

بررسی تغییر اقلیم استان مرکزی به روش من- کندال

هوشمند عطایی¹، راضیه فنایی²

1- استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان، گروه جغرافیا

2- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان

چکیده

هدف از این پژوهش مطالعه تغییرات عناصر اقلیمی در استان مرکزی طی مقطع زمانی 1966-2005 (40 سال) در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد. در این راستا آمار میانگین دمای حداقل، میانگین دمای حداکثر و بارش این استان شامل ایستگاه‌های اراک، شمس آباد، تفرش و ساوه مورد پردازش قرار گرفته است. پس از بازسازی داده‌های مفقود به روش میان یابی توسط نرم افزار **Surfer**، ناپه‌نچار بودن داده‌ها توسط نرم افزار **Ncss** و آزمون کالموگورف اسمیرنوف و همگنی آنها توسط آزمون توالی¹ سنجدیه شد سپس با استفاده از آزمون آماری- گرافیکی من- کندال روند داده‌ها بررسی، تغییرات تصادفی شناسایی و نوع و زمان تغییرات بررسی شد. طبق نتایج به دست آمده در پارامترهای میانگین دما اکثر ماه‌ها بدون روند و تنها در تعدادی از ماه‌ها در ایستگاه‌های تفرش و ساوه روند مثبت مشاهده شده است. بررسی‌های پارامتر بارش حاکی از روند منفی همه ایستگاه‌ها در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر و عدم روند در سایر ماه‌ها می‌باشد. نتایج بررسی‌های نوع و زمان تغییرات نشان دهنده این است که اکثر تغییرات میانگین دما از نوع ناگهانی کاهشی و بارش طی ماه‌های ژوئن تا اکتبر از روند کاهشی برخوردار بوده است.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، آزمون من- کندال، روند، استان مرکزی.

مقدمه

فصل زمستان از 1/51٪ تا 7/42٪ در کل ناحیه مورد مطالعه کاهش داشته است. در یوچ⁴ و همکاران در بررسی رژیم‌های بارش مراکش نشان دادند نه تنها میانگین بارش افت داشته بلکه در توزیع بارش نیز تغییر وجود داشته است. دی⁵ و همکاران نشان دادند طی سال‌های 2010-2025 ممکن است یک گرمای فوق العاده سالانه یا فصلی بر منطقه جنوب غربی مستولی گردد. چائوچی⁶ و همکاران اظهار داشتند در ناحیه مدیترانه بارش ماهانه در سرتاسر ژوئن کاهش و در نوامبر افزایش داشته است. سناتور⁷ و همکاران به این نتیجه رسیدند که حوضه‌های آب و هواشناسی کوچک مقیاس قبل از استفاده در مدل‌های هیدرولوژی نیاز به اصلاح دارند. طبری و حسین زاده نشان دادند روند نزولی بارش سالانه در 60 درصد از ایستگاه‌های ایران وجود دارد. نتایج تحقیق بابایی و فرج زاده نشان داد که ارتباط نزدیکی

تغییر اقلیم معادل تغییرات معنی دار آماری، برای متوسط وضع آب و هوا در یک دوره طولانی (چند دهه و بیشتر) می‌باشد. این تغییرات می‌تواند در متوسط دما، بارندگی، الگوهای آب و هوایی، باد، تابش و پارامترهای مشابه آن باشد. بارزترین تغییرات اقلیمی شامل: سیل، طوفان، تگرگ، طوفان‌های حاره‌ای، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاچه‌ها، ذوب شدن یخچال‌های قطبی و خشکسالی می‌باشد. افزایش این رخدادها در سال‌های اخیر به دغدغه اصلی اقلیم شناسان و محققان علوم محیطی تبدیل و باعث شده تا مطالعات بیشتری در این زمینه داشته باشند. از جمله: گونزالز هیدالگو² و همکاران نشان دادند در مدیترانه شرقی بارش در فصل زمستان سیر نزولی داشته است. نتایج تحقیق لوئیس³ و همکاران در بررسی تغییرات بارش فصلی شبه جزیره ایبری را طی دوره 1946-2005 نشان داد بارش‌های

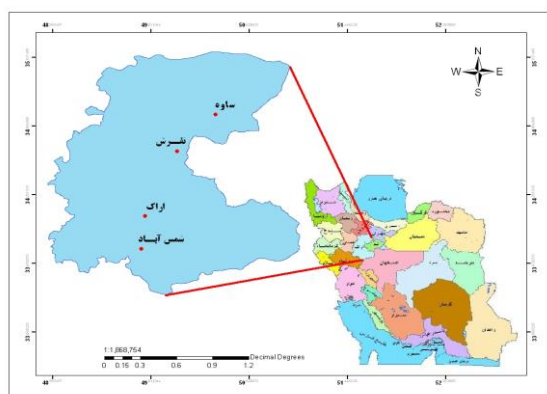
1. Runs test
3. De Luis
5. Di
7. Senatore

2. Gonzalez
4. Driouech
6. Chaouche

تغییرات، ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. سی سی پور و همکاران اظهار داشتند طی دوره 2005-1957 تغییرات دما در هرمزگان از نوع نوسانی و روند بوده است. این پژوهش با هدف شناخت تغییرات عناصر اقلیمی و با فرض وجود روند مثبت در پارامترهای دما در استان مرکزی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

استان مرکزی بخشی از فلات مرکزی ایران است که بین رشته کوه‌های البرز و زاگرس و در مجاورت کویر مرکزی بین 33 درجه و 30 دقیقه تا 35 درجه و 35 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 57 دقیقه تا 51 درجه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است (شکل 1). مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در آن در جدول (1) مشاهده می‌شود.



شکل شماره 1- موقعیت جغرافیایی استان مرکزی و ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول شماره 1- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه- دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه- دقیقه)	ارتفاع (متر)
اراک	49° 46' E	34° 6' N	1708
شمس آباد	49° 44' E	33° 49' N	2400
تفرش	50° 2' E	34° 41' N	1930
ساوه	50° 21' E	35° 1' N	1167

بین رخداد مکانی بارندگی متوسط کشور و رژیم بارش 6 ماهه وجود دارد. نتایج تحقیق رحیم زاده و همکاران نشان از روند افزایشی دمای حداقل در اکثر ایستگاه‌های کشور و کاهش دامنه تغییرات شبانه روزی دما در برخی از شهرها دارد. سامانی و همکاران بیان کردند پدیده الینو یکی از عوامل تأثیر گذار بر تغییرات اقلیمی در نواحی جنوب غرب کشور می‌باشد. مساح بوانی و مرید عنوان کردند کاهش بارش و افزایش دما در رودخانه زاینده رود در هر دو دوره (2010-2039) و (2070-2099) و به خصوص دوره دوم وجود داشته است. نتایج تحقیق ناظم السادات و همکاران [20] نشان داد که نقطه عطف تغییر در روند بارش در جنوب و جنوب غرب عموماً اواسط دهه 1970 می‌باشد. عساکره بیان کرد بیشترین عوامل مؤثر بر بارش سالانه اصفهان به ترتیب طول جغرافیایی، ارتفاع و عرض جغرافیایی می‌باشد. عزیزی و همکاران نشان دادند در نیمه غربی کشور متغیرهای دمایی دارای روند معنی دار و متغیرهای بارش و رطوبت روند معنی داری ندارند. پروین و ساکی نشان دادند در ایستگاه ارومیه طی دوره 2005-1951 روند افزایشی بر دما و بارش حاکم است. مدرسی و همکاران به این نتیجه رسیدند طی دوره 1386-1356 در اکثر نواحی حوضه آبریز گرگانود- قره سو روند صعودی در دمای حداقل و حداکثر در فصول تابستان و زمستان نمایان شده است. فیضی و همکاران بیان کردند در دوره 2005-1966 در استان سیستان و بلوچستان در کلیه ایستگاه‌ها به غیر از زاهدان روند منفی در پارامتر دما و بارش به وضوح دیده شده است. ظهاری و همکاران نشان دادند در حوضه آبریز کارون دما روند افزایشی و بارش روند کاهشی دارد. پروین بیان کرد در شمال غرب ایران طی دوره 2005-1956 فرض تصادفی بودن داده‌ها رد و وضعیت روند بر داده‌ها حاکم می‌باشد. جهانبخش و همکاران بیان کردند در دوره 1380-1350 تغییرات دما و بارندگی در اکثر زیر حوضه‌های کرخه روند کاهشی و دما روند افزایشی دارد. فرج زاده و همکاران به این نتیجه رسیدند در شمال غرب ایران زمان شروع بیشتر

این مقدار، $(T)_t$ در این تحقیق برابر $0/21 \pm$ می شود. حال به توجه به مقدار بحرانی به دست آمده اگر $(T)_t > T$ - یعنی $0/21 > T > -0/21$ باشد هیچ گونه روند مهمی در سری ها مشاهده نمی شود و سری ها تصادفی هستند و اگر $(T)_t < T$ یعنی $T < -0/21$ شد روند منفی معنی دار در سری ها و اگر $(T)_t > T$ یعنی $T > +0/21$ باشد روند مثبت معنی دار در سری ها غالب خواهد بود. جهت شناسایی روندهای جزئی و کوتاه مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری های زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر $u(t)$ و $u'(t)$ استفاده می گردد. برای ترسیم نمودار سری زمانی مقادیر متوالی، آماره های $u(t)$ و $u'(t)$ با استفاده از آزمون من کندال محاسبه گردید. مراحل اجرای این آزمون به قرار زیر است:

1- داده ها به ترتیب وقوع ردیف می شوند و ترتیب زمانی داده ها را n در نظر می گیریم.

2- داده ها رتبه بندی می شوند به منظور آن از آماره T (نسبت رتبه I به رتبه های ما قبل) استفاده می شود.

3- امید ریاضی E_i ، واریانس V_i و شاخص من-کندال U_i بر اساس رابطه های زیر محاسبه می شوند:

$$E_i = \frac{ni(ni-1)}{4} \quad (4)$$

$$V_i = \frac{ni(ni-1)(2ni+5)}{72} \quad (5)$$

$$U_i = \frac{(\sum ti - Ei)}{\sqrt{V_i}} \quad (6)$$

برای بررسی تغییرات باید شاخص U' نیز محاسبه شود مراحل محاسبه U' بدین شرح است:

1- داده ها رتبه بندی می شوند به منظور آن از آماره T' (نسبت رتبه I به رتبه های ما بعد) استفاده می شود.

2- امید ریاضی E_i' ، واریانس V_i' و شاخص U_i' از فرمول های زیر محاسبه می شود:

به دلیل نیاز به دوره آماری طولانی مدت در مطالعات تغییر اقلیم مقطع زمانی مورد استفاده در این تحقیق یک دوره 40 ساله طی سال های (1966-2005) انتخاب شد. ابتدا داده های مفقود به روش درون یابی¹ و روش کریگینگ² توسط نرم افزار Surfer مورد بازسازی قرار گرفت، سپس نرمال بودن داده ها با استفاده از نرم افزار NcSS و آزمون کالموگورف-اسمیرنوف³ محرز شد. جهت اطمینان از همگنی داده ها نیز از آزمون توالی بهره گرفته شد. در ادامه با توجه به غیرنرمال بودن داده ها آزمون آماری من-کندال به منظور بررسی روند، و آزمون گرافیکی من-کندال جهت شناسایی تغییرات و تعیین نوع و زمان تغییرات در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه به کار برده شد. در نهایت توسط نرم افزار ArcGIS پهنه بندی روندها صورت گرفت. مراحل انجام این آزمون به شرح زیر می باشد:

ابتدا آزمون تصادفی بودن داده ها برای وجود یا عدم وجود هر گونه روند در داده ها انجام شد. برای انجام این آزمون ابتدا سری های آماری رتبه بندی می شوند و برای میزان تغییر یا روند از رابطه (1) استفاده می شود:

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

T آماره من کندال و P مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می گیرند و از رابطه (2) به دست می آید:

$$p = \sum_{i=1}^{N-1} ni \quad (2)$$

برای سنجش معنی دار بودن آماره T از رابطه (3) استفاده می شود:

$$(T)_t = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

که در اینجا tg برابر با مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطوح احتمال آزمون که در اینجا بر اساس احتمال 95 درصد برابر $1/96$ می باشد. در صورت اعمال

1. Interpolation
3. Kolmogorov-Smirnov Test

2. Kriging

بحث

تحلیل تست من- کندال بر روی داده‌های ماهانه

مقایسه نتایج به دست آمده از آماره من- کندال (T) و (T)_t در جدول (2) ارایه شده است. طبق این جدول روندهای مشاهده شده در پارامتر میانگین حداقل دما در ایستگاه اراک تنها در ماه آگوست، در ایستگاه تفرش طی ماه‌های آوریل و ژوئن تا سپتامبر و در ایستگاه ساوه طی ماه‌های آوریل و ژوئن تا اکتبر مشاهده شده است. شایان ذکر است در ایستگاه شمس آباد تمام ماه‌های سال فاقد روند می‌باشند. در پارامتر میانگین حداکثر دما ایستگاه شمس آباد طی ماه‌های آوریل و سپتامبر و ایستگاه تفرش طی ماه‌های مارس تا اکتبر از روند افزایشی برخوردار می‌باشد. در ایستگاه‌های اراک و ساوه در هیچ یک از ماه‌های سال روندی مشاهده نشده است. بررسی‌های سری‌های ماهانه بارش در ایستگاه‌های مطالعاتی بیانگر آن است که تغییرات بارش نسبت به دماها بیشتر بوده به طوری که در همه ایستگاه‌ها طی ماه‌های ژوئن تا سپتامبر، به غیر از ماه ژولای در ایستگاه ساوه، روند کاهشی و در ماه فوریه در ایستگاه اراک روند افزایشی بارش پدیدار شده است.

$$Ei' = \frac{[N - (ni - 1)](N - ni)}{4} \quad (7)$$

$$Vi' = \frac{[N - (ni - 1)](N - ni)[2(N - (ni - 1))] + 5}{72} \quad (8)$$

$$Ui' = \frac{-(\sum ti' - Ei')}{\sqrt{Vi'}} \quad (9)$$

در این روش مقادیر متوالی از مقدار $u(i)$ و $u'(i)$ حاصله از آزمون من- کندال به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود. محل تلاقی شاخص U و U' با محدوده 95 درصد اطمینان نشان دهنده تغییرات سری زمانی بوده و رفتار U بعد از محل تلاقی وضعیت روند (کاهشی یا افزایشی) سری را نشان می‌دهد. اگر منحنی‌ها همدیگر را در داخل محدوده $(\pm 1/96)$ قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند در سری زمانی است. در این تحقیق وجود هرگونه روند با حرف T، تغییر ناگهانی با حرف C، افزایش با حرف I و کاهش با حرف D مشخص شده است.

جدول شماره 2- نتایج ماهانه آماره من- کندال (T) پارامترهای مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

پارامتر	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین حداقل دما	اراک	0/04	0/05	0/12	0/05	0/13	0/1	0/17	30* 0	0/04	-	0/16	0/05
	شمس آباد	0/12	0/16	0/05	0/19	0/10	0/18	0/06	0/06	0/05	0/19	0/06	0/11
	تفرش	0/14	0/16	0/06	0/30	0/17	34* 0	24* 0	36* 0	31* 0	0/20	0/16	0/13
	ساوه	0/11	0/10	0/04	0/21	0/1	0/23	0/33	0/33	0/35	31* 0	0/05	0/12
میانگین حداکثر دما	اراک	0/03	0/11	0/01	0/02	0/05	0/14	0/14	0/04	0/02	0	0/08	0/002
	شمس آباد	0/12	0/18	0/12	29* 0	0/13	-	0/07	0/14	27* 0	0/12	-	0/12
	تفرش	0/16	0/2	24* 0	30* 0	25* 0	35* 0	28* 0	44* 0	43* 0	28* 0	0/10	0/15
	ساوه	0/07	0/02	0/10	0/06	0/13	-0/2	0/19	0/14	0/18	0/005	0/20	0/16

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0/007	0/05	0/01	0/42°	0/42°	0/38°	0/23°	0/12	0/03	0/08	0/29*	0/12	اراک	بارش
0/007	0/07	0/17	0/75°	0/83°	0/67°	0/57°	0/05	0/13	0/14	0/11	0/05	شمس آباد	
0/06	0/02	0/07	0/62°	0/31°	0/24°	0/33°	0/04	0/1	0/15	0/05	0/15	تفرش	
0/12	0/01	0/007	0/54°	0/57°	-0/4	0/50°	0/02	0/04	0/02	0/03	0/18	ساوه	

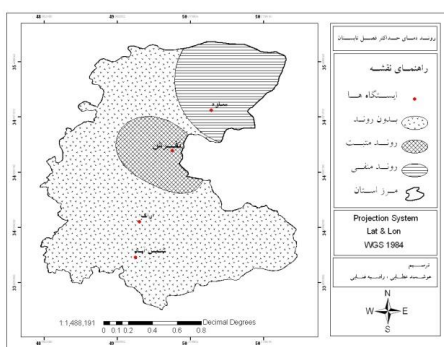
* معنی داری در سطح 95 درصد

تحلیل تست من - کندال بر روی داده‌های فصلی

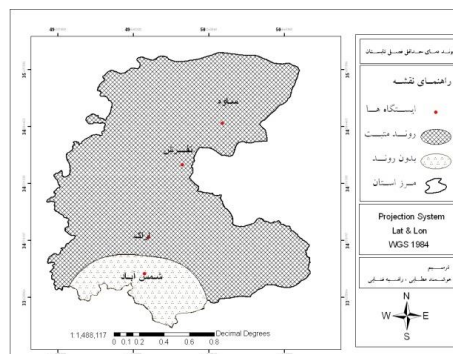
با توجه به جدول (3) مشاهده می‌شود پارامترهای مختلف اقلیمی در شرایط فصلی روندهای متفاوتی را از خود نشان داده‌اند که هر چه آماره به دست آمده بزرگتر باشد نشان‌دهنده روند بیشتر آن در سری زمانی مطالعاتی می‌باشد. در این جدول آماره‌های معنی دار در سطح 95 درصد مشخص گردیده‌اند. با عنایت به این جدول طی فصل زمستان، تنها در پارامتر میانگین حداکثر دما در ایستگاه تفرش روند افزایشی مشاهده شده و در سایر ایستگاه‌ها و همچنین پارامترها روندی مشاهده نشده است. طی فصل بهار، ایستگاه‌های تفرش و ساوه در پارامتر میانگین حداقل دما و ایستگاه تفرش در پارامتر میانگین حداکثر دما از روند افزایشی برخوردار می‌باشند. در پارامتر بارش روندی در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نشده است. در فصل تابستان، ایستگاه‌های تفرش و ساوه در پارامتر میانگین حداقل دما و ایستگاه تفرش در پارامتر میانگین حداکثر دما از روند افزایشی و ایستگاه ساوه در میانگین حداکثر دما و ایستگاه شمس‌آباد در پارامتر بارش از روند کاهشی برخوردار می‌باشند. طی فصل پاییز، در پارامتر میانگین حداقل دما ایستگاه‌های تفرش و ساوه و در پارامتر میانگین حداکثر دما ایستگاه تفرش دارای روند افزایشی و ایستگاه ساوه در پارامتر میانگین حداکثر دما دارای روند کاهشی مشاهده شده است.

نقشه تغییرات مکانی پارامترهای مورد مطالعه در فصول مختلف سال ترسیم گردید که نمونه‌ای از آن در فصول تابستان و پاییز در شکل (2) ارائه شده است. با توجه به شکل (2 الف) مشاهده می‌شود روند صعودی در دمای حداقل طی فصل تابستان دارای بیشتری گستردگی است و به غیر از ایستگاه شمس‌آباد بقیه استان از روند صعودی معنی دار در سطح 95 درصد برخوردار می‌باشند. در نقشه‌های روند دمای حداکثر در شکل (2 ب) تفاوتی بین فصول تابستان و پاییز وجود ندارد و جا به جایی در تغییرات مکانی پهنه‌ها رخ نداده است. با مقایسه نقشه‌های موجود می‌توان دریافت که روند دمای حداقل طی فصل تابستان در اکثر مناطق استان سیر صعودی و روند دمای حداکثر در فصل تابستان نزولی می‌باشد که این مطلب نشان‌دهنده گرم‌تر شدن هوای این مناطق است. با توجه به مطالب فوق روندهای مشاهده شده در دماهای حداقل و حداکثر ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم در این منطقه می‌باشد.

در مجموع در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه تمام پارامترها در فصل زمستان 8/3٪ دارای روند مثبت، در فصل بهار 25٪ دارای روند مثبت، در فصل تابستان 25٪ روند مثبت و 16/6٪ روند منفی و در فصل پاییز به میزان 25٪ روند مثبت و 8/3٪ روند منفی مشاهده شده است.

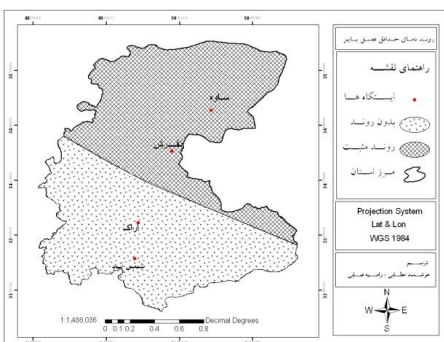


ب) تغییرات مکانی میانگین دمای حداکثر فصل تابستان

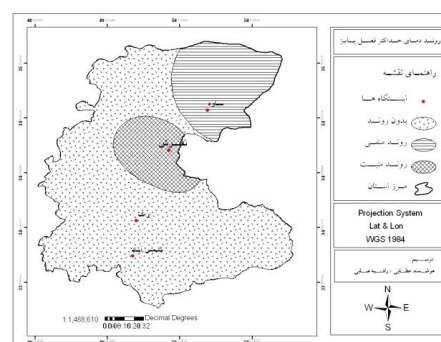


الف) تغییرات مکانی میانگین دمای حداقل فصل تابستان

شکل شماره 2 الف و ب - پهنه بندی روند پارامترهای مورد مطالعه در فصول تابستان و پاییز



د) تغییرات مکانی میانگین دمای حداقل فصل پاییز



ج) تغییرات مکانی میانگین دمای حداکثر فصل پاییز

شکل شماره 2 ج و د - پهنه بندی روند پارامترهای مورد مطالعه در فصول تابستان و پاییز

جدول شماره 3- نتایج فصلی آماره من - کندال (T) پارامترهای مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

پاییز	تابستان	بهار	زمستان	ایستگاه‌ها	پارامترها
-0/09	0/23*	0/01	-0/04	اراک	میانگین حداقل دما
0/15	0/10	0/20	0/08	شمس آباد	
0/25*	0/43*	0/39*	0/18	تفرش	
0/25*	0/41*	0/21*	0/18	ساوه	
-0/04	-0/04	-0/07	0/04	اراک	میانگین حداکثر دما
0/11	0/18	0/18	0/17	شمس آباد	
0/33*	0/46*	0/39*	0/24*	تفرش	
-0/22*	-0/21*	-0/11	0/01	ساوه	بارش
-0/03	-0/06	-0/07	-0/20	اراک	
-0/01	-0/41*	-0/10	-0/05	شمس آباد	
0/04	0/03	-0/04	0/2	تفرش	
0/09	-0/09	0/03	0/04	ساوه	

* معنی داری در سطح 95 درصد

0/04	0/08	0/07	0/16	بارش
------	------	------	------	------

* معنی داری در سطح 95 درصد

تحلیل تست نموداری من - کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییر

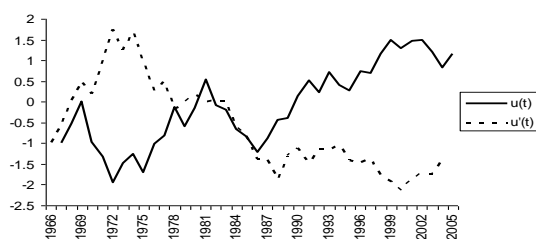
جهت تعیین نوع و زمان تغییرات در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از مؤلفه‌های U_i و U_i' نمودارهای من - کندال برای تمام عناصر مورد بررسی در مقیاس ماهانه، سالانه و فصلی ترسیم گردید. نتایج حاصل از نمودارهای ماهانه در جدول (5) ارائه شده است. به دلیل حجم بسیار زیاد نمودارها امکان ترسیم همه آنها در این تحقیق وجود ندارد و فقط نمونه‌ای از آنها در شکل (3) نمایه شده است.

تحلیل تست من - کندال بر روی داده‌های سالانه

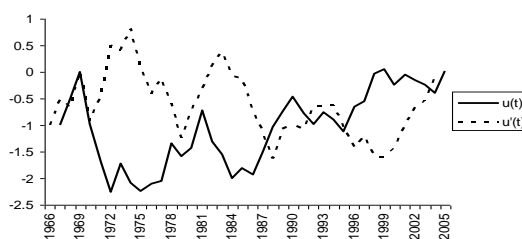
نتایج بررسی سالانه عناصر اقلیمی استان مرکزی در جدول (4) حاکی از وجود روندهای افزایشی در پارامتر حداقل دما در ایستگاه‌های تفرش و ساوه و در پارامتر حداکثر دما در ایستگاه‌های شمس آباد و تفرش می‌باشد. در پارامتر بارش هیچ گونه روندی در سری‌های مطالعاتی سالانه مشاهده نشده است.

جدول 4- نتایج سالانه آماره من - کندال (T) پارامترهای مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

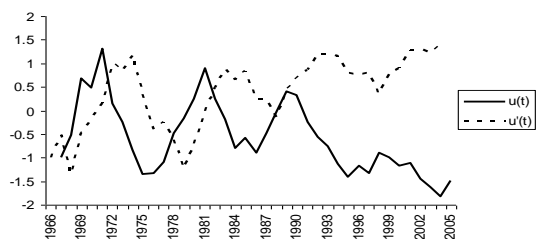
ایستگاه	اراک	شمس آباد	تفرش	ساوه
میانگین حداقل دما	0/01	0/18	42°/	28°/0
میانگین حداکثر دما	-0/007	27°/	43°/	0/17



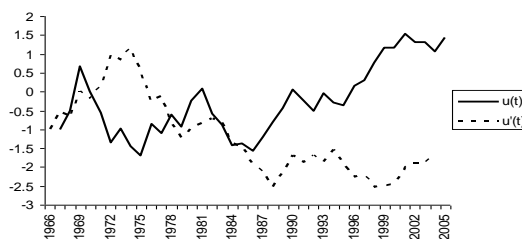
(ب) میانگین دمای حداکثر دسامبر شمس آباد



(الف) میانگین دمای حداکثر دسامبر اراک



(د) میانگین دمای حداکثر دسامبر ساوه



(ج) میانگین دمای حداکثر دسامبر تفرش

شکل شماره 3- زمان و نوع تغییرات در میانگین دمای حداکثر ماه دسامبر در ایستگاه‌های مورد مطالعه

سیر افزایشی می‌باشد (شکل 3 ب). در ایستگاه تفرش نیز زمان شروع تغییرات از سال 1986 بوده و با شیب تندی دارای سیر افزایشی می‌باشد (شکل 3 ج). در ایستگاه ساوه شروع تغییرات مشاهده شده از سال 1989 تغییرات آغاز گردیده و با شیب تندی دارای سیر کاهشی می‌باشد (شکل 3

با عنایت به نمودارهای ترسیم شده در شکل (3 الف) در ایستگاه اراک از سال 1995 تا 1999 سیر افزایشی مشاهده شده، پس از آن تا سال 2003 سیر کاهشی و مجدداً از سال 2004 سیر افزایشی در آن قابل مشاهده می‌باشد. در ایستگاه شمس آباد از سال 1986 زمان شروع تغییرات بوده و دارای

بیشتر تغییرات از نوع ناگهانی بوده است. به طوری که 52/08٪ از تغییرات ناگهانی به صورت کاهش و 41/6٪ تغییرات، افزایشی و تنها 6/25٪ روند کاهش رخ داده است. در ایستگاه ساوه بیشترین تغییرات از نوع ناگهانی کاهش بوده که مقدار آن برابر با 46/2٪ می باشد. 44/7٪ تغییرات از نوع ناگهانی افزایشی، 5/9٪ روند کاهش و 2/9٪ روند افزایشی در این ایستگاه مشاهده شده است.

د. طبق جدول (5) نتایج ماهانه نوع و زمان تغییرات نشان می دهد در ایستگاه اراک در هر سه پارامتر بیشتر تغییرات از نوع ناگهانی بوده که 62/8٪ از تغییرات، کاهش و 22/8٪ از تغییرات به صورت افزایشی بوده است. مقدار روند در این ایستگاه برابر با 14/2٪ و از نوع کاهش بوده است. در ایستگاه شمس آباد بیشترین تغییرات از نوع ناگهانی بوده است. در این ایستگاه 35/5٪ تغییرات تصادفی کاهش، 52/15٪ تغییرات تصادفی افزایشی، 5/08٪ روند کاهش و 6/17٪ روند افزایشی مشاهده شده است. در ایستگاه تفرش نیز

جدول شماره 5- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییر پارامترهای اقلیمی در مقیاس ماهانه در ایستگاه های مورد مطالعه

پارامتر	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین حداقل دما	اراک	CD	CD	TD	CD	TD	CD	CI	CI	CD	TD	CD	CD
	شمس آباد	CI	CI	CI	CI	TI	CI	CI	TI	CI	CD	CI	CI
	تفرش	CD	CD	CI	CI	CD	CD	CD	CD	CI	CI	CD	CD
	ساوه	CD	CD	CD	CI	CI	CI	CI	CD	CD	CD	CI	CD
میانگین حداکثر دما	اراک	CD	CD	TD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	TD	CD	CD
	شمس آباد	CD	CD	CI	CI	CI	CD	CI	CI	CD	CD	CI	CD
	تفرش	CD	CD	CI	CI	CI	CD	CD	CD	CI	-----	CD	-----
	ساوه	CI	CI	CD	CD	TI	CI	CI	CI	TI	CD	CI	CI
بارش	اراک	CD	CI	CI	CD	CD	CD	CD	TD	TD	TD	CD	CI
	شمس آباد	CD	CI	CI	CI	CD	CD	CD	TD	TD	-----	CD	CI
	تفرش	CI	CI	CI	CD	CI	CI	CI	TD	TD	CD	CD	CI
	ساوه	CI	CI	CI	CI	CD	CD	CD	TD	TD	TD	CD	CI

CI: تغییرات تصادفی افزایشی CD: تغییرات تصادفی کاهش TI: روند افزایشی TD: روند کاهش

بارش تغییرات از نوع ناگهانی افزایشی و در حداقل و حداکثر دما از نوع ناگهانی کاهش بوده است. در ایستگاه ساوه در هر سه پارامتر تغییرات تصادفی کاهش و افزایش رخ داده است.

نتایج بررسی های سالانه نوع و زمان تغییرات (جدول 6) نشان می دهد که در ایستگاه اراک بیشتر تغییرات از نوع ناگهانی کاهش و در ایستگاه شمس آباد از نوع تصادفی افزایشی و کاهش بوده است. در ایستگاه تفرش در پارامتر

جدول شماره 6- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییر پارامترهای اقلیمی در مقیاس سالانه در ایستگاه های مورد مطالعه

ساره	تفرش	شمسی آباد	اراک	ایستگاه پارامتر
CD1976	CD1969	CI1973, TI1980	CD1975, TD1992	میانگین حداقل دما
CD1972, CI1990	CD1974	CD1974	CD1991	میانگین حداکثر دما
CD1968, CI1991		CD1973, CI1982	CI1979, CD1987	بارش

و تغییرات روند افزایشی 10/5٪ از تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند. در فصل تابستان بیشترین تغییرات متعلق به تغییرات تصادفی کاهشی با مقدار 66/6٪ می‌باشد. مقادیر تغییرات تصادفی افزایشی 22/2٪، روند کاهشی 5/5٪ و روند افزایشی نیز 5/5٪ می‌باشد. نتایج بررسی‌ها طی فصل پاییز نشان از تغییرات تصادفی افزایشی و کاهشی هر دو با مقدار 45/8٪ دارد. میزان روندهای کاهشی مشاهده شده در این فصل 8/3٪ از تغییرات می‌باشد.

نتایج استنباط شده از تعیین نوع و زمان تغییرات در مقیاس فصلی (جدول 7) بیانگر این است که در فصل زمستان در کل ایستگاه‌ها بیشترین تغییرات از نوع تصادفی بوده است. طبق این جدول تغییرات تصادفی کاهشی با 70/5٪ دارای بیشترین فراوانی نسبت به تغییرات تصادفی افزایشی با 29/4٪ فراوانی می‌باشد. طی فصل بهار بیشترین تغییرات رخ داده از نوع تصادفی افزایشی با 52/6٪ از کل تغییرات است. در این فصل تغییرات تصادفی کاهشی 36/8٪

جدول شماره 7- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییر پارامترهای اقلیمی در مقیاس فصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

پارامترها	ایستگاه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
میانگین حداقل دما	اراک	CD1991	CI1974	CD1973	CD1976, TD1991
	شمس آباد	CI1970	TI1978	TI1973	CI1986
	تفرش	CD1975	CI1972	CD1970	TD1978
	ساوه	CD1977	CI1972	CD1975	CI1972, CD1978
میانگین حداکثر دما	اراک	CD1978	CI1972, CD1990	CD1991	CD1971
	شمس آباد	CD1977	CI1973, CD1990	CD1975, CI1983	CI1970, CD1988
	تفرش	CD1972	CI1973	CD1969	CI1972, CD1982
	ساوه	CD1977	CD1967, TI1991	CD1970, CI1990	CI1969, CD1990
بارش	اراک	CI1984	CI1968, CD1983	CI1975, CD1986	CI1991
	شمس آباد	CD1991, CI1989	CD1987	CD1977	CD1971, CI1992
	تفرش	CD1983	CI1977	CD1968, TD1986	CI1971, CD1967
	ساوه	CD1967, CI1985	CI1968, CD1992	CI1974, CD1987	CI1971, CD1999

نتیجه گیری

افزایش روند دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران، شیر غلامی و قهرمان، صبحی و مدرسی و همکاران هماهنگی دارد. با توجه به مطالب فوق، روندهای مشاهده شده در پارامترهای مورد مطالعه خصوصاً دماهای حداقل و حداکثر ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم در این ناحیه می باشد.

پیشنهاد

مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره 40 ساله و پارامترهای مورد بررسی سه پارامتر میانگین حداقل دما، میانگین حداکثر دما و بارش می باشد که پیشنهاد می شود به منظور بررسی بهتر پدیده تغییر اقلیم در این استان، در تحقیقات بعدی پارامترهای بیشتری مورد استفاده قرار بگیرد.

منابع

- 1- بابایی، ام السلمه و فرج زاده، منوچهر، 1382، شاخص های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران، سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.
- 2- پروین، نادر و سلکی، هیوا، 1388، بررسی تغییر اقلیم ایستگاه ارومیه طی 55 سال اخیر به روش من - کندال، دومین همایش ملی علوم جغرافیایی، دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی مرکز ارومیه.
- 3- پروین، نادر، 1389، مطالعه تغییر اقلیم نیم قرن اخیر با تأکید بر منطقه شمال غرب ایران، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان.
- 4- جهانبخش، سعید، رحیمی، سیما، حسینی، عباس، رضایی، سمیه، خوش زمان، تورج، 1389، بررسی تغییرات بارندگی و دما در حوزه کرخه، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان.
- 5- رحیم زاده، فاطمه، عسگری، احمد، نوحی، کیوان، 1382، نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و

با توجه به نتایج حاصل از بررسی های انجام گرفته، در مقیاس ماهانه در پارامتر میانگین حداقل دما، ایستگاه های تفرش و ساوه در بعضی ماه ها و در پارامتر میانگین حداکثر دما، ایستگاه تفرش در اکثر ماه ها دارای روند افزایشی بوده است. نتایج به دست آمده از بررسی پارامتر بارش نشان از روند منفی در ماه های ژوئن تا سپتامبر در تمام ایستگاه ها و روند مثبت در ماه فوریه در ایستگاه اراک دارد. در بررسی های سالانه مشخص شد که پارامتر حداقل دما در ایستگاه های تفرش و ساوه دارای روند مثبت می باشند. در پارامتر حداکثر دما ایستگاه های شمس آباد و تفرش دارای روند مثبت مشاهده شده اند. نتایج به دست آمده از بررسی های فصلی حاکی از آن است که در پارامتر حداقل دما طی فصل بهار ایستگاه های تفرش و ساوه از روند مثبت برخوردار بوده اند. در فصل تابستان پارامتر مذکور دارای گستردگی بیشتری است و به غیر از ایستگاه شمس آباد بقیه استان از روند صعودی معنی دار در سطح 95 درصد برخوردار می باشند. در بررسی های پارامتر بارش مشاهده شد که طی فصول پاییز، زمستان و بهار کلیه ایستگاه بدون روند می باشد. در فصل تابستان ایستگاه شمس آباد دارای روند منفی معنی دار و ایستگاه های تفرش، ساوه و اراک فاقد روند می باشند. نتایج بررسی های نوع و زمان تغییرات پارامترها حاکی از آن است که تغییرات پارامترهای میانگین حداقل و حداکثر دما در تمام ایستگاه ها تقریباً از نوع ناگهانی کاهشی و افزایشی بوده به جز چند مورد که روند افزایشی یا کاهشی مشاهده شده است. اما در پارامتر بارش طی ماه های ژوئن تا سپتامبر روند کاهشی و در سایر ماه ها تغییرات ناگهانی کاهشی به وقوع پیوسته است. در مجموع در کل ایستگاه ها 49٪/5 تغییرات ناگهانی کاهشی (CD)، 39٪/75 تغییرات ناگهانی افزایشی (CI)، 8٪/19 روند کاهشی (TD) و 2٪/45 روند افزایشی (TI) رخ داده است با توجه به بررسی های انجام شده و نتایج به دست آمده، این تحقیق با نتایج تحقیقات قبلی، کاویانی و عساکره، مسعودیان مبنی بر

- 13- عزیززاده، امین، کمالی، غ، موسوی، ف، موسوی بایگی، م، 1386، هوا و اقلیم شناسی، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صص 359-376.
- 14- فیضی، وحید، فرج زاده، منوچهر، نوروزی، رباب، 1389، مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من- کندال، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان.
- 15- فرج زاده، منوچهر، فیضی، وحید، ملاشاهی، مریم، 1389، مطالعه تغییر اقلیم در شمال غرب ایران به روش من کندال، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، خرم آباد.
- 16- کاویانی، محمدرضا، عساکره، حسین، 1380، بررسی و مدل سازی روند دما طی سده گذشته: مطالعه موردی ایستگاه جاسک، مجله علمی و پژوهشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه اصفهان، دوره دوم، شماره 26 و 27، صص 38-19.
- 17- مدرسی، فرشته، عراقی نژاد، شهاب، ابراهیمی، کیومرث، خلقی، مجید، 1389، بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانود- قره سو، نشریه آب و خاک، جلد 24، شماره 3، صص 489-476.
- 18- مساح بوانی، علیرضا، مرید، سعید، 1384، اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره چهارم، صص 27-17.
- 19- مسعودیان، ابوالفضل، 1383، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، جغرافیا و توسعه، صص 106-89.
- 20- ناظم السادات، سید محمد جعفر، سامانی، نوذر، مولایی نیکو، مصطفی، 1384، تغییر اقلیم در جنوب و جنوب غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش، بر همکنش با پدیده النینو کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.
- 6- سامانی، نوذر، ناظم السادات، سید محمد جعفر، مولایی نیکو، مصطفی، 1382، تغییر اقلیم شیراز و ارتباط آن با پدیده النینو نوسانات جنوبی، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.
- 7- سی سی پور، مرضیه، پوراصغریان، آرزو، رحیم زاده، فاطمه، هدایتی دزفولی، اکرم، 1389، مطالعه روند تغییر اقلیم هرمزگان به روش من- کندال، چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ایران، تهران.
- 8- شیر غلامی، هادی؛ قهرمان، بیژن، 1384، بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره اول.
- 9- صبوچی، راضیه، سلطانی، سعید، یغمایی، لیلا، شماعتی زاده، مریم، 1388، روند پارامترهای اقلیمی و تأثیر آن بر منابع آب در چند منطقه ایران، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن.
- 10- ظهراپی، نرگس، مساح بوانی، علیرضا، تلوری، عبدالرسول، صدقی، حسین، 1389، آشکارسازی تغییر اقلیم در حوضه آبریز کارون بزرگ، چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ایران، تهران.
- 11- عزیزی، قاسم، شمسی پور، علی اکبر، یاراحمدی، داریوش، 1387، بازیابی تغییر اقلیم در نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره 66، صص 35-19.
- 12- عساکره، حسین، 1384، تغییرات زمانی- مکانی بارش استان اصفهان طی دهه‌های اخیر، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد هیجدهم، شماره 1، صص 116-91.

- Cgina by a Regional Climate Model, *Procedia Environmental Sciences* 2, 1540-1554.
- 25- Goossens C, Berger A. 1986, Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the century. *Annales Geophysicae* 4: 385-399.
- 26- Gonzales-Hidalgo, J. C, M. Deluis, J. Raventos and. Sanchez, 2001, international *Journal of climatology*, 843-860.
- 27- Senatore, Alfonso, Mendicino, Giuseppe, Smiatek, Gerhard, Kunstmann, Harald, 2011, Regional climate change projections and impact analysis for a Mediterranean basin in Southern Italy, *Journal of Hydrology* 399, 70-92.
- 28- Tabari, H, Hosseinzadeh Talae, P, 2011, temporal variability of precipitation over Iran: 1966-2005, *Journal of Hydrology* 396, 313-320.
- نوسانات جنوبی، مجله علمی کشاورزی، جلد 28، شماره 2، صص 81-97.
- 21- Chaouche, Keltoum, Neppal, Luc, Dieulin, Claudine, Pujol, Nicolas, Ladouche, Bernard, Ladouche, Martin, Eric, Salas, Dallas, Caballero, Yvan, 2010, Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change, *Comptes Rendus Geoscience* 342, 234-243.
- 22- De Luis, M, Brunetti, M, Gonzalez-Hidalgo, J, 2010, Global and Planetary change, 74, 27-33.
- 23- Driouech, Fatima, Deque, Michel, Sanchez-Gomez, Emilia, 2010, Weather regimes-Moroccan precipitation link in a regional a climate change simulation, *Glibal and Planetary Change* 72, 1-10.
- 24- Di, Wu, Yong, Zhao, Yuan-sheng, Pei, 2010, Numerical Simulation and Evaluation of Regional Climate Change in Southwest