

تحلیل تغییر پذیری مکانی بارندگی شدید با استفاده از آمار مکانی، شمال غرب ایران

محمد عرب امیری^{۱*}، محمد سعدی مسگری^۲

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

تغییرات آب و هوا اثرات زیادی بر روی اقلیم یک منطقه و به ویژه پدیده‌های شدید آب و هوایی نظیر خشکسالی، سیل و طوفان دارد. منطقه شمال غرب ایران که شامل سه استان اردبیل، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی است و دریاچه ارومیه را نیز شامل می‌شوند، و شامل ۲۲ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی می‌باشد، برای بررسی بارندگی‌های شدید انتخاب شد. شاخص ساده شدت بارندگی، یکی از رایج‌ترین شاخص‌های مورد استفاده برای بیان بارندگی‌های شدید می‌باشد. در این تحقیق از سری‌های زمانی بارندگی و تعداد روزهای بارندگی سالانه بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ میلادی برای بررسی تغییرپذیری فضایی بارندگی‌های شدید استفاده شد. بدین منظور، روند فضایی دو بعدی بارندگی‌های شدید توسط روش کمترین مربعات دو بعدی در طول طول و عرض جغرافیایی در دوره‌های پنج ساله به کار گرفته شد. به منظور تعیین معنادار بودن تغییرپذیری‌های مکانی حاصله نیز از روش آمار F- استفاده شد. در نهایت نتایج حاکی از وجود روند مثبت در بارندگی‌های شدید بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ به سمت جنوب و غرب منطقه مطالعه بود.

واژه‌های کلیدی : بارندگی شدید، تغییر پذیری مکانی، شمال غرب ایران، دریاچه ارومیه، آمار مکانی



۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی اثرات بسیاری بر محیط زیست، اقتصاد، اکوسیستم و کشاورزی دارد [۱-۳]. تغییرات اقلیمی منجر به تغییرات شدت، دوره، و زمان وقوع پدیده‌های شدید آب و هوایی می‌شوند [۴]. بنابراین مطالعه تغییرات پدیده‌های شدید اقلیمی از جمله بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، از آنجا که تغییرات آب و هوا دارای اثرات منطقه‌ای می‌باشد، مطالعه منطقه‌ای اثرات تغییرات اقلیمی بسیار مورد توجه می‌باشد [۵].

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی بر روی تغییرات متغیرهای هواشناسی انجام شده است؛ که از میان آن‌ها مطالعات انجام شده در زمینه بارندگی از کثرت بیشتری برخوردار می‌باشد. بنابراین در طول سده‌های اخیر مطالعات زیادی در مورد تغییرات بارندگی توسط روش‌های آماری مختلف و توسط شاخص‌های مختلف انجام گرفته است [۶-۸]. همچنین، پدیده‌های شدید آب و هوایی می‌توانند توسط مطالعه سه متغیر دما، بارش و باد بررسی شوند. در نتیجه، در طول سال‌های گذشته مطالعات زیادی در مورد بارندگی‌های شدید در مقیاس‌های گوناگون انجام شده است [۹-۱۴].

غالب تحقیقات گذشته به بررسی روند زمانی متغیرها پرداخته، و سپس با استفاده از روش‌های درونیابی متغیرهای مورد نظر را بر روی نقشه نگاشت کرده‌اند [۶، ۱۵]. تنها در یک مطالعه اخیر، به بررسی روند فضایی دو متغیر اقلیمی بیشینه دما و بارندگی کلی را در بنگلادش گرداخته شده است [۵]. از طرف دیگر، تشکیل سطوح پیوسته از متغیر مورد نظر در شبکه نقاط اندازه‌گیری شده در طول فضا می‌تواند هم توسط روش‌های درونیابی و هم توسط روش‌های تقریب سطح انجام شود. بنابراین تقریب سطح می‌تواند به عنوان یک مسئله رگرسیون در نظر گرفته شود، و مقدار متغیر مورد نظر در نقاط اندازه‌گیری نشده را باز تولید کند. لازم به ذکر است که تفاوت درونیابی و تقریب در این است که در درونیابی، تابع مورد نظر از نقاط اندازه‌گیری شده عبور می‌نماید، اما در تقریب از میان نقاط اندازه‌گیری شده عبور کرده و سعی در تولید سطحی می‌کند که بهترین انطباق را در کل منطقه داشته باشد. بنابراین، با استفاده از تقریب قادر خواهیم بود که سطوحی ایجاد کنیم که به طور مستقیم میزان تغییرپذیری فضایی را در طول عرض و طول جغرافیایی در منطقه مطالعه نشان دهد. بنابراین در این مطالعه از تقریب کمترین مربعات دو بعدی برای بررسی توزیع فضایی شاخص ساده بارندگی شدید در ۶ دوره پنج ساله بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ استفاده شد. در نهایت، ضرایب توابع تقریب زده شده به عنوان روند فضایی در طول عرض و طول جغرافیایی در نظر گرفته شدند.

اقلیم بیش از ۸۰٪ کشور ایران در طبقه خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی شده‌اند. بنابراین، هر دو پدیده‌ی خشکسالی و سیل در این کشور به وفور دیده می‌شوند [۱۲، ۱۶]. مطالعات گذشته در شمال غربی ایران نشان‌دهنده‌ی روند کاهشی در میزان بارندگی این منطقه بوده‌اند [۱۷-۱۹]. دریاچه ارومیه نیز که بزرگترین دریاچه نمکی دنیا بوده و حدود ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد و در حال خشک شدن می‌باشد نیز در این منطقه واقع شده است. این فرآیند دارای سوء اثرات بر روی کشاورزی، محیط زیست، اکوسیستم و ساکنین منطقه است. بنابراین مطالعات انجام گرفته در این منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد [۲۰، ۲۱]. در نتیجه، در این تحقیق تغییرپذیری دوبعدی بارندگی‌های شدید در طول عرض و طول جغرافیایی در منطقه شمال غربی ایران به کمک روش تقریب دوبعدی کمترین مربعات بررسی می‌شود.

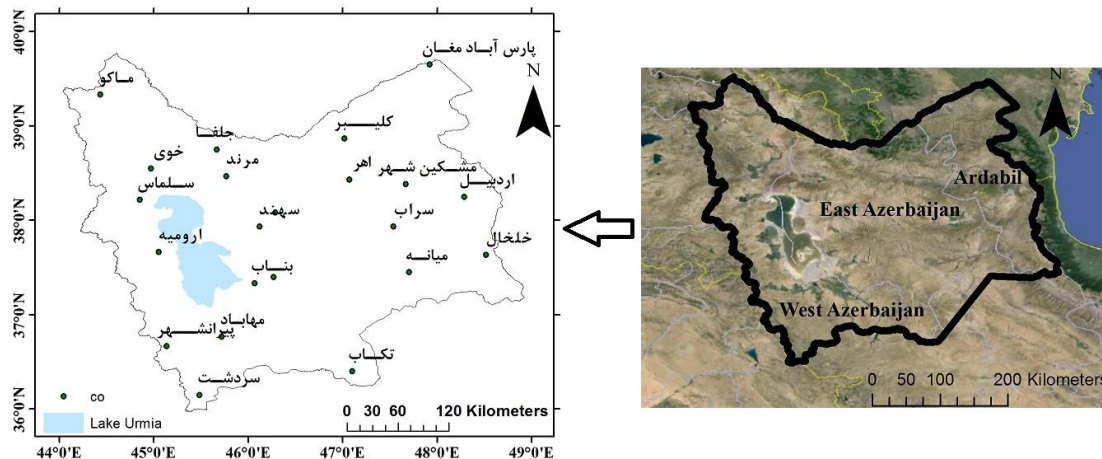
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعه

منطقه مطالعه واقع در شمال غربی ایران بوده، و شامل سه استان اردبیل، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی می‌باشد. این منطقه در موقعیت جغرافیایی بین طول جغرافیایی ۴۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه، و عرض جغرافیایی بین ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۵۵ دقیقه واقع شده است. مساحت منطقه به طور کلی برابر



۱۰۹.۲۹ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱). منطقه مطالعه همچنین شامل دریاچه ارومیه بوده که به طور کلی در شمال غربی ایران واقع شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعه به همراه ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در منطقه

در این مطالعه از داده‌های ماهانه بارندگی کلی و تعداد روزهای بارانی (با بارندگی بیش از ۱ میلی متر در روز) بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ از ۲۲ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی ایران استفاده شده است. این سری‌ها شامل رکوردهای اطلاعاتی با طول زمانی متفاوت می‌باشد. بنابراین در هر دوره مورد نظر از آمار ایستگاه‌هایی استفاده شد که شامل رکورد اطلاعاتی ثبت شده در دوره مورد نظر می‌باشد. مختصات جغرافیای ایستگاه‌های سینوپتیک مشاهده شده به همراه مقدار بارندگی کلی و تعداد روزهای بارانی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی، آمار بارش کل سالانه و تعداد روزهای بارانی و سال‌های ثبت شده اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مطالعه

سال‌های ثبت شده	تعداد روزهای بارانی		بارش کل سالانه		ارتفاع (m)	عرض جغرافیایی (dd)	طول جغرافیایی (dd)	نام ایستگاه
	انحراف از معیار (mm)	متوسط (mm)	انحراف از معیار (mm)	متوسط (mm)				
۲۰۱۰-۱۹۸۶	۵۲.۷	۲۸.۵۳	۰۵.۵۴	۱۹.۲۸۵	۵.۱۳۹۰	۴۳۳.۳۸	۰۶۷.۴۷	۱. اهر
۲۰۱۰-۱۹۸۱	۷.۹	۶.۵۳	۲۵.۷۳	۶۴.۲۸۳	۱۳۳۲	۲۵.۳۸	۲۸۳.۴۸	۲. اردبیل
۲۰۰۵-۲۰۰۰	۹.۵	۸۴.۴۲	۹۴.۶۲	۵۴.۲۵۷	۱۲۹۰	۳۳۳.۳۷	۰۶۷.۴۶	۳. بناب
۲۰۱۰-۱۹۸۶	۶۵.۸	۲۴.۴۰	۰۳.۶۴	۳۵.۲۰۵	۲.۷۳۶	۷۵.۳۸	۶۶۷.۴۵	۴. جلفا
۲۰۱۰-۲۰۰۰	۴۲.۸	۸۲.۶۴	۹۴.۶۶	۰۹.۳۸۵	۱۱۸۰	۸۶۷.۳۸	۰۱۷.۴۷	۵. کلیبر
۲۰۱۰-۱۹۸۷	۵۷.۱۲	۵۹.۶۲	۵۹.۸۴	۶۳.۳۷۸	۱۷۹۶	۶۳۳.۳۷	۵۱۷.۴۸	۶. کلیبر
۲۰۱۰-۱۹۸۱	۸۱.۱۱	۵۷.۴۸	۲۲.۷۸	۳۷.۲۷۲	۱۱۰۳	۵۵.۳۸	۹۶۷.۴۴	۷. خوی
۲۰۱۰-۱۹۸۵	۴۷.۸	۳۵.۵۴	۸۴.۱۰۰	۷۵.۴۰۳	۸.۱۳۵۱	۷۶۷.۳۶	۷۱۷.۴۵	۸. مهاباد
۲۰۱۰-۱۹۸۵	۸۵.۹	۷.۵۸	۵۵.۸۱	۷۱.۳۰۲	۳.۱۴۱۱	۳۳۳.۳۹	۴۳۳.۴۴	۹. ماکو
۲۰۱۰-۱۹۸۴	۵۴.۱۰	۸۲.۴۸	۸۸.۹۲	۶۶.۳۰۹	۷.۱۴۷۷	۴.۳۷	۲۶۷.۴۶	۱۰. مراغه
۲۰۰۵-۲۰۰۰	۸۴.۹	۸۴.۵۶	۶۹.۹۶	۴۷.۳۳۸	۱۵۵۰	۴۶۷.۳۸	۷۶۷.۴۵	۱۱. مرند



سال‌های ثبت شده	تعداد روزهای بارانی		بارش کل سالانه		ارتفاع (m)	عرض جغرافیایی (dd)	طول جغرافیایی (dd)	نام ایستگاه
	انحراف از معیار (mm)	متوسط (mm)	انحراف از معیار (mm)	متوسط (mm)				
۲۰۱۰-۱۹۹۶	۷.۰۲	۷۴.۶۴	۱۷.۷۲	۷۶.۳۸۰	۵.۱۵۶۸	۳۸۳.۳۸	۶۶۷.۴۷	۱۲. مشکین شهر
۲۰۱۰-۱۹۸۷	۳.۷	۳.۴۸	۹.۶۹	۱۱.۲۷۸	۱۱۱۰	۴۵.۳۷	۷.۴۷	۱۳. میانه
۲۰۱۰-۱۹۸۱	۴۵.۱۰	۶۴.۴۸	۵۳.۹۷	۱.۳۱۴	۱۳۲۸	۶۶۷.۳۷	۰۵.۴۵	۱۴. ارومیه
۲۰۱۰-۱۹۸۵	۳۶.۷	۳۵.۴۴	۹۱.۵۶	۵۱.۲۶۸	۹.۳۱	۶۵.۳۹	۹۱۷.۴۷	۱۵. پارس آباد مغان
۲۰۰۵-۱۹۸۷	۹۱.۱۳	۶۹.۶۷	۸۱.۱۹۱	۸۵.۶۶۳	۱۴۵۵	۶۶۷.۳۶	۱۳۳.۴۵	۱۶. پیرانشهر
۲۰۰۵-۱۹۹۶	۷۶.۶	۷.۴۱	۱۱.۳۶	۶۷.۲۰۲	۱۶۴۱	۹۳۳.۳۷	۱۱۷.۴۶	۱۷. سهند
۲۰۱۰-۲۰۰۲	۶۵.۶	۲۳.۴۴	۳۳.۵۲	۵۴.۲۴۸	۱۳۳۷	۲۱۷.۳۸	۸۵.۴۴	۱۸. سلماس
۲۰۱۰-۱۹۸۷	۷۴.۷	۳۴.۴۹	۹۲.۴۵	۴۵.۲۴۰	۱۶۸۲	۹۳۳.۳۷	۵۳۳.۴۷	۱۹. سراب
۲۰۱۰-۱۹۸۸	۵۵.۱۴	۸۷.۶۹	۱۵.۲۱۳	۲۸.۸۳۱	۸.۱۵۵۶	۱۵.۳۶	۴۸۳.۴۵	۲۰. سردشت
۲۰۱۰-۱۹۸۱	۶۲.۱۰	۸۴.۴۷	۰۴.۶۶	۲۵۴	۱۳۶۱	۰۸۳.۳۸	۲۸۳.۴۶	۲۱. تبریز
۲۰۱۰-۱۹۸۶	۹۳.۱۰	۲۴.۵۶	۸۲.۱۱۰	۶۶.۳۳۸	۲.۱۸۱۷	۴.۳۶	۱.۴۷	۲۲. تکاب

در این مطالعه جهت بررسی همگنی سری‌های زمانی استفاده شده، از چهار تست آماری استفاده شد. این چهار تست شامل تست همگنی نرمال استاندارد^۱، تست دامنه بیشاند^۲، تست پتیت^۳، و تست نسبت ون نیومن^۴ بوده [۲۲]، که به سری‌های زمانی ورودی ایستگاه‌های با بیش از ۲۰ سال رکورد اطلاعاتی اعمال شدند. این تست‌ها تمامی سری‌های زمانی را با سطح اطمینان ۹۹٪ در طبقه مفید طبقه‌بندی نمودند. تست تحلیل منحنی توده دوگانه^۵ نیز به سری‌های زمانی تمامی ایستگاه‌ها اعمال شد. در نهایت نتایج نشان‌دهنده‌ی این بود که سری‌های زمانی ورودی همگن بوده و می‌توانند برای تحلیل تغییرپذیری استفاده شوند.

۲-۲- شاخص ساده شدت بارندگی

شاخص ساده شدت بارندگی (SDII) ۶ برابر با نسبت بارش کلی سالانه به تعداد روزهای دارای بارش بیش از ۱ میلی متر می‌باشد [۲۳، ۲۴]. این شاخص برای تحلیل تغییرپذیری بارندگی‌های شدید بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ در منطقه مطالعه استفاده شد. شاخص SDII به صورت رابطه زیر بیان می‌شود [۲۵]:

$$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W} \quad (1)$$

در معادله بالا RR_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر بوده، و W برابر تعداد روزهای با بارش بیش از یک میلی‌متر در دوره زمانی j می‌باشد. در این مطالعه، این شاخص در هر دوره زمانی پنج ساله بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰، یعنی در ۶ دوره پنج ساله محاسبه می‌شود. بنابراین در هر دوره پنج ساله، تعداد متفاوتی ایستگاه

¹ standard normal homogeneity test

² Buishand range test

³ Pettitt test

⁴ Von Neumann ratio test

⁵ double-mass curve analysis

⁶ Simple precipitation intensity index



(ایستگاه‌هایی که دارای اطلاعات ثبت شده در دوره مد نظر بوده) استفاده می‌شوند. داده‌های در دسترس در دوره‌های زمانی مختلف در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

۲-۳- تغییرپذیری فضایی شاخص ساده شدت بارندگی

توزیع کلی انواع متغیرهای هواشناسی می‌تواند توسط رگرسیون دوبعدی مدل شود، که متغیر P_i در هر نقطه بر اساس مختصات X_i و Y_i نقطه قابل محاسبه است. تابع رگرسیون دوبعدی درجه یک می‌تواند توسط معادله زیر بیان شود:

$$P_1(x, y) = \beta_0 + \beta_1 x^i + \beta_2 y^j \quad (2)$$

که در معادله بالا β_k ضرایب، و x و y مختصات جغرافیایی می‌باشند.

به طور کلی، شاخص‌های اقلیمی همبستگی قابل توجهی به مختصات جغرافیایی دارند [۵]. جهت محدود نمودن واحد اندازه‌گیری مختصات جغرافیایی و اثرشان بر روی مقادیر ضریب رگرسیون، مختصات جغرافیایی استاندارد شدند [۲۶]. به منظور بررسی اینکه آیا تابع رگرسیون مقدار قابل توجهی از واریانس را در بر دارد یا خیر نیاز به تست معنادار بودن آماری می‌باشد. بنابراین، تست آماری نسبت F برای بررسی معنادار بودن آماری ضرایب تابع رگرسیون به دست آمده استفاده شد. تست نسبت F توسط معادله زیر بیان می‌شود [۲۶]:

$$F = \left(\frac{\%R^2}{Dfnum} \right) / \left(\frac{100 - \%R^2}{Dfden} \right) \quad (3)$$

در معادله بالا، $\%R^2$ ضریب تعیین سطح فیت شده، $Dfnum$ درجه آزادی تابع رگرسیون (درجه آزادی مدل) که مساوی تعداد ضرایب در تابع منهای یک (در اینجا ۲) بوده، و $Dfden$ درجه آزادی مربوط به باقیمانده‌ها (درجه آزادی خطا) که برابر تعداد مشاهدات (n) منهای تعداد ضرایب است، می‌باشند. بر طبق نسبت F محاسبه شده، سطوح معنادار در سطوح اطمینان مختلف بررسی می‌شوند.

۳- بحث و تحلیل نتایج

با به دست آوردن ضرایب رگرسیون دوبعدی در هر دوره پنج ساله، مقادیر نسبت F محاسبه می‌شوند. معنادار بودن هر تابع رگرسیون در هر دوره پنج ساله در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر F محاسبه شده که بزرگتر از مقدار F بحرانی در هر بازه اطمینان می‌باشند، تغییرپذیری قابل توجهی را در هر دوره مورد نظر نشان می‌دهند.

جدول ۲: سطح اطمینان تابع محاسبه شده در هر دوره زمانی

دوره زمانی	تعداد مشاهدات	$\%R^2$	SSE	نسبت F	Dfnum	Dfden	سطح اطمینان (%)			
							90	95	97.5	99
پنج سال اول	۴	۶۶۰.۰۶	۰.۱	۰.۹۷	۲	۱	خیر	خیر	خیر	خیر
پنج سال دوم	۱۱	۲۹.۸۴	۴.۲۸	۱.۷	۲	۸	خیر	خیر	خیر	خیر
پنج سال سوم	۱۶	۵۸.۲۵	۲۷.۸	۹.۰۷	۲	۱۳	بلی	بلی	بلی	بلی
پنج سال چهارم	۱۸	۴۴.۳۳	۲۰.۲۱	۵.۹۷	۲	۱۵	بلی	بلی	بلی	خیر
پنج سال پنجم	۲۱	۴۲.۵	۵۱.۳۴	۶.۶۵	۲	۱۸	بلی	بلی	بلی	بلی
پنج سال ششم	۱۸	۴۳.۱۵	۲۵	۵.۶۹	۲	۱۵	بلی	بلی	بلی	خیر

با توجه به جدول ۲، هیچ روند معناداری در اولین و دومین دوره پنج ساله دیده نمی‌شود (یعنی بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ و همچنین بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۰). این امر به دلیل تعداد کم مشاهدات یا ایستگاه‌های دارای رکورد

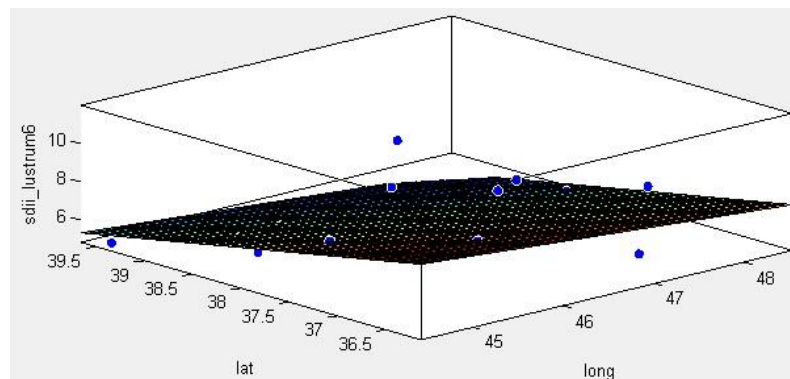


اطلاعاتی در این دوره می‌باشد (به ترتیب ۴ و ۱۱ ایستگاه). لیکن در باقی دوره‌ها شاهد تغییرات معنادار می‌باشیم. روند تغییرات در طول عرض و طول جغرافیایی در تمامی دوره‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳: روندهای فضایی و برای بارندگی‌های شمال غربی ایران در دوره‌های زمانی بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰

دوره زمانی	β_0	روند در طول جغرافیایی (mm dd^{-1})	روند در طول عرض جغرافیایی (mm dd^{-1})
پنج سال اول	۵.۱۷	-۰.۰۷۷	۱.۴۳
پنج سال دوم	۶.۶۳۹	-۰.۰۳۳	-۱.۷۱
پنج سال سوم	۱۰.۶۵	-۲.۵۶	-۵.۶۱
پنج سال چهارم	۸.۰۹	-۰.۵۱	-۳.۹۹
پنج سال پنجم	۱۰.۱۳	-۲.۰۱	-۵.۳۲
پنج سال ششم	۹.۱۹۱	-۱.۸۸۶	-۳.۹۷

نرخ تغییر توابع رگرسیون در طول عرض و طول جغرافیایی می‌تواند توسط مشتقات جزئی توابع با توجه به x و y در هر دوره زمانی به دست آید. همچنین می‌توان روند تغییرات بدست آمده در طول عرض و طول جغرافیایی را در صفحه نشان داد. بدین منظور صفحه کمترین مربعات برازش داده شده به نقاط اطلاعاتی در دوره پنج ساله ششم یعنی بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: ارائه سطح کمترین مربعات دوره پنج ساله ششم که توسط صفحه نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، این صفحه از میان نقاط مشاهداتی عبور کرده و به بهترین نحو به اطلاعات برازنده شده است.

با توجه به جدول ۲ و جدول ۳، می‌توان میزان تغییرات جهت‌های بارندگی‌های شدید در منطقه را مورد بررسی قرار داد. همان‌طور که در قبل ذکر شد، تنها سطوح برازش شده برای ۴ دوره پنج ساله آخر از نظر آماری معنادار می‌باشند. به طور جزئی‌تر روندهای بدست آمده برای دوره سوم و پنجم در سطح اطمینان ۹۹٪ معنادار بوده، در حالیکه این روندها برای دوره‌های چهارم و ششم در سطح اطمینان ۹۷.۵ درصد معنادار می‌باشند. بنابراین در این قسمت به تشریح نتایج بدست آمده برای این چهار دوره می‌پردازیم. در این تحقیق، جهت مثبت در طول جغرافیایی جهت غرب به شرق و جهت مثبت در طول عرض جغرافیایی جهت جنوب به شمال در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، روندهای بدست آمده در طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی منفی می‌باشند، بنابراین شیب روند بارندگی شدید در طول این چهار دوره، یعنی بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ به سمت غرب و جنوب می‌باشد. مورد جالب توجه دیگر این است که این شیب‌ها برای دوره‌های سوم و پنجم یعنی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ شبیه به یکدیگر می‌باشند. علاوه بر این، این روندها برای دوره چهارم و ششم یعنی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ بسیار شبیه می‌باشند.



۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، تغییرات فضایی در طول عرض و طول جغرافیایی بارندگی‌های شدید در شمال غربی ایران با استفاده از سری‌های زمانی بارندگی کلی سالانه و تعداد روزهای بارندگی بیش از یک میلی‌متر در طول دوره‌های زمانی پنج ساله بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ بررسی شد. شاخص SDII به عنوان شاخص توصیف بارندگی‌های شدید به کار گرفته شد. تست‌های همگنی برای ارزیابی همگنی داده‌ها قبل از بررسی تغییرپذیری مکانی استفاده شدند. سپس تغییرپذیری مکانی بارندگی‌های شدید با استفاده از تقریب کمترین مربعات دو بعدی بررسی شد. معناداری هر تابع رگرسیون برای بررسی اینکه آیا توابع به دست آمده مقدار وریانس قابل توجهی را دربردارند با استفاده از روش آمار F مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت ضرایب به دست آمده برای توصیف تغییرپذیری در جهات طول و عرض جغرافیایی به کار رفتند.

بنابر توابع به دست آمده که تغییرپذیری فضایی شاخص SDII در هر دوره را نشان می‌دهند، تغییرات بارندگی‌های شدید در هر دوره زمانی قابل توصیف است. از نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که روند افزایشی تغییرات بارندگی‌های شدید در منطقه بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ به سمت جنوب و غرب منطقه می‌باشد. در نهایت، روش ارائه شده در این تحقیق می‌تواند یک راهکار مناسب برای بررسی تغییرپذیری داده‌های اقلیمی در منطقه باشد.

مراجع

- [1] K.-O. Boo, W.-T. Kwon, and J.-K. Kim, "Vegetation change in the regional surface climate over East Asia due to global warming using BIOME4," *Nuovo Cimento C*, vol. 27, p. 317, 2004.
- [2] D. Zhang, C. Jim, C. Lin, Y. He, and F. Lee, "Climate change, social unrest and dynastic transition in ancient China," *Chinese Sci Bull*, vol. 50, pp. 137-144, 2005.
- [3] V. Capparelli, C. Franzke, A. Vecchio, M. P. Freeman, N. W. Watkins, and V. Carbone, "A spatiotemporal analysis of US station temperature trends over the last century," *J Geophys Res-Atmos*, vol. 118, pp. 7427-7434, 2013.
- [4] S. I. Seneviratne, N. Nicholls, D. Easterling, C. M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, *et al.*, "Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment," in *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*, C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, *et al.*, Eds., ed Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012, pp. 109-230.
- [5] A. K. Bhowmik, "Temporal patterns of the two-dimensional spatial trends in summer temperature and monsoon precipitation of Bangladesh," *ISRN Atmos Sci*, vol. 2013, 2013.
- [6] F. Wu, X. Wang, Y. Cai, and C. Li, "Spatiotemporal analysis of precipitation trends under climate change in the upper reach of Mekong River basin," *Quatern Int*, 2013.
- [7] J. Carrera-Hernández and S. Gaskin, "Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the Basin of Mexico," *J Hydrol*, vol. 336, pp. 231-249, 2007.
- [8] J. C. Espinoza Villar, J. Ronchail, J. L. Guyot, G. Cochonneau, F. Naziano, W. Lavado, *et al.*, "Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador)," *Int J Climatol*, vol. 29, pp. 1574-1594, 2009.



- [9] G. D. Baldassarre, A. Castellarin, and A. Brath, "Relationships between statistics of rainfall extremes and mean annual precipitation: an application for design-storm estimation in northern central Italy," *Hydrol Earth Syst Sc*, vol. 10 ,pp. 589–601, 2006.
- [10] N. Endo, J. Matsumoto, and T. Lwin, "Trends in precipitation extremes over Southeast Asia," *Sola*, vol. 5, pp. 168–171, 2009.
- [11] A. AghaKouchak and N. Nasrollahi, "Semi-parametric and parametric inference of extreme value models for rainfall data," *Water Resour Manag*, vol. 24, pp. 1229–1249, 2010.
- [12] H. Tabari, A. AghaKouchak, and P. Willems, "A perturbation approach for assessing trends in precipitation extremes across Iran," *J Hydrol*, vol. 519, pp. 1420–1427, 2014.
- [13] P. Willems, "Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe," *Climatic Change*, vol. 120, pp. 931–944, 2013.
- [14] P. Willems, "Adjustment of extreme rainfall statistics accounting for multidecadal climate oscillations," *J Hydrol*, vol. 490, pp. 126–133 ,2013.
- [15] A. K. Taxak, A. Murumkar, and D. Arya, "Long term spatial and temporal rainfall trends and homogeneity analysis in Wainganga basin, Central India," *Weather Clim Ext*, vol. 4, pp. 50–61, 2014.
- [16] K. Madani, "Water management in Iran :what is causing the looming crisis?," *J Environ Stud Sci*, vol. 4, pp. 315–328, 2014.
- [17] S. Golian, O. Mazdiyasi, and A. AghaKouchak, "Trends in meteorological and agricultural droughts in Iran," *Theor Appl Climatol*, vol. 119, pp. 679–688, 2014.
- [18] B .S. Some'e, A. Ezani, and H. Tabari, "Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran," *Atmos Res*, vol. 113, pp. 1–12, 2012.
- [19] H. Tabari and P. H. Talaee, "Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005," *J Hydrol*, vol. 396 ,pp. 313–320, 2011.
- [20] A. Delju, A. Ceylan, E. Piguet, and M. Rebetez, "Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran," *Theor Appl Climatol*, vol. 111, pp. 285–296, 2013.
- [21] C. Tisseuil, G. R. Roshan, T. Nasrabadi, and G. Asadpour " ,Statistical modeling of future lake level under climatic conditions, case study of Urmia Lake (Iran)," *Int J Environ Res*, vol. 7, pp. 69–80, 2012.
- [22] H. Alexandersson, "A homogeneity test applied to precipitation data," *J Climatol*, vol. 6, pp. 661–675 ,1986.
- [23] T. C. Peterson, "Climate Change Indices," *WMO Bull*, vol. 54, pp. 83–86, 2005.
- [24] X. Zhang, L. Alexander, G. C. Hegerl, P. Jones, A. K. Tank, T. C. Peterson, *et al.*, "Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data," *Wiley Interdiscip Rev Clim Change*, vol. 2, pp. 851–870, 2011.



[25] K. Nakayama, C. Beitía, E. Vallester, R. Pinzon, J. Fabrega, T. Nakaegawa, *et al.*, "Increase in simple precipitation intensity index in Panama," *J JPN SOC Civil ENG*, vol. 68, pp. 163–168, 2012.

[26] C. Barboux and C. Collet. (2012, 20 July 2015). Spatial Change Analysis. Available: <http://www.gitta.info>