/۰۵	25×10^{-5}
ضریب تغیرات	۲/۰۷	-۴/۶	۰/۰۵	14×10^{-5}

مهم ترین ترازهای جوی در آب قابل بارش منطقه

توزیع عمودی آب قابل بارش به تفکیک دو فصل گرم و سرد برای میانگین فضایی منطقه نشان داد، در فصل سرد تراز ۱۰۰۰هکتوپاسکال به تنهایی حدود ۱۶ درصد از کل آب قابل بارش ترازهای جوی را به خود اختصاص داده است. تراز ۹۷۵ هکتوپاسکال نیز حدود ۱۴ درصد را شامل می‌شود، در فصل گرم این میزان در دو تراز نزدیک به سطح زمین بالاتر می رود به گونه ای که در جدول(۳) مشاهده می گردد دو تراز ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال در به ترتیب ۲۱ درصد و ۱۴ درصد را به خود اختصاص داده اند. دو تراز انتهایی جو یعنی ۱ هکتوپاسکال و ۲ هکتوپاسکال، هر دو کم تر از ۰/۰۰۴ درصد از کل آب قابل بارش ستون جو را به خود اختصاص داده اند. هیچ یک از تراز های بالاتر از ۵۵۰ هکتوپاسکال، چه در فصل گرم و چه در فصل سرد، بالاتر از ۱ درصد را به خود اختصاص نداده اند. نکته قابل توجه این است که در فصل گرم روند نزولی آب قابل بارش از سطح زمین به ترازهای فوقانی نسبت به فصل سرد شتاب بالاتری دارد. توزیع عمودی آب قابل بارش در ترازهای ۳۵ گانه جوی به تفکیک فصل گرم و سرد در شکل (۱۲) ارائه شده است. به‌طوری‌که در ترازهای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

۱۰۰۰تا ۹۵۰ تفاوت محسوسی بین مقدار رطوبت ویژه فصل گرم و سرد وجود دارد در حالیکه در سایر ترازها تفاوت معنی داری بین رطوبت ویژه این دو فصل قابل مشاهده نیست اما همواره رطوبت ویژه فصل گرم بیش تر بوده است از تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال به بالاتر رطوبت ویژه کم تر از ۱ گرم بوده و در تراز ۳۵۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه به ۰/۱۸۵ گرم رسیده است و در تراز ۱ هکتوپاسکال نیز میزان رطوبت ویژه به صفر نرسیده است و ۰/۰۰۴ گرم در کیلوگرم بوده است.



شکل(۱۲). توزیع عمودی رطوبت ویژه جو در تراز های ۳۵ گانه جو منطقه به تفکیک فصل سرد و گرم(براساس داده های با اندازه پیکسل ۰/۱۲۵ درجه قوسی پایگاه داده ECMWF، نسخه Era-Intrim)

نتیجه گیری

توزیع فضایی آب قابل بارش در منطقه مورد بررسی در فصل گرم حساسیت بالاتری به دوری و نزدیکی به پهنه آبی خلیج فارس دارد و در فصل سرد توزیع همگونتر بوده و حساسیت کم تری به دوری و نزدیکی به خط ساحلی نشان می دهد. همین مسئله یعنی وابستگی کم تر توزیع فضایی آب قابل بارش به دوری و نزدیکی به ساحل در فصل سرد، موجب شده که توزیع آن در منطقه در فصل سرد هموژنتر از فصل گرم باشد. آب قابل بارش در همه ماه ها با شدت و ضعف های مختلف در منطقه مورد بررسی روند افزایشی داشته است و علاوه بر آن، تغییرپذیری فضایی آن در منطقه نیز در دوره شبیه سازی شده نسبت به دوره پایه کاهش پیدا کرده و گویای آن است که توزیع در منطقه همگونتر شده است. افزایش آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه به نظر می رسد در پاسخ به گرمایش جهانی باشد که یکی از نتایج آن بالابردن ظرفیت رطوبت پذیری جو منطقه بوده است، بنابراین این افزایش که خروجی مدل تغییر اقلیم تحت سناریوی RCP4.5 نشان داد، لزوما به معنی افزایش بارش در منطقه نمی باشد زیرا همانطور که توضیح داده شد، آب قابل با افزایش ظرفیت رطوبتی هوا نیز در پی افزایش دما بالا رفته است و بنابراین فاصله تا اشباع (که مرز بارش است) علی رغم افزایش آب قابل بارش، هیچ تغییری نکرده است بنابراین نمی توان انتظار داشت که با افزایش آن، بارش منطقه نیز افزایش پیدا کند. هموژنتر شدن یا کاهش ضریب تغییرات توزیع فضایی آب قابل بارش در سطح منطقه در دوره شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP6.4 می تواند ناشی از پاسخ دمای اقلیم منطقه به گرمایش جهانی باشد نواحی جنوبی منطقه به دلیل نزدیکی به دریا و بالا بودن رطوبت، پاسخ ملایم تری به گرمایش جهانی داده در حالی که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

نواحی بری تر و دور تر از ساحل یعنی نواحی شمالی منطقه میزان افزایش دمای بالاتری را در پی تغییر اقلیم نشان می دهند، که این تغییر به معنی نزدیک تر شدن ظرفیت رطوبتی در کل منطقه به همدیگر بوده و نتیجه آن، همگونتر شدن توزیع فضایی آب قابل بارش در سطح منطقه می باشد که در این تحقیق نیز این نتیجه مشاهده شد. می‌توان گفت بالا رفتن آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه، در دوره شبیه سازی شده تحت سناریوی RCP4.5 لزوما به معنی افزایش بارش یا پتانسیل بارش زایی در منطقه نمی باشد بلکه این افزایش در واقع در پاسخ به افزایش دما و سپس افزایش ظرفیت رطوبتی منطقه رخ داده است و فاصله تا اشباع همچنان ثابت مانده است. اما نکته مهمی که می تواند حاصل افزایش آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه باشد، افزایش رخدادهای حدی بارش می باشد. بدین معنی که با افزایش آب قابل بارش در منطقه در صورتی که در یک رخداد بارشی دمای منطقه کاهش پیدا کند، به دلیل بالا بودن آب قابل بارش در منطقه، رخدادهای بارشی سنگین تر بوده و پتانسیل رخداد بارش های رگباری شدیدتر و سنگین تر تشدید می شود. بنابراین با در دسترس بودن مقادیر بالاتر آب قابل بارش در دوره شبیه سازی شده نسبت به دوره پایه، در همه ماه ها احتمال رخداد بارش های سنگین تر بالا می رود. منابعی که در پیشینه مورد بررسی قرار گرفت هر کدام به محاسبه آب قابل بارش پرداخته است اما در این تحقیق تغییرات آب قابل بارش متاثر از تغییرات اقلیمی در پهنه شمالی خلیج فارس مورد آزمون قرار گرفته که تغییرات اقلیمی حاصل از افزایش دمای جهانی تغییراتی را در توزیع آب قابل بارش منطقه ایجاد نموده بررسی این تغییرات نشان می دهد که پتانسیل های لازم جهت بهره برداری از آب جو در چه بخش هایی از این منطقه و در چه بازه های زمانی یافت می شود.

منابع

اردکانی، حسین؛ مرادی، محمد؛ قائمی، هوشنگ؛ (۱۳۸۷). **تخمین بارش به وسیله سرعت قائم و آب قابل بارش**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران، شماره مقاله ۶۵۳.

بابائیان، نجفی نیک؛ ایمان، زهرا؛ (۱۳۸۴). **مدلسازی اقلیم ایران** در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹، پروژه خاتمه یافته پژوهشکده اقلیم شناسی، مشهد، ۱۳-۵ و ۱۰۷

صادق حسینی، علیرضا؛ حجام، سهراب؛ تفنگ ساز، پوریا؛ (۱۳۸۴). **ارتباط آب قابل بارش ابر و بارندگی دیده بانی شده در منطقه تهران**، مجله فیزیک زمین و فضا، ۲: ۱۳-۲۱

مباشری، محمدرضا؛ پورباقرکردی، مهدی؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ صادقی نائینی، علی؛ (۱۳۸۷). **برآورد آب قابل بارش کلی** با استفاده از تصاویر ماهواره ای MoDis و داده های رادیوساوند، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

مباشری، محمدرضا؛ باقر کردی، مهدی؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ صادقی نائینی، علی؛ (۱۳۸۹). **برآورد آب قابل بارش کلی** با استفاده از تصاویر ماهواره ای مدیس و داده های رادیوسوند ناحیه تهران، فصلنامه علمی پژوهشی مدرس علوم انسانی، ۱۴: ۱۰۷-۱۲۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]

[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]

محمدیها، امیر؛ معماریان، محمد حسین؛ آزادی، مجید؛ ریحانی پروری، محمد؛ (۱۳۹۳). **بررسی پیش بینی های مدل wrf برای آب قابل بارش** و ارتباط آن با برآورد بارش به کمک داده های رادار تهران، مجله ژئوفیزیک ایران، ۸(۳):۱-۱۳

مرادی، محمد؛ (۱۳۸۲). **محاسبه آب قابل بارش،** میانگین دمای جو و شکست اتمسفری با داده های کاوشگر، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۹۳-۸۵

Crowley T. J. and K. Y. 1999. **Modeling the Temperature Response to Forced climate change over the last six centuries**, Geophys, Res,Lett. 26: 1901-1904.

Gao C. B. and Kaufman G. 2003. **The Modis near IR water vapor algorithm** www. Gsfc. Nasa, Gov/MODIS-Atmosphere/-docs/atbd-modo3-pdf.

Holdway M. A. 2004. **effects of Global warming on precipitable water vapour above sub-millimeter wavelength astronomical sites**, national radio astronomy observatory January 28.

IPCC. 2007. **Summary for policymakers**, Climate change **,** the physical science basis.

Kristin K. Brin G. 2008. Global **positioning system GPS perceptible water in forecasting lightning at spaceport Canaveral**, Weather Forecasting, 23: 219-232.

Lane M. E. Kirshen P. H. and Vogel R. M. 1999. **Indicators of impact of global climate change on U.S**. Water resources, ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management, 125(4), 194-204

Marengo J. A. Chou S. C. Torres R. R. Giarolla A. Alves L. M. &Lyra A. 2014. **Climate change in central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture**. Working Paper, No 73.

Mitchell T. D. 2003. **Pattern scaling: an examination of accuracy of technique fordescribing future climates**, climatic change, 60, 217-242

Pao-shin ch. And Igor I. 2002. **recent climate change in precipitable water in the Global tropics as revealed in NCEP/NCAR reanalysis**. JGR-Atmo spheres.

Peiming W. 2003. **diurnal variation of precipitable water over a mountainous area of Sumatra island**, Journal of applied meteorology, 3: 1107-1114.

Racsko P. L. Szeid1 and M. 1991. **A serial approach to local stochastic weather models.** Ecological modeling 57: 1 27-41

Raisanen J. Hansson U. Ullerstig A. Doscher R. Graham L. P. Jones C. and Willen U. 2004. **European climate in the late twenty-firs century**: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios, Climate dynamic, 22(1). 13-31

Semenov M. A. and E. M. 2002. **LARS-WG: a stochastic weather generator for use in climate impact studies user manual.** Rothamsted Research Harpenden version3.0.

Stanley K. Andrews J. 2006. **A Blended satellite Total perceptible water product for operational forecasting**, Journal of Atmospheric and oceanic Technology, (24): 74-81.

Van Vuuren D. P. Edmonds J. Kainuma M. Riahi K. Thomson A. Hibbard K. & Rose S. K. 2011. **The representative concentration pathways. An overview**, Climatic Change, 109, 5-31.

Wagner T. 2006. **Global trends of total column precipitable water observed by Global ozone monitoring**, Journal of Geophysical research, vol. III, D12102.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.49.8.1]
[DOI: 10.29252/jgs.18.49.75]