

بررسی تغییرات انواع بارش و آشکارسازی تأثیر رطوبت نسبی و دما بر آن‌ها (ایستگاه کرمانشاه)

سعید بساطی^۱، داریوش یاراحمدی^۲، بهروز نصیری^۳

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه لرستان، ایران

۲- استادیار و مدیر گروه علوم جغرافیایی دانشگاه لرستان، ایران

۳- استادیار علوم جغرافیایی دانشگاه لرستان، ایران

چکیده

برف، باران، تگرگ و باران ریزه از مهم‌ترین انواع بارش هستند که تغییرات آن‌ها باعث آثار و بازخوردهای منفی و مثبت در سایر پارامترهای اقلیمی می‌شوند که به دنبال آن تغییر در چرخه هیدرولوژیکی، منابع آب، سکونت‌گاه‌های انسانی و جانوری ایجاد می‌گردد. لذا با توجه به نگرانی‌های موجود، این پژوهش تغییرات تعداد روزهای بارشی مانند تگرگ، باران، برف و باران‌ریزه را در طول دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰ برای ایستگاه کرمانشاه و ارتباط آن‌ها با دما و رطوبت نسبی را مورد واکاوی قرار داده است. جهت اطلاع از وضعیت نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و آزمون شاپیرو و ویلک استفاده شد و برای محاسبه ارتباط بین تعداد روز انواع بارش با دما و رطوبت نسبی از همبستگی پیرسون و روند تغییرات آن‌ها از من کندال، ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون استفاده شده است. ضرایب تعیین تحلیل در مدل برف، نشان می‌دهد که ۴۸ درصد از تغییرات برف در ایستگاه کرمانشاه به وسیله متغیرهای مستقل توجیه می‌شود. این رقم برای باران ۳۷ درصد و باران‌ریزه ۴۰ درصد برآورد شده است. آزمون‌های من کندال و رگرسیون نشان دادند که تعداد روزهای انواع بارش دارای روندی کاهشی بوده‌اند. تعداد روزهای باران از ۶۵/۷ درصد در دهه اول به ۷۷/۴ در دهه سوم رسیده است و از سهم سایر انواع بارشی کاسته شده است. کاهش دما بیش‌ترین تأثیر را بر فراوانی بارش برف و باران‌ریزه و افزایش دما باعث افزایش فراوانی باران و تگرگ در هنگام ورود توده‌های باران‌آور شده است.

کلمات کلیدی: انواع بارش، من کندال، کرمانشاه، آزمون کلموگروف - اسمیرنوف، رگرسیون

مقدمه

تغییرات و نوسان‌های شکل و نوع بارش دارای آثار مثبت و منفی‌اند و در ابعاد مختلف زندگی بشر نقش مهمی دارند و تغییر در آن‌ها باعث بازخوردهای منفی و مثبت ثانویه در سایر پارامترهای اقلیمی و به دنبال آن تغییر در چرخه هیدرولوژیکی، منابع آب، اکوسیستم‌های طبیعی و مصنوعی، سکونت‌گاه‌های انسانی و جانوری، امنیت و اقتصاد می‌شود. بی‌نظمی بارش و خشکی آب و هوا دو خصیصه اصلی اقلیم مناطق خشک و نیمه خشک جهان به ویژه ایران می‌باشد. در این راستا توجه به رژیم، شدت و تغییرات شکل بارش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در این زمینه پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است از جمله بونا کورسو و همکاران (۲۰۰۵) وجود روندهای خطی و غیرخطی را برای میانگین سالانه و حداکثر بارش سالانه مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها از آزمون MK و آزمون t استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر وجود روند افزایشی در داده‌های کوتاه‌مدت و روند کاهشی در داده‌های بلندمدت است.

مدرس و سیلوا (۲۰۰۷) با کاربرد آزمون من کندال و مطالعه در مورد ۲۰ ایستگاه همدیدی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور نشان دادند که ایستگاه‌های سبزوار و زاهدان به ترتیب بارش سالانه افزایشی و کاهشی دارند و در اغلب ایستگاه‌ها، فصول زمستان و بهار به ترتیب دارای روند مثبت و منفی بوده‌اند. در تحقیق آن‌ها دو ایستگاه فسا و شیراز در مقیاس سالانه روند معنی‌دار نداشتند. جهان‌دیده و شیروانی (۱۳۹۱) روند زیر زنجیره‌های زمانی بارش استان فارس را با استفاده از روش من کندال دنباله‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بارش ایستگاه‌های شیراز، فسا و آباده روند کاهشی به ترتیب به میزان ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ را تجربه کرده‌اند. ولی اندازه بزرگی این مقادیر کوچک‌تر از عدد جدول بهنجار معیار در سطح خطای ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد این روندها نیز مانند مدرس و سیلوا (۲۰۰۷) معنادار نبوده است.

پارتال و کاهای (۲۰۰۶) روند بارش در ترکیه را برای دوره ۱۹۲۳-۱۹۹۳ با استفاده از آزمون من کندال بررسی

کرده و نشان دادند که در پهنه‌های جنوبی و غربی میانگین بارش سالانه کاهش داشته است و سال‌های شروع روند کاهشی بارش را نیز مشخص کردند. شاهد (۲۰۱۰) الگوهای مکانی و پارامترهای مختلف بارش سالانه و فصلی بنگلادش را برای دوره زمانی ۱۹۵۸-۲۰۰۷ مورد بررسی قرار داد. وی با استفاده از من کندال نشان داد که بارندگی سالانه دارای روند افزایشی معنی‌دار است. یاوتی (۲۰۰۶) به بررسی تأثیر مقدار بخار آب و رطوبت نسبی محیط بر بارش تگرگ پرداخته است. به همین منظور وی از داده‌های بارش تگرگ از سال ۱۹۸۸-۱۹۹۹ استفاده کرده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اختلاف در متوسط نسبت مخلوط تأثیراتی را بر اندازه دانه‌های تگرگ دارد که نسبی هستند. رایبینک و ازانیک (۲۰۰۶) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل نسبت میان بارش‌های روزانه شدید و بارش سالانه در منطقه ساحلی کرواسی طی دوره آماری ۱۹۵۰-۱۹۸۳ پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که همبستگی شدیدی میان مقدار بارش سالانه و بارش‌های روزانه بین ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر وجود دارد، اما بین بارش‌های شدید بیش از ۱۰۰ میلی‌متر و بارش سالانه همبستگی شدیدی وجود ندارد. در ایران نیز مطالعاتی در ارتباط با بارش و تغییرات آن صورت گرفته است که بیشتر در ارتباط با پهنه‌بندی و روندیابی به صورت جداگانه و مطالعه موردی بوده‌اند که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. قنبرپور و همکاران (۱۳۷۹) در پژوهشی نسبت بارندگی‌های کوتاه مدت (۱۵ دقیقه الی ۱۲ ساعتی) به بارندگی حداکثر روزانه را محاسبه و روند تغییرات مقادیر نسبت‌ها و اختلاف منطقه‌ای این مقادیر را به صورت خطوط هم نسبت بر روی نقشه ایران ترسیم کرده‌اند. میانه نسبت‌های مذکور برای هر یک از مناطق اقلیمی انتخاب و براساس رابطه عمق-مدت- فراوانی بارندگی برای هر یک از مناطق اقلیمی ایران با روش رگرسیون بر اساس مدت بارندگی و مقادیر نسبت‌های مذکور از ضریب همبستگی بیشتر از ۹۵/۰ برخوردار بوده است. قنبرپور و تلوری (۱۳۸۲) در پژوهشی دیگر با عنوان الگوی توزیع زمانی بارش‌های رگباری در ایستگاه‌های همدیدی شمال ایران به مطالعه و مقایسه توزیع

داده و ارتباط آن‌ها را با رطوبت نسبی و دما به دست آورده و سهم تأثیرپذیری این عوامل بر تغییرات نوع بارش در طول دوره آماری مشخص نماید. ایستگاه کرمانشاه در عرض جغرافیایی $21^{\circ} 34'$ شمالی و طول $9^{\circ} 47'$ شرقی و ارتفاع $1318/6$ متر از سطح دریا واقع شده است. ابتدا داده‌های ساعتی تعداد روزهای انواع بارش تگرگ، باران، برف و باران‌ریزه که به صورت کدهای هواشناسی (WW) هستند و بارش روزانه از اداره هواشناسی تهیه گردید، برای بررسی نرمال بودن باقی‌مانده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. همچنین با استفاده از نمودار پراکنش ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها بررسی گردید، با توجه به اینکه تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های پارامتری و تحلیل‌های رگرسیون نیاز به نرمال بودن داده‌ها هست، لذا به منظور استفاده از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک، از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. محاسبه میزان رابطه بین متغیرهای تعداد روزهای انواع بارش و رطوبت نسبی از طریق روش همبستگی پیرسون انجام گرفت که محاسبات آن از رابطه زیر به دست آمد:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

r به دست آمده عددی بین -1 و $+1$ خواهد بود که هر چه به ± 1 نزدیک‌تر باشد رابطه قوی‌تر است (عساکره و اشرفی، ۱۳۹۰). برای تعیین روند در هر یک از سری‌ها در طول دوره آماری از آزمون‌های من کندال و رگرسیون استفاده شد. در بررسی‌های آماری متغیرهایی وجود دارد که برای تشخیص معناداری آن‌ها باید دو آزمون معنی‌دار بودن معادله و معنی‌دار بودن ضرایب متغیرهای مستقل بر روی آن‌ها انجام گیرد، لذا به منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر و امکان یا عدم امکان استفاده از آزمون‌ها از دوربین-واتسون استفاده شد. در این آزمون از آنجا که فرض H_0 بر عدم همبستگی بین خطاها تأکید دارد، چنانچه این آماره بین $1/5$ تا $2/5$ قرار گیرد، فرض H_0 پذیرفته می‌شود. در صورت عدم تأیید توسط این آزمون‌ها، باید از

زمانی بارش‌های 24 ساعته و الگوهای تپ توزیع زمانی پرداخته است که نتیجه آن عدم همخوانی بین آن‌هاست.

قربانی (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای به تحلیل و بررسی و روندیابی تغییرات میزان تگرگ در هفت ایستگاه همدید حوضه‌ی زاینده‌رود در یک دوره آماری 13 ساله پرداخته است و روند سالانه، فصلی و ماهیانه بارش تگرگ در کدهای مطالعاتی هواشناسی مربوط به تگرگ (۲۷، ۹۶ و ۹۹) را به دست آورده است. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که بالاترین فراوانی بارش تگرگ در حوضه زاینده‌رود در ایستگاه کوه‌رنگ و بالاترین بارش در ساعت 15 الی 18 در ماه مارس و در فصل زمستان هست. کتیرایی و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران در دوره آماری $1960-2001$ با استفاده از آزمون من کندال و روش خطی حداقل مربعات پرداختند و نشان دادند که بارش در اغلب ایستگاه‌های غرب و شمال غرب کشور دارای روند کاهشی و بیشتر ایستگاه‌های جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی‌اند. در پاره‌ای از ایستگاه‌ها سیر صعودی از روند کاهشی در بارش‌های خفیف به سمت روند افزایشی بارش‌های سنگین ملاحظه می‌شود که با روند افزایشی قوی و اغلب معنی‌دار بارش کل سالانه یا فصلی مطابقت دارد.

در پژوهش‌های صورت گرفته روندیابی، پهنه‌بندی و تحلیل زمانی-مکانی بارش و پارامترهای آن به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است، لذا این پژوهش در نظر دارد تعداد روزهای انواع مختلف بارش شامل تگرگ، باران، برف و باران‌ریزه را بررسی و ارتباط و میزان تأثیرپذیری آن‌ها از رطوبت نسبی و دما را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد و نسبت انواع بارش را از بارش سالانه در ایستگاه کرمانشاه پایش و بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در نظر دارد تا تغییرات انواع مختلف بارشی مانند تگرگ، باران، برف و باران‌ریزه را در طول دوره آماری $1981-2010$ برای ایستگاه کرمانشاه مورد بررسی قرار

(سیورس، ۱۹۹۰). رفتار u_i بعد از محل تلاقی وضعیت روند سری را نشان می‌دهد. عدم تلاقی دو شاخص معرف عدم وقوع تغییر در سری زمانی می‌باشد (تورکش و همکاران، ۲۰۰۲). حد بحرانی در این آزمون‌ها با سطح احتمال ۱/۹۶ بوده که هرگاه دنباله u_i بالاتر یا پایین‌تر از حد ۱/۹۶ قرار گرفت نشان‌دهنده وجود روند منفی یا مثبت است، اما اگر دو دنباله همدیگر را در داخل محدوده قطع کنند، نشان از آغاز جهش و شروع تغییر ناگهانی در سری زمانی موردنظر است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج و بحث

الف- بررسی آماری و کنترل کیفیت داده‌ها

تغییرات آماری انواع بارش در طول دوره آماری مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). بالاترین دامنه تغییرات در تعداد روزهای باران دیده شده و پس از آن روزهای برفی قرار دارد. هم‌چنین ضریب تغییرپذیری بالا در روزهای با تگرگ، پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی در زمینه‌های مختلف را با مشکل مواجه خواهد نمود و نشان از تغییر زیاد روزهای با تگرگ در سال‌های دوره آماری دارد. همه پارامترها از چولگی مثبت برخوردار بودند که نشان‌دهنده زیاد بودن تعداد مقادیر پایین‌تر از میانگین است.

متغیرهای مورد نظر لگاریتم بگیریم تا بررسی‌های آماری از اعتبار و قدرت لازم برخوردار گردد.

برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر با استفاده از آزمون آماری و گرافیکی من کندال از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است که ابتدا آماره (t_i) نسبت رتبه i به رتبه‌های ماقبل) محاسبه، سپس فراوانی تجمعی آماره $(\sum t_i)$ را محاسبه و در ادامه امید ریاضی E_i و واریانس V_i محاسبه و شاخص من کندال بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (2)$$

برای بررسی تغییرات باید شاخص U_i نیز تعیین شد؛ که بعد از مشخص کردن آمار t_i که به ترتیب، ابتدا فراوانی تجمعی $(\sum t_i)$ و امید ریاضی محاسبه و از رابطه زیر شاخص U_i محاسبه گردید (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

$$U'_i = \frac{-(\sum t'_i - E'_i)}{\sqrt{V'_i}} \quad (3)$$

از دیدگاه آماری، زمان تغییر در یک سری زمانی، جایی است که از آن به بعد توزیع آماری دیگری بر داده‌ها حاکم شود (هاووا، ۲۰۰۶). محل تلاقی دو نمودار u و u' بیانگر نقطه چشم‌گیر تغییر و وجود روند می‌باشد به طوری که اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی ($\pm 1/96$) همدیگر را قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی در داده‌هاست و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری زمانی است

جدول شماره ۱- تغییرات آماره‌های دما و رطوبت نسبی و انواع بارش

تغییرپذیری	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	دامنه تغییرات
۵۲/۷	۱/۳۳	۰/۹۶	۹/۳	۱۷/۷	۴۶	۵	۴۱
۱۲۲	۰/۲	۱	۰/۹۴	۰/۷۷	۳	۰	۳
۱۸/۱	۱/۲۶	۰/۷۵	۹/۸	۵۴/۲	۸۳	۳۶	۴۷
۱۲۴/۵	۱/۶۶	۱/۴	۳/۴	۲/۷۳	۱۳	۰	۱۳
۷	۰/۲	۰/۲	۳/۲	۴۵/۴	۵۳	۳۹	۱۴
۶/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۳	۰/۹	۱۴/۹	۱۶/۸	۱۳	۳/۸

چون داده‌های خام تگرگ در آزمون‌ها مورد تأیید قرار نگرفتند؛ لذا پس از اینکه بر روی آن‌ها تبدیل لگاریتمی صورت گرفت، دوباره داده‌های تبدیل لگاریتمی شده مورد آزمون قرار گرفتند که نتایج تأیید شده این داده‌ها در جدول (۳) مشاهده می‌شود.

برای بررسی نرمال بودن داده‌های خام از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو ویلک استفاده شده است. نتایج این آزمون‌ها در جدول (۲) مشاهده می‌شود. به کمک این آزمون‌ها نرمال بودن داده‌های خام متغیرها به جز داده‌های تعداد روزهای تگرگ مورد تأیید قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۲) مشاهده می‌شود.

جدول شماره ۲- بررسی نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
meanDamaRoz	.099	30	.200*	.976	30	.717
DayWithRain	.075	30	.200*	.984	30	.912
AverageRH	.088	30	.200*	.988	30	.978
DayWithSnow	.161	30	.046	.925	30	.037
DayWithHail	.294	30	.000	.778	30	.050
drizzle	.227	30	.000	.802	30	.070

جدول شماره ۳- بررسی نرمال بودن متغیر وابسته (تبدیل لگاریتمی شده) از طریق آزمون کلموگروف-اسمیرنوف

		Hail	Lag Hail
N		29	29
Normal Parameters ^a	Mean	.72	.7586
	Std. Deviation	.922	.95076
Most Extreme Differences	Absolute	.301	.305
	Positive	.301	.305
	Negative	-.216	-.212
Kolmogorov-Smirnov Z		1.622	1.641
Asymp. Sig. (2-tailed)		.010	.009

a. Test distribution is Normal.

قرار گرفتند؛ اما نتایج این آزمون‌ها در مورد داده‌های تگرگ پایین‌تر از مقدار مورد نظر بود و فرض H_0 تأیید شد، لذا برای رفع این مشکل و بالا بردن اعتبار مدل از لگاریتم داده‌ها استفاده شد که در این مرحله نتایج معتبرتری توسط آزمون‌ها به دست آمد (جدول ۳ و ۴).

برای رسیدن به مدل مورد نظر، ابتدا نرمال بودن متغیرهای وابسته به کمک آزمون‌های دورین واتسون، آزمون F و سطح معنی‌داری (Sig) مورد بررسی و اعتبارسنجی قرار گرفت. با توجه به اینکه فرض $H_1 < 0.05$ می‌باشد و مقدار F بالا و $2.5 < D.W < 1.5$ است، پس متغیرهای مربوط به باران، برف و باران‌ریزه با سطح اطمینان مطلوبی مورد تأیید

جدول شماره ۴- بررسی تأثیر معنی‌دار متغیرهای مستقل بر وابسته و نرمال بودن آن‌ها

تبدیل لگاریتمی			بدون تبدیل				تگرگ	
D-W	F	R ²	sig	D-W	F	R ²		sig
۲/۴	۴/۸	۰/۲۲	۰/۰۳	۲/۸	۳/۴	۰/۰۲	۰/۵۴	
				۲/۴	۱۳	۰/۴۸	۰	برف
				۲/۴	۸/۱	۰/۳۷	۰	باران
				۱/۷	۹	۰/۴۰	۰	باران‌ریزه

بیشتر از سایر انواع بارش به رطوبت نسبی وابسته بوده است. بالاترین همبستگی با دما متعلق به تعداد روزهای برف به میزان ۰/۶۴ بوده است که در سطح ۱ درصد معنادار است. هم‌چنین آزمون ضریب همبستگی پیرسون روند معنی‌دار منفی و معکوسی را با زمان (سال‌های دوره آماری) نشان داده است. به عبارتی انواع بارش در طول دوره آماری روند کاهشی داشته‌اند که بیش‌ترین کاهش در نوع بارش باران‌ریزه بوده است که با بررسی روند کاهشی رطوبت نسبی در طول دوره آماری منطقی به نظر می‌رسد (جدول ۵).

ب- بررسی ارتباط از طریق همبستگی پیرسون

پس از کنترل کیفیت داده‌ها، به منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شده است که نتایج آن را در جدول ۵ مشاهده می‌شود. غیر از تگرگ در سایر انواع بارشی ارتباط و همبستگی معناداری بین متغیرها وجود دارد. بالاترین همبستگی با رطوبت نسبی متعلق به باران‌ریزه به میزان ۰/۶۱ بوده است که در سطح ۱ درصد معنادار است. پس باران‌ریزه

جدول شماره ۵- میزان همبستگی (پیرسون) انواع بارش با عوامل تأثیرگذار و روند آن در طول دوره آماری

دوره آماری	باران‌ریزه	تگرگ	برف	باران	رطوبت نسبی
دوره آماری	باران‌ریزه	تگرگ	برف	باران	رطوبت نسبی
۰/۶۸**	۰/۶۱**	۰/۳۸*	۰/۳۶	۰/۵۵**	رطوبت نسبی
۰/۷۷**	۰/۵۷**	-۰/۱۲	۰/۶۴**	-۰/۲۹	دمای هوا
۱	۰/۷۶**	-۰/۳۰	۰/۴۲**	-۰/۳۷	دوره آماری

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ **معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

روندی افزایشی را تجربه کرده است. تعداد روزهای برف در دهه اول دارای روندی مثبت به میزان ۱/۱ و در دهه‌های دوم و سوم به ترتیب با ۱/۹۶ و ۰/۶۵ از شیبی منفی برخوردار بوده است. تعداد روزهای باران ریزه نیز در هر دو آزمون من کندال و b رگرسیون در طول دوره آماری و در هر سه دهه منفی و دارای روندی کاهشی بوده است.

ج- بررسی ارتباط از طریق من کندال و b رگرسیون

برای بررسی وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی تعداد روزهای بارشی، ابتدا فاکتور اصلی یعنی دوره آماری به سه دهه مجزا دهه اول (۱۹۸۱-۱۹۹۰)، دهه دوم (۱۹۹۱-۲۰۰۰) و دهه سوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰) تقسیم گردید. سپس بر روی سه دهه و کل دوره آماری، دو آزمون رگرسیون و من کندال انجام گرفت. تعداد روزهای تگرگ و باران در دهه‌های اول و دوم روندی کاهشی و در دهه سوم

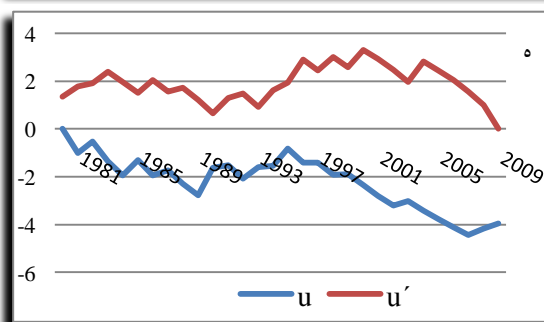
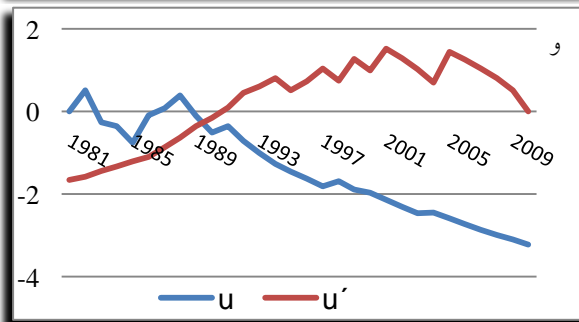
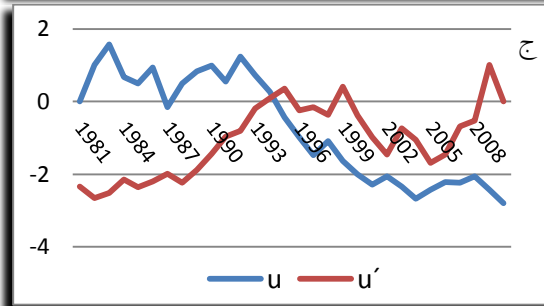
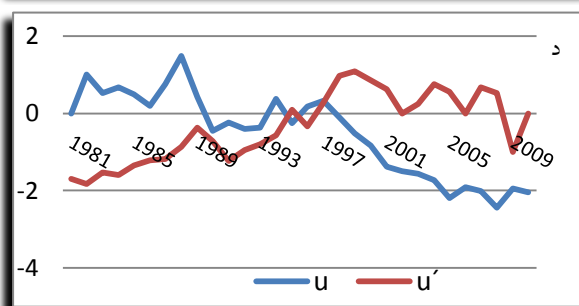
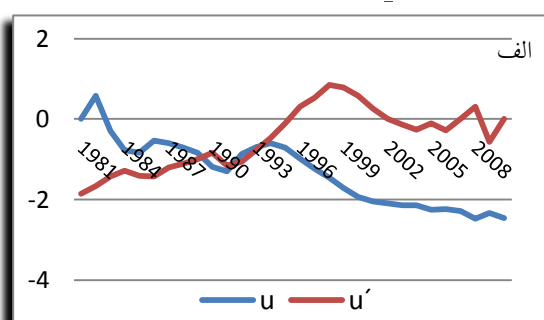
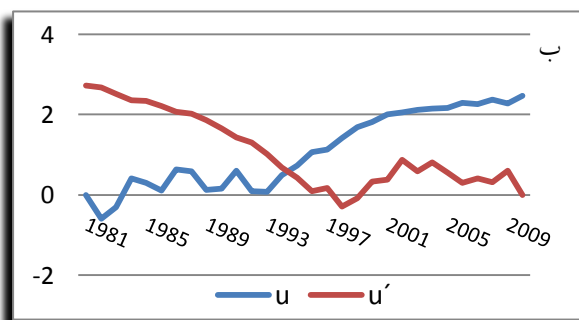
جدول شماره ۷- مقایسه نتایج روندیابی انواع بارش با استفاده از آزمون b رگرسیون و من کندال

رطوبت نسبی	دمای هوا	باران‌ریزه	باران	تگرگ	برف	آزمون	
-۰/۲۴	۰/۰۸	-۰/۳	-۰/۳۸	-۰/۰۳	-۰/۴۴	b	کل دوره
-۱/۳۱	۱/۰۹	-۱/۵	-۰/۵۲	-۲/۲	-۰/۷۲	من کندال	
۰۰	۰۰	۰/۰۱	۰۰	۰/۰۵	۰/۰۵	سطح معنی‌داری	
-۰/۷۲	۰/۰۴۱	-۰/۱۶	-۰/۸۵	-۰/۱۷	۱/۱	b دهه اول	
-۰/۹۳	۰/۲	-۰/۳۸	-۱/۴۵	-۰/۱۵	-۱/۹۶	b دهه دوم	
-۰/۱۳	۰/۰۵	-۰/۱۸	۰/۵۸	۰/۰۸	-۰/۶۵	b دهه سوم	

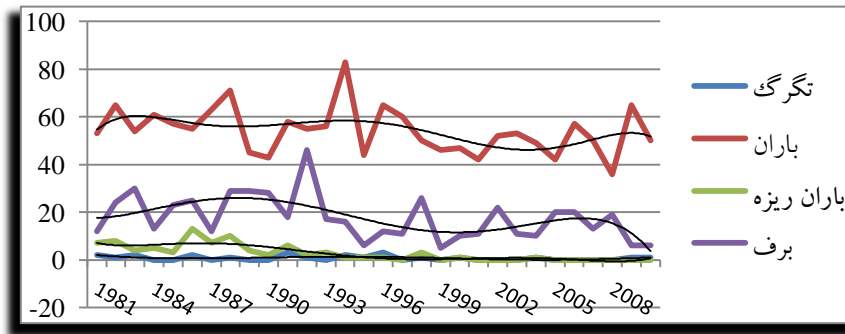
نمودار گرافیکی من‌کندال که برای دوره آماری تگرگ ترسیم شده هیچ‌گونه جهش یا برخوردی دیده نشد و دو مؤلفه u و u' همدیگر را قطع نکرده‌اند که نشان‌دهنده عدم روند این شکل بارشی در دوره آماری مذکور بوده است.

با استفاده از روش غیرخطی پلی‌نومیال درجه ۶ که یک روش سهمی هست، نمودار انواع بارش (شکل ۲) ترسیم شده است که نوسانات آن‌ها در طول دوره آماری ۳۰ ساله مشاهده می‌شود. با توجه به این نمودار، تعداد روزهای باران تا سال ۲۰۰۲ روند کاهشی و از ابتدای دهه سوم روند افزایشی ضعیفی را شروع کرده‌اند. باران‌ریزه از روند کاهشی قوی برخوردار است و نوسانات پلی‌نومیال ۶ ساله برف خیلی قوی و شدید است، این در حالی است که روند معنی‌داری در تعداد روزهای تگرگ در طول دوره آماری برای ایستگاه کرمانشاه مشاهده گردید.

یکی از مهم‌ترین مزیت‌های آزمون آماری و نموداری من-کندال شناسایی جهش، نوع و زمان تغییر در متغیرهای مورد نظر است. برای این کار نمودار من‌کندال با استفاده از مؤلفه‌های u و u' برای انواع مختلف بارش و رطوبت نسبی سالانه ترسیم شد و زمان و نوع جهش و تغییر مشخص گردید که نتایج آن‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌شود. دو آزمون رگرسیون و من‌کندال برای کلیه پارامترهای دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰ ایستگاه کرمانشاه (به جز دهه اول باران و دهه سوم تگرگ) همدیگر را پوشش داده‌اند و هماهنگی قوی با هم در مورد تشخیص نوع روند داشته‌اند. جهش و تغییر روند در تعداد روزهای بارشی از سال ۱۹۹۷ شروع شده و این روند که کاهشی می‌باشد تا پایان دوره آماری ادامه داشته است. این تغییر جهش در اکثر انواع بارش در طول دوره آماری کاهشی و منفی بوده است. آغاز جهش دوره آماری تعداد روزهای برف در سال ۱۹۹۵ و باران ریزه ۱۹۸۹ بود. فقط در



شکل شماره ۱- نمودار من-کندال روند تغییرات زمانی الف. رطوبت نسبی ب. دما. ج. برف د. باران ه. تگرگ و باران ریزه

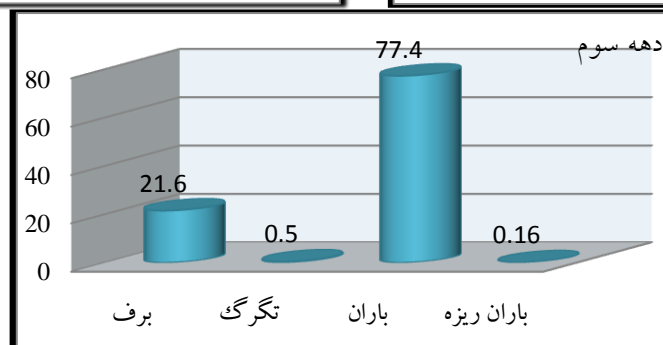
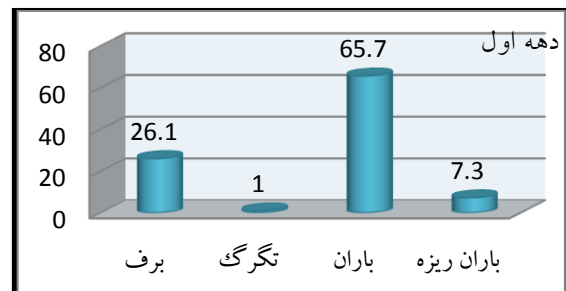
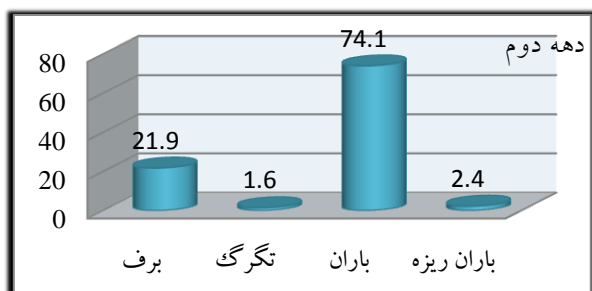


شکل شماره ۲- پلی نومیال درجه ۶ انواع بارش در دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰

۵- نسبت نوع بارش از بارش کل

برای بررسی تغییرات نسبت و سهم هر کدام از تعداد روزهای نوع بارش از کل تعداد روزهای بارش، دوره آماری ۹۸۱-۲۰۱۰ در قالب سه دهه مورد بررسی قرار گرفت و در هر دهه، مجموع تعداد روزهای کل بارش محاسبه و میانگین (به روز در سال) و نسبت نوع بارشی (به درصد) از این مجموع به دست آمد (شکل ۳). افزایش درصد فراوانی تعداد روزهای باران ناشی از افزایش تعداد روزهای آن نیست، بلکه با توجه به کاهش شدید تعداد روزهای سایر انواع بارش، سهم بیشتری از تعداد روزهای بارشی دهه سوم نسبت به دهه اول به باران اختصاص یافته است، به عبارتی در دهه اول از مجموع ۸۲۳ روز بارشی، ۵۶۷ روز باران و ۲۲۵ روز برف رخ داده است در حالی که در دهه سوم از مجموع ۷۴۴ روز

بارشی، ۴۹۶ روز باران و ۱۳۸ روز برف بوده است یعنی کاهش تعداد روزها برای برف، تگرگ و باران ریزه خیلی شدیدتر از کاهش تعداد روزهای باران بوده است. از مجموع بارش دهه اول ۶۵/۷ درصد به باران اختصاص یافته است در حالی که این درصد در دهه سوم به ۷۷/۴ درصد از مجموع کل بارش رسیده است. از نظر درصد فراوانی غیر از باران که افزایش درصد داشته است، بقیه انواع بارش با کاهش درصد شدیدی مواجه بوده‌اند یعنی با افزایش زمان از تنوع بارش در ایستگاه کرمانشاه کاسته شده و همگنی و یکنواختی بارشی، آن هم از نوع باران بیشتر شده و از انواع دیگر بارش (برف، تگرگ و باران ریزه) به شدت کاسته شده است.



شکل شماره ۳- سهم درصدی انواع بارش از بارش کل در سه دهه دوره آماری

نتیجه گیری

بارشی و رطوبت نسبی هم‌راستا و رابطه‌ای مستقیم است که این نتایج توسط هر سه آزمون همبستگی پیرسون، رگرسیون و من‌کنندال برای سری‌های زمانی مورد تأیید قرار گرفت. آزمون من‌کنندال ثابت کرد که انواع مختلف بارش در طول دوره آماری روند کاهشی داشته‌اند. دو آزمون رگرسیون و من‌کنندال نیز نتایج دهه‌ای همدیگر را پوشش داده و تأیید (به جزء دهه اول باران و دهه سوم تگرگ) و نشان می‌دهند که در دهه‌ی اول غیر از برف، بقیه انواع بارش دارای شیب کاهشی ولی در دهه دوم همه‌ی انواع بارشی کاهشی و دهه سوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰)، تنها تعداد روزهای باران دارای شیب افزایشی بوده‌اند. نمودار پلی‌نومیال درجه ۶ نتایج این آزمون‌ها را نیز تأیید کرد. آغاز جهش دوره آماری تعداد روزهای برف در سال ۱۹۹۵، باران ریزه ۱۹۸۹ و تعداد روزهای باران در سال ۱۹۹۷ بوده است. نتایج به دست آمده به کمک آزمون رگرسیون توسط آزمون‌های من‌کنندال، ضرایب همبستگی و پلی‌نومیال تأیید شده و این آزمون‌ها نتایج همدیگر را پوشش می‌دهند. تغییرات سهم هر کدام از انواع بارش و تغییرات آن‌ها در طول دوره آماری به صورت دهه‌ای نشان می‌دهد که تعداد روزهای باران در دهه سوم (۷۷/۴)، درصد فراوانی بیشتری را نسبت به دهه اول (۶۵/۷ درصد) از تعداد روزهای بارش کل به خود اختصاص داده است؛ یعنی از یک طرف از تعداد روزهای بارشی برف، تگرگ و باران‌ریزه به شدت کاسته شده و سهم بیشتری از بارش کل به باران اختصاص یافته است. البته این به معنای افزایش تعداد روزهای باران در دهه‌ی سوم نیست. به عبارتی در دهه‌ی اول از مجموع ۸۲۳ روز بارشی، ۵۶۷ روز باران و ۲۲۵ روز برف داشته‌ایم، در حالی که در دهه سوم از مجموع ۷۴۴ روز بارشی، ۴۹۶ روز باران و ۱۳۸ روز برف رخ داده است. از نظر درصد فراوانی، غیر از باران که افزایش درصد دارد، بقیه انواع بارش با درصد کاهشی شدیدی مواجه بوده‌اند یعنی با افزایش زمان از تنوع بارش در ایستگاه کرمانشاه کاسته شده و همگنی و یکنواختی بارشی، آن هم از

انواع بارش که شامل باران، برف، تگرگ و باران‌ریزه می‌باشند، در طول دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱ مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند و تغییرات آماری آن‌ها، روندیابی و ارتباط آن‌ها با رطوبت نسبی و سهم هر کدام از آن‌ها از بارش کل ایستگاه کرمانشاه محاسبه و تجزیه و تحلیل شدند. بالاترین انحراف معیار از میان آن‌ها از آن تعداد روزهای باران (۹/۸) می‌باشد که نمایانگر آن است که تعداد روزهای باران بیش‌ترین پراکندگی را داشته‌اند. در مقابل دمای هوا کمترین انحراف معیار را به خود اختصاص داده‌اند. روزهای باران‌ریزه نیز بالاترین ضریب تغییرپذیری با ۱۲۴/۵ را در دوره آماری داشته است که نشان می‌دهد که تغییرات این شکل بارش در دوره آماری خیلی بالا و پیش‌بینی تعداد روزهای باران‌ریزه مشکل است. هم‌چنین بین انواع بارش با دما و رطوبت نسبی، همبستگی نسبتاً قوی و شدیدی وجود دارد که اکثراً در سطح ۰/۰۱ معنادار بوده که اعتبار و قدرت بالای آن‌ها و میزان اثرگذاری بالای رطوبت نسبی و دما را بر انواع بارش توجیه می‌کند. در طول دوره آماری در ایستگاه کرمانشاه در هر سه آزمون همبستگی پیرسون، b رگرسیون و من‌کنندال برای همه‌ی انواع بارشی روند منفی و کاهشی مشاهده شده است.

ضرایب رگرسیون توجیه‌پذیری تغییرات تعداد روزهای برف توسط پارامترهای دما و رطوبت نسبی را تا حدودی قوی نشان می‌دهد یعنی ۰/۴۸ تغییرات تعداد روزهای برف توسط رابطه خطی تبیین می‌شود، در حالی که قدرت پیش‌بینی این آزمون برای تگرگ با ۲ درصد، ضعیف‌ترین میزان را نشان می‌دهد که نشان از قدرت و اعتبار ضعیف مدل این آزمون درباره پیش‌بینی تغییرات تگرگ است. علت آن هم شاید به شکل‌گیری تگرگ در لایه‌های مختلف دمای جو برگردد. روند افزایش دما و تعداد روزهای بارش از یک شیب خطی معکوس تبعیت کرده است، به عبارتی، با افزایش دما در کل دوره آماری، از تعداد روزهای بارشی کاسته شده است. این رابطه در مورد ارتباط تعداد روزهای

نوع باران بیشتر شده و از انواع دیگر بارش به شدت کاسته شده است.

۸- کتیرایی، پری، سیما و دیگران. (۱۳۸۶). سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران در دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. مجله فیزیک زمین و فضا. جلد ۳. شماره ۱. ص ۶۷.

- 9- Bonaccorso, B. A., Cancellier Rossi, G, 2005 Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily. *Advanced in Geosciences*2, pp. 7-11.
- 10- Giaiotti, D., Stel, F, 2006. The effects of environmental water vapor on hailstone size distributions. *Atmospheric Research*82, p. 8.
- 11- Ha, J. K, Ha, E.,2006.Climatic change and Inter annual Fluctuation in the Long -term Record of monthly precipitation for Seoul.*Int.J.Climatal*26,pp.607-618.
- 12- Jung, IW., Bae, DH, Kim, G. 2011. Recent trends of mean and extreme precipitation in Korea. *International Journal of Climatology*. No. 31(3), pp. 359-370.
- 13- Modarres, R., Silva VPR. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, No. 70,pp.344-355.
- 14- Partal, T., Kahya E., 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*. No. 20,pp. 2011-2026.
- 15- Rubinic,J.,Ožanic, N., (2006). The Relation between Intensive Daily and Annual PrecipitationQuantities at the GorskiKotar Area (Croatia)
- 16- Shahid, S., 2010. Rainfall variability and trends of wet and dry periods in Bangladesh. *International Journal of Climatology*,No. 30: 2299-2313.
- 17- Sueyers, R.,1990.On the Statistical Analysis of Series of Observation. WMO, No. 415, pp.2-15.
- 18-Turkes, M. Summer, u.m. & Demir, I., 2002, .Re-Evaluation of Ternds and Changes in mean Maximum and Minimum Temperature of Turkey for the period 1929-1999.*Int.Journal of Climatol*, 22: 947-977.

منابع

- ۱- جهان‌دیده، مرضیه. امین، شیروانی. (۱۳۹۱). تحلیل روند برای زیر زنجیره‌های زمانی بارش در استان فارس. مجله مهندسی منابع آب. سال پنجم.
- ۲- رحیم زاده، فاطمه. (۱۳۹۰). روش‌های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی. تهران: نشر سید باقر حسینی.
- ۳- حجازی زاده، زهرا. نادر، پروین. (۱۳۸۸). بررسی تغییرات دما و بارش تهران طی نیم قرن اخیر. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. پیش‌شماره پاییز و زمستان ۱۳۸۸. ص ۴۷.
- ۴- عساکره، حسین. اشرفی، سعیده. (۱۳۹۰). مدل‌سازی تعداد روزهای بارش سالانه بر اساس رطوبت نسبی و دمای سالانه زنجان. نشریه سپهر. شماره ۸۰. ص ۱۲.
- ۵- قربانی، اعظم. (۱۳۸۵). تحلیل و بررسی پدیده‌ی تگرگ و طبقه‌بندی ابر با استفاده از RS و GIS در حوضه‌ی زاینده‌رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم. ص ۲۵.
- ۶- قنبرپور، محمدرضا و دیگران. (۱۳۷۹). مطالعه روابط بارندگی‌های حداکثر روزانه و کوتاه‌مدت در ایران، پژوهش و سازندگی. شماره ۴۹. صص ۲۲-۲۶.
- ۷- قنبرپور، محمدرضا. عبدالرسول، تلوری. (۱۳۸۲). الگوی توزیع زمانی بارش‌های رگباری در ایستگاه‌های سینوپتیک شمال ایران. پژوهش و سازندگی. شماره ۵۹. ص ۱۰۳-۹۶.