

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره اول، بهار ۱۳۹۲، شماره پیاپی ۱۰۸

A.A. Rasouli
R. Roshani
A.R. Ghasemi

علی اکبر رسولی، عضو هیأت علمی گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

رقیه روشنی، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز

احمد رضا قاسمی، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز

E-mail: roshani_xp@yahoo.com

شماره مقاله: ۸۹۳

شماره صفحه پیاپی ۱۸۹۷۲-۱۸۹۵۲

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران

چکیده

عنصر بارش یکی از عناصر پیچیده و حیاتی جو زمین است و تغییرات زمانی و مکانی آن می‌تواند اقلیم ایران را کنترل کند. در این تحقیق، به منظور مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی بارش، از داده‌های مجموع بارش سالانه ۵۰ ایستگاه هواشناسی همدید و اقلیمی در خلال سال‌های ۱۹۶۶-۲۰۰۵ که دارای پراکنش مناسبی است، استفاده شد. از آنجا که بارش به عنوان یک عنصر اقلیمی، رفتاری غیر خطی داشته و نیز از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، روش‌های آماری ناپارامتری، ابزاری مفید برای بررسی این عنصر اقلیمی است. لذا در این تحقیق برای نشان دادن روند و معنی داری بارش‌های سالانه از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. توزیع مکانی روندها، میانگین‌های متحرک و نواحی رطوبتی و تغییرات مکانی بارش‌های اوج و حضيض در محیط نرم‌افزار Arc GIS پهنه بندی شد. نتایج نشان می‌دهد که عنصر بارش روندهای افزایشی و کاهش‌ی در ایران داشته است؛ به طوری که بیشترین میزان روند کاهش‌ی در قسمت شمال غرب و بیشترین روند افزایشی در قسمت جنوب غربی است که در طول ۴۰ سال گذشته رخ داده است. ضمناً تغییرات مکانی بارش در محدوده جغرافیایی خشک و نیمه خشک از نوسان‌های بیشتری برخوردار بوده، ولی از حدود سال ۱۹۸۰ تغییرات در نواحی نیمه مرطوب و خیلی خشک شدت بیشتری یافته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندال، تغییرات زمانی و مکانی بارش، پهنه بندی، نواحی رطوبتی ایران.

مقدمه:

در سال‌های اخیر، موضوع تغییر اقلیم و تأثیرات مربوط به آن چالش‌های زیادی را در مجامع بین - المللی به وجود آورده است؛ به طوری که تمامی کشورها به دنبال تعیین چگونگی تغییر در مؤلفه‌های آب و هوایی و جهت و روند آنها پرداخته‌اند. در این میان عنصر دما و بارش، در مرکز توجه قرار گرفته است. عنصر بارش از مهمترین عواملی است که به طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد. همچنین، به عنوان یک متغیر تصادفی دارای تغییرات زمانی و مکانی معنی داری است. از این رو، در سراسر دنیا مطالعات زیادی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی بارش با استفاده از مدل‌ها و روش‌های پارامتری و ناپارامتری صورت گرفته است. در این زمینه می‌توان به کارهای لتن مایر^۱ و همکاران (۱۹۹۴)، تورکس^۲ (۱۹۹۶) و زانگ^۳ و همکاران (۲۰۰۰) اشاره کرد. ماتياسوفزسکی^۴ و همکاران (۱۹۹۳، ۳۹۵۵) با استفاده از یک روش احتمالی به برآورد احتمالی روزهای مرطوب و میانگین و انحراف معیار بارش‌های روزانه غیر صفر که بازتابی از سناریوی تغییر اقلیم جهانی است، پرداختند. کیلی^۵ و همکاران (۱۹۹۸، ۱۴۱) با بررسی ساعتی بارش‌های ۵۴ ساله ایستگاه والتیا در سواحل جنوب غربی ایرلند یک نقطه تغییر در مقادیر بارش سالانه را در حدود سال ۱۹۷۵ با استفاده از آمار پتیت - من - ویتنی نشان دادند. منتون^۶ و همکاران (۲۰۰۰، ۲۶۹) به بررسی روند دما و بارش حداکثر روزانه ۹۱ ایستگاه واقع در ۱۵ کشور جنوب شرق آسیا و جنوب اقیانوس آرام از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸ در طی یک دوره ۳۸ ساله پرداختند و نشان دادند که بارش سالانه این مناطق دارای روند منفی است. اکسیو^۷ و همکاران (۲۰۰۳، ۱۴۴) به تعیین روند دراز مدت بارش ژاپن با استفاده از آزمون t و آزمون ناپارامتری من - کندال و روش‌های من - ویتنی پرداختند. سن روی و بالینگ^۸ (۲۰۰۴،

1 Lettenmaier

2 Turkes

3 Zhang

4 Matyasovszky

5 Kiely

6 Manton

7 Xu

8 Sen roy and Balling

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران / ۲۰۷

۴۵۷) سری زمانی بارش‌های روزانه ۱۲۹ ایستگاه واقع در هند را در خلال سال‌های ۱۹۱۰ تا ۲۰۰۰ مطالعه کردند. پیکارتا^۹ و همکاران (۲۰۰۴، ۹۰۷) به محاسبه روند سری‌های زمانی خشکسالی و بارش سالانه، ماهانه و فصلی ۵۰ ایستگاه باسیلیکاتای ایتالیای جنوبی، درسال‌های ۱۹۲۳ تا ۲۰۰۰ با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال پرداختند. پارتال و کاهیا^{۱۰} (۲۰۰۶، ۲۰۱۱) برای تعیین روند دراز مدت متوسط سالانه و مجموع بارش ماهانه ۹۶ ایستگاه ترکیه در طی دوره آماری ۱۹۲۹ تا ۱۹۹۳ از روش‌های ناپارامتری من - کندال و t سن^{۱۱} استفاده نمودند. موراتو^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰) از چندین روش آماری برای بررسی سری زمانی بارش سالانه و فصلی پرتغال جنوبی در بازه زمانی ۱۹۳۱ تا ۲۰۰۶ به منظور شناسایی روندها و ارزیابی تغییرات در فراوانی دوره‌های خشک و مرطوب و الگوهای توزیع مکانی استفاده کردند. کاراگینیدیس^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۹، ۳۹) به مطالعه روندها و ویژگی‌های بارش ماکزیمم فصلی ۲۸۰ ایستگاه واقع در اروپا در بازه زمانی ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۰ پرداختند. آنها در این بررسی از معادله رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتری من - کندال برای تشخیص روندها استفاده کردند. بابایی فینی و فرج زاده (۱۳۸۲، ۹) به محاسبه تغییرات شاخص‌های مکانی و زمانی بارش با استفاده از داده‌های ۱۵۳ ایستگاه هواشناسی ایران به مدت ۳۳ سال از سال ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۸ پرداختند. کاویانی و عساکره (۱۳۸۲، ۹۲) به بررسی روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان در طول ۱۰۳ سال با استفاده از روش‌های خطی و روش ناپارامتری من - کندال پرداختند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند خطی، سهمی و روند حاصل از آزمون رتبه‌ای خطا معنی دار نبوده و بارندگی اصفهان طی ۱۰۳ سال گذشته حاوی رفتاری پایدار بوده و تنها چهار فاز در بارندگی را تجربه نموده است. همچنین، کاربرد همبستگی نگار بارش گویای وجود چرخه‌هایی در بازه‌های ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ ساله است. عسگری و رحیم زاده (۱۳۸۲، ۷۵) به محاسبه تغییرات و نوسان‌های بارش و همچنین، وجود و نحوه روند و

9 Piccarreta
10 Partal and Kahya
11 Sen's T
12 Mourato
13 Karagiannidis

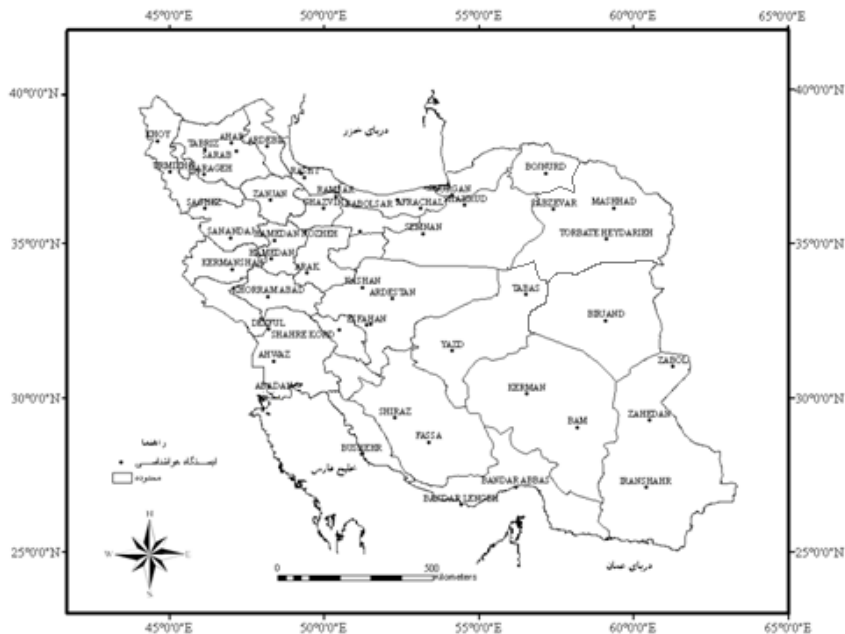
جهش در سری‌های بارش کشور ایران پرداختند. آنها در این مطالعه از آزمون t استیودنت، ضریب همبستگی خطی، آزمون‌های ناپارامتری من - کندال، اسپیرمن استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که سری‌های بارشی ناهمگنی را نشان می‌دهند که حاکی از وجود روند و نوسان‌های زیاد بوده و کمتر از جهش‌های ناگهانی (مثل دما) است و روند بارش‌های فصلی در ایستگاه تهران - مهرآباد به صورت موازی مشاهده نشده است. مسعودیان (۱۳۸۳، ۶۳) با مطالعه روند بارش ماهانه ایران نشان داد که بارش کرانه‌های خزر در طی نیم‌سده گذشته عموماً رو به کاهش بوده است. این روند کاهشی به‌ویژه در ماه سپتامبر آشکارتر بوده است. در مقابل، مقدار بارش نواحی شرقی، جنوبی و میانی کشور در برخی ماه‌ها روند افزایشی داشته است. قویترین و گسترده‌ترین روند افزایشی در ماه مارس دیده می‌شود. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷، ۱۳) به بررسی انحراف احتمالی برخی عناصر رطوبتی و دمایی سواحل جنوبی دریای خزر از حالت نرمال پرداخته که این مطالعه در یک مقطع زمانی ۳۰ ساله بین سال‌های آماری ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴ در ۵ ایستگاه و با استفاده از روش رتبه‌ای من - کندال صورت گرفته است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. حجام و همکاران (۱۳۸۷، ۱۵۷) روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه حوضه مرکزی ایران را در بازه زمانی ۱۳۵۰ الی ۱۳۷۹، با استفاده از دو آزمون ناپارامتری من - کندال و Sen's estimator مطالعه کرد. قهرمان و تقویان (۲۰۰۸، ۹۳) نیز به بررسی روند بارش‌های سالانه ۳۰ ایستگاه سینوپتیک ایران در طی دوره آماری ۵۰ سال پرداختند و معنی داری روند بارش‌ها را با استفاده از روش t تست و شیب خط رگرسیون آزمون نمودند. نتایج نشان می‌دهد که در هر حالت روند به میزان بارندگی سالانه بستگی ندارد، اما در طول دوره آماری، روند رفتار متفاوتی را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر سعی شده است با شناسایی روند و تغییرات زمانی بارش‌ها در ایران، پراکندگی مکانی آنها از طریق توزیع نواحی رطوبتی در کشور بررسی گردد. لذا جهت بررسی روند مجموع بارش‌های سالانه ایران و توزیع زمانی و مکانی آن از آزمون ناپارامتری رتبه‌ای من - کندال و تغییرات اوج و

حضیض‌های بارش استفاده گردید و تغییرات مکانی بارش با استفاده از نرم افزار Arc GIS نشان داده شد.

داده‌ها و روش‌ها:

در مطالعات تغییر اقلیم، آمار دراز مدت می‌توانند خصوصیات، تغییرات و چگونگی آن را تا اندازه زیادی نمایش دهند. در ایران تأسیس شبکه ایستگاه‌های هواشناسی از سال ۱۹۵۱ است که علاوه بر کوتاهی دوره آماری مشکلات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد. در این رابطه می‌توان به سال‌های فاقد آمار، ناکافی بودن شبکه ایستگاه‌ها و همچنین جابه‌جایی ادوات هواشناسی اشاره کرد که باعث شده مطالعه تغییرات اقلیمی در کشور با کمبود داده‌های دراز مدت رو به رو شود. در این مطالعه داده‌های بارش از کلیه ایستگاه‌های همدید و اقلیمی ایران جمع آوری شد و از بین آنها ۵۰ ایستگاه که دارای داده‌های بلند مدت ۴۰ ساله^{۱۴} در محدوده سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ بودند، تحلیل شدند. دلیل انتخاب این ایستگاه‌ها کامل بودن داده‌ها و توزیع مکانی مناسب آنها در سراسر محدوده جغرافیایی کشور ایران است. موقعیت جغرافیایی کشور ایران و پراکنش مکانی ایستگاه‌ها در شکل شماره (۱) درج شده است.

۱۴ ایستگاه طبس ۳۳ سال، ایستگاه شرق اصفهان ۳۰ سال و ایستگاه‌های اردبیل، همدان و بجنورد ۲۹ سال.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

در این مطالعه داده‌های بارش بعد پس از سازماندهی اولیه، تجزیه و تحلیل گردید. داده‌ها در مقیاس سالانه ساماندهی شدند و شاخص‌های آماری اولیه و طراحی‌های گرافیکی مورد نیاز در محیط‌های آماری صورت گرفت. روند تغییرات سری زمانی مجموع بارش سالانه ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال در نرم افزار Minitab بررسی شد. از این آزمون برای تعیین وجود روند و معنی داری آنها استفاده می‌شود. علاوه بر آن روش فوق، اطلاعاتی را در مورد نقطه شروع روند و تغییرات ناگهانی اقلیم می‌دهد (گوسنز و برگر^{۱۵}، ۱۹۹۵ و تایان^{۱۶} و همکاران، ۱۹۹۷). ترتیب زمانی داده‌ها و آماره t نسبت رتبه i به رتبه‌های ماقبل است. این شاخص دارای توزیع نرمال است. لذا برای شناسایی معنی دار بودن از جدول منحنی نرمال استفاده می‌شود. امید ریاضی E ، پراش Var و شاخص U به شرح زیر محاسبه می‌گردد.

15 Goossens and Berger

16 Tayan

$$t = \sum_i ni$$

فرمول شماره (۱) $E(t) = \frac{n(n-1)}{4}$

فرمول شماره (۲) $var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$

فرمول شماره (۳) $u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{var(t)}}$

فرمول شماره (۴)

اگر $U > 0$ باشد روند مثبت، اگر $U < 0$ باشد، روند منفی و اگر $U = 0$ باشد روند خنثی است. سطح اطمینان با $(\pm 1/96)$ ، ۹۵ درصد در نظر گرفته می شود (ازبیر^{۱۷}، ۲۰۰۷: ۶۷۰).

برای بررسی نقطه شروع تغییرات باید شاخص ui نیز تعیین شود که مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر است: داده‌ها را رتبه بندی و آماره ti' (نسبت رتبه i به رتبه‌های مابعد) را مشخص کرده، سپس فراوانی تجمعی ti' ($\sum ti'$) را محاسبه می کنیم.

$$(t'_i) = \sum_{i=1}^n ni$$

فرمول شماره (۵)

$$u'_i = -u(t'_i)$$

فرمول شماره (۶)

زمانی که روند معنی داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط ui, ui' همدیگر را قطع می کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی $(\pm 1/96)$ ، همدیگر را قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی است و زمان شروع تغییرات در منطقه را با این نقطه تلاقی می توان نشان داد. رفتار ui پس از محل تلاقی، وضعیت روند کاهشی یا افزایشی سری ها را نشان می دهد. عدم تلاقی دو شاخص معرف عدم روند سری است (سویرز، ۱۹۹۰، ۶). گروه های بارشی ایران مطابق جدول شماره (۱) در نظر گرفته شد:

جدول ۱: تقسیم بندی نواحی بارشی ایران (بابایی فینی و فرج زاده، ۱۳۸۲)

گروه	نواحی بارشی	آستانه (میلی متر)
۱	خیلی خشک	کمتر از ۱۰۰
۲	خشک	بین ۱۰۰ تا ۲۵۰
۳	نیمه خشک	بین ۲۰۰ تا ۴۰۰
۴	نیمه مرطوب	بین ۴۰۰ تا ۶۰۰
۵	مرطوب	بین ۶۰۰ تا ۸۰۰
۶	خیلی مرطوب	بالاتر از ۸۰۰

سپس روند ها و میانگین متحرک ۵ ساله بر مبنای ۶ گروه نواحی بارشی در محیط Arc GIS با استفاده از روش درونیابی کریگینگ پهنه بندی شد. برای نمایش تغییرات مکانی اوج و حضیض بارش ها، نواحی بارشی خیلی خشک به عنوان نواحی حضیض بارش و نواحی بارشی خیلی مرطوب به عنوان نواحی اوج بارش در نظر گرفته شد و سپس تغییرات مکانی نواحی در طی ۴۰ سال بررسی گردید.

بحث:

با تحلیل و بررسی که بر روی نمودارهای گرافیکی من - کندال صورت گرفت، ایستگاه هایی که دارای روند کاهشی و افزایشی و خنثی بودند، استخراج شدند. روند بارش ها با استفاده از برنامه کامپیوتری Clicom در ۷ گروه طبقه بندی شد. سپس معنی داری این آماره ها در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد آزمون گردید که نتایج حاصله در جداول شماره (۲ و ۳) درج شده است. همان طور که از این جداول بر می آید، در بین ایستگاه ها، بیشترین روند کاهشی معنا دار به ترتیب مربوط به ایستگاه تبریز با مقدار ۳/۱۰- و خوی با ۳/۰۷- است ایستگاه بوشهر با مقدار ۱/۴۷ دارای بیشترین میزان روند افزایشی در کشور است که

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران / ۲۱۳

این میزان پس از سال ۱۹۹۳ به طور ناگهانی به سمت افزایش رفته است. ایستگاه طبس دارای روند یکنواختی بوده است و هیچ تغییر ناگهانی در میزان بارش‌ها صورت نگرفته است. ایستگاه‌های تبریز، خوی، سنندج و گرگان با سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای بیشترین سطح معنی داری است و پس از آن ایستگاه‌های ارومیه، تبریز، زنجان، مراغه، سراب، اردبیل، خرم آباد و کرمانشاه با سطح اطمینان ۹۵ درصد قرار دارند. با توجه به توزیع مکانی، ایستگاه‌های واقع در شمال غرب دارای بیشترین میزان روند کاهشی هستند و ۱۵ ایستگاه که در سطح ایران پراکنده شده اند، دارای روند افزایشی هستند؛ هر چند این روند افزایشی معنی دار نبوده است. پراکنش مکانی روندها برای فهم بهتر در روی شکل شماره (۲ و ۳) نشان داده شده است.

جدول ۲: طبقه بندی روندها با توجه به مقادیر کاهشی و افزایشی آماره من - کندال

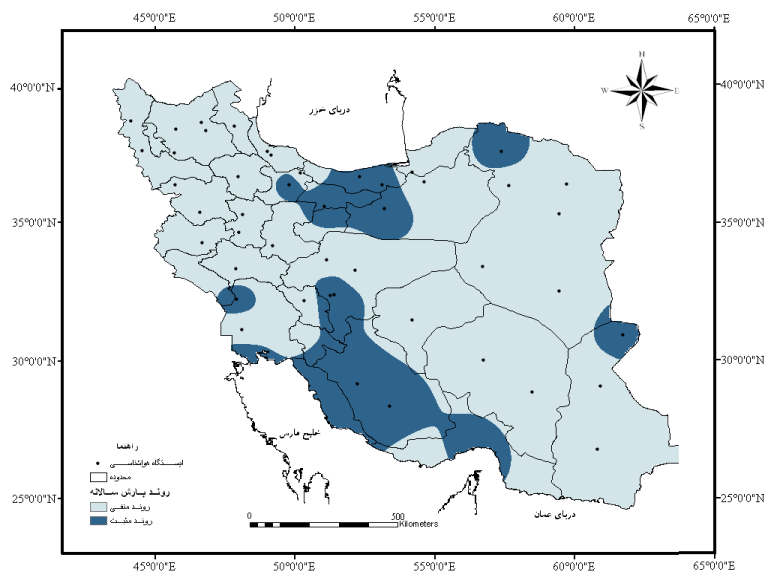
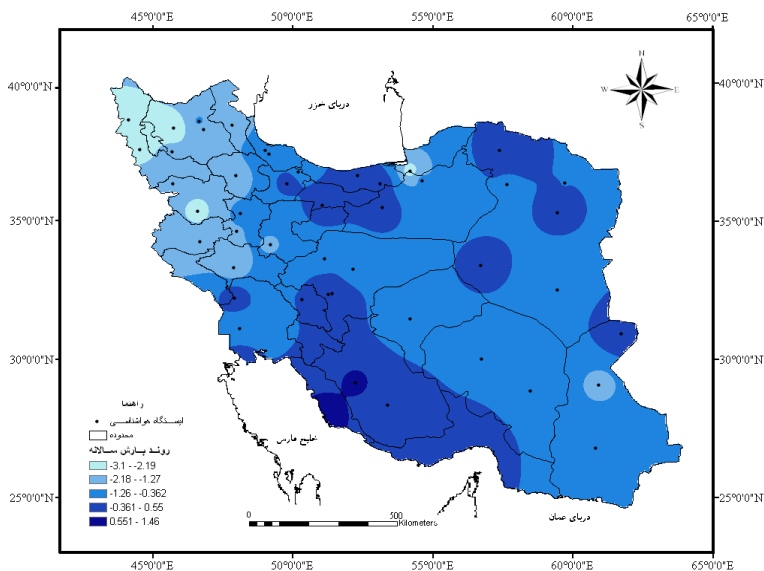
گروه	طبقه بندی روند	مقادیر روند ایستگاه‌ها
۱	روند کاهشی زیاد	$-۳ >$
۲	روند کاهشی متوسط	-۲ تا -۳
۳	روند کاهشی کم	-۱ تا -۲
۴	روند کاهشی خیلی کم	۰ تا -۱
۵	بدون روند	صفر
۶	روند افزایشی خیلی کم	۰ تا $+۱$
۷	روند افزایشی کم	$+۱ >$

جدول ۳: نتایج حاصله از آزمون من - کندال در سطح معنی داری ۹۹ درصد (***) و ۹۵

درصد (*)

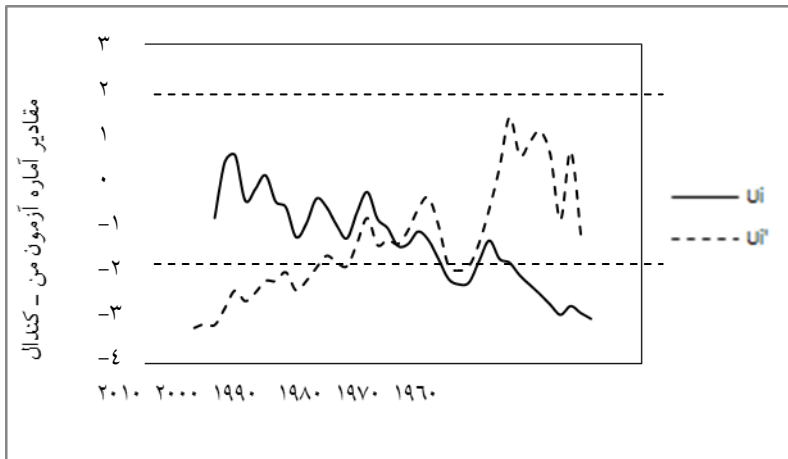
رشد کاهشی	رشد کاهشی	رشد کاهشی کم	رشد کاهشی	بدون	رشد افزایشی	رشد
زیاد	متوسط		خیلی کم	رشد	خیلی کم	افزایشی کم
تبریز**	سنندج**	سراب*	اردستان	طیس	فسا	بوشهر
خوی**	گرگان**	سقز	کاشان		قزوین	
	ارومیه*	زاهدان	ایرانشهر		آبادان	
	اردبیل*	اراک	بیرجند		اصفهان	
	زنجان*	همدان	بم		سمنان	
	مراغه*	یزد	کرمان		افراچال	
	کرمانشاه*	شاهرود	رامسر		بندر عباس	
	خرم آباد*	اهواز	بندر انزلی		بجنورد	
		همدان نوژه	سبزوار		زابل	
		اهر	مشهد		تهران مهرآباد	
			رشت		دزفول	
			شهرکرد		بابلسر	
			ترت حیدریه		شرق اصفهان	
			بندر لنگه		شیراز	

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران / ۲۱۵



شکل ۲ و ۳: نقشه توزیع مکانی روند بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

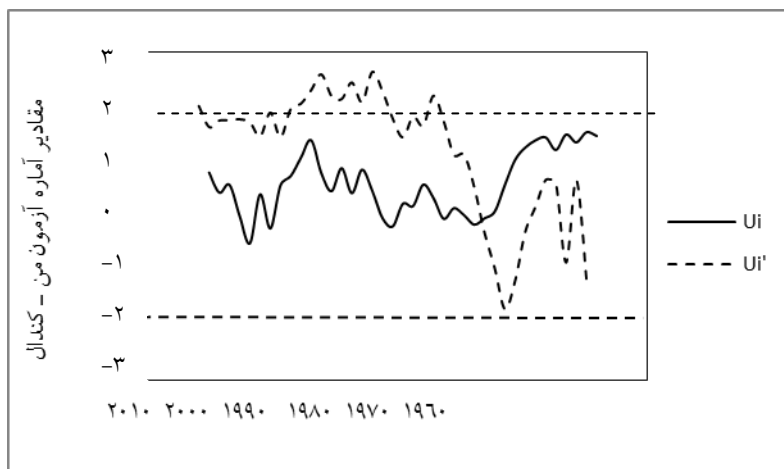
در نمودارهای زیر روند کاهش بارش ایستگاه تبریز و خوی (نمودار شماره ۱) و روند افزایش بارش ایستگاه بوشهر (نمودار شماره ۳) برای نمونه آورده شده است.



نمودار ۱: نمودار گرافیکی آماره من - کندال مربوط به ایستگاه تبریز

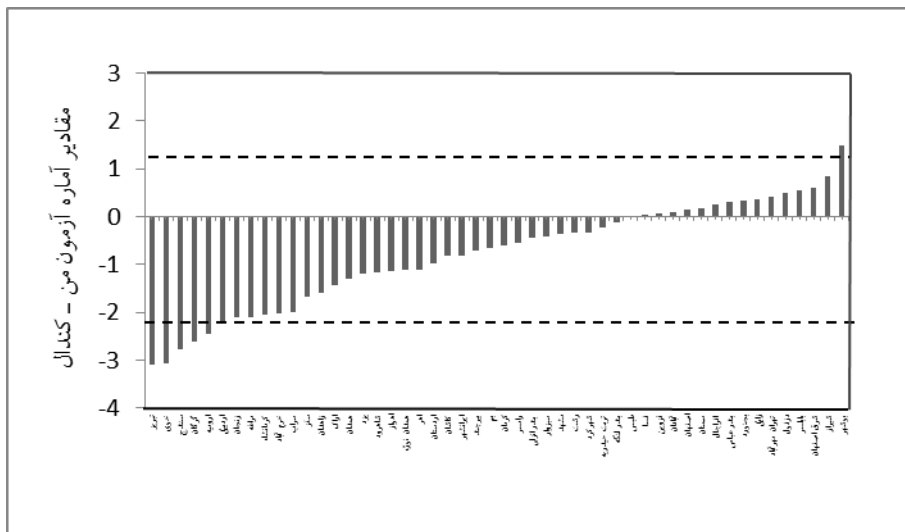


نمودار ۲: نمودار گرافیکی آماره من - کندال مربوط به ایستگاه خوی



نمودار ۳: نمودار گرافیکی آماره من - کندال مربوط به ایستگاه بوشهر

همان طور که این نمودارها نشان می‌دهند، در ایستگاه‌های تبریز و خوی مقدار u_i سیر نزولی داشته است و این نشان می‌دهد که میزان بارش‌ها نسبت به گذشته کاهش یافته است. علاوه بر آن، محل تلاقی خطوط u_i, u_i' چون در داخل محدوده بحرانی قرار گرفته است، تغییر ناگهانی و نقطه شروع تغییرات در میزان بارش‌ها را نشان می‌دهد که از حدود سال ۱۹۸۰ سیر نزولی به خود گرفته است. در ایستگاه بوشهر مقدار u_i سیر صعودی به خود گرفته است و میزان بارش‌ها در بوشهر تا سال ۱۹۹۴ روند یکنواختی داشته، ولی پس از آن روند افزایشی و به صورت ناگهانی بوده است. نمودار شماره (۴) مقادیر من - کندال ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد که با بررسی نمودار می‌توان فهمید که حدود ۳۴ ایستگاه در کشور دارای روند منفی، یک ایستگاه دارای روند خنثی و ۱۵ ایستگاه دارای روند منفی هستند. تعداد ایستگاه‌هایی که دارای روند کاهشی در ایران هستند، زیادترند و همچنین مقدار من - کندال آنها نیز بیشتر از ایستگاه‌های دارای روند مثبت است؛ به طوری که بیشترین میزان در روند کاهشی ۳/۱۰- ولی در روند افزایشی بیشترین میزان ۱/۴۷ است.



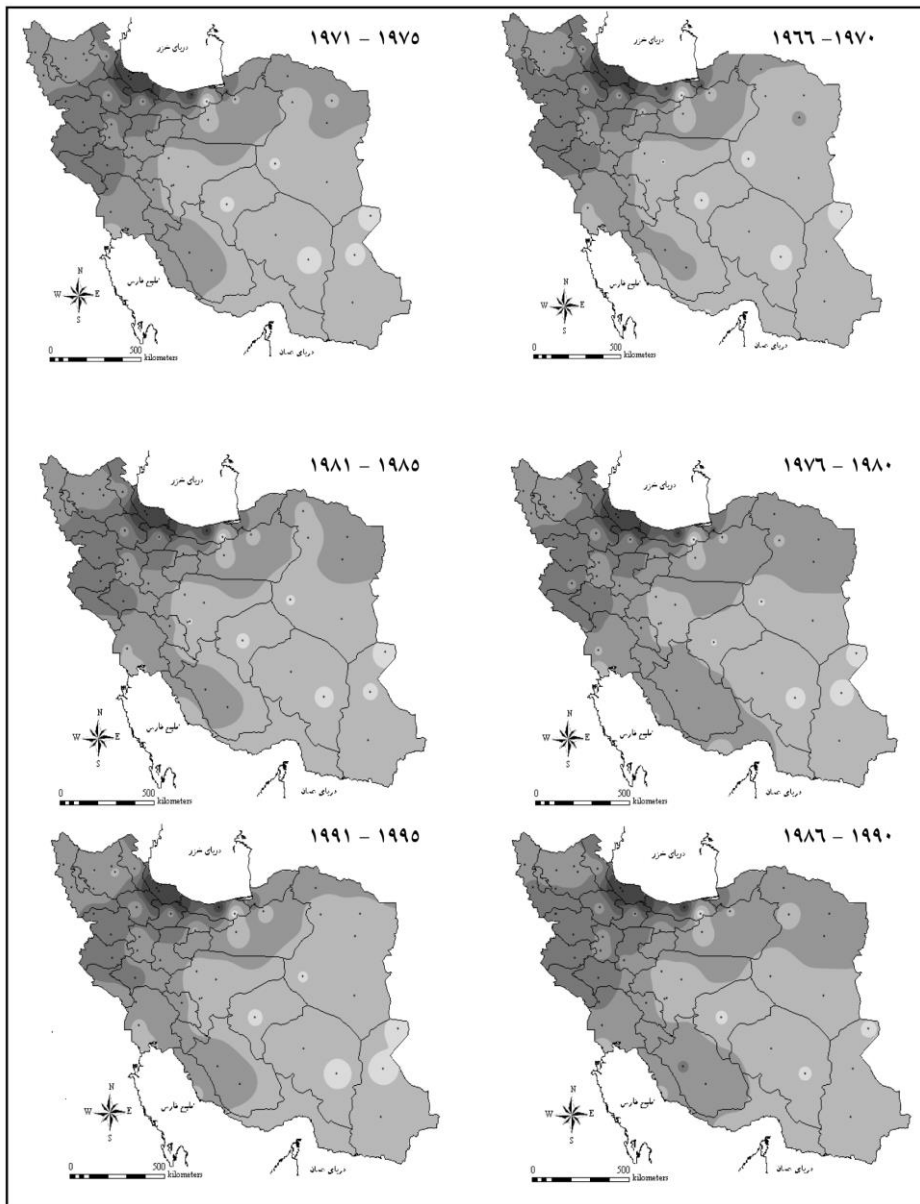
نمودار ۴: مقادیر آماره من - کندال ۵۰ ایستگاه منتخب کشور

در مرحله بعدی مؤلفه میانگین‌های متحرک محاسبه شد که به عنوان میانگین‌های گروهی، اما مکرر از مشاهدات اصلی تلقی می‌گردد. در واقع، با استفاده از روش میانگین متحرک، می‌توان نوسانات کوتاه مدت در سری مشاهدات را تا حدودی خلاصه تر نموده، تغییرات کلی را به صورت گرافیکی نمایش داد (رسولی، ۱۳۸۱: ۱۴). به منظور درک بهتر موضوع، مشاهدات مجموع بارش سالانه ایستگاه‌ها با میانگین متحرک ۵ ساله محاسبه شد. سپس برای هر میانگین متحرک ۵ ساله یک نقشه پهنه بندی بر اساس نواحی رطوبتی ایران، مطابق با کار بابایی فینی و فرج زاده (جدول شماره ۱) ترسیم شد (شکل ۴).

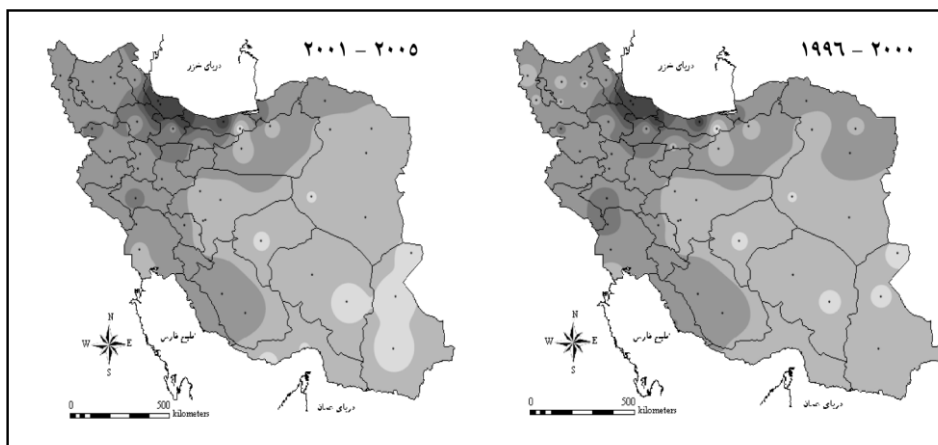
مقایسه بین نقشه‌ها نشان می‌دهد که در میانگین متحرک ۵ ساله اول و ۵ ساله دوم تغییرات چندان محسوسی در نواحی بارشی صورت نگرفته است، جز اینکه به صورت جزئی از وسعت نواحی خشک کاسته شده و وسعت نواحی نیمه خشک افزوده شده است. در میانگین متحرک ۵ ساله سوم به طور محسوسی از وسعت نواحی خشک کاسته و به وسعت نواحی نیمه خشک افزوده است. در میانگین متحرک ۵ ساله چهارم دوباره بر وسعت نواحی خشک افزوده شده و از وسعت نواحی نیمه خشک کاسته شده است. نکته‌ای که در اینجا

قابل ذکر است، این است که در میانگین‌های متحرک ۵ ساله اول، دوم، سوم و چهارم هیچ تغییر قابل توجهی در میزان نواحی مرطوب، نیمه مرطوب و خیلی مرطوب و خیلی خشک صورت نگرفته است و این تغییرات مکانی بارش بیشتر در نواحی خشک و نیمه خشک محسوس است. در میانگین متحرک ۵ ساله پنجم بر وسعت نواحی نیمه خشک افزوده شده است، ولی در ۵ ساله ششم دوباره به صورت ناگهانی از وسعت نواحی خشک و نیمه خشک کاسته شده و بر وسعت نواحی نیمه مرطوب افزوده شده است. در ۵ ساله هفتم و هشتم به طور خیلی محسوس از وسعت نواحی نیمه مرطوب کاسته و بر وسعت نواحی نیمه خشک و خیلی خشک افزوده شده است.

بررسی‌ها حاکی از این است که پس از دهه ۱۹۸۰، همان طور که نمودارها هم نشان می‌دهند، تغییرات بارش‌ها شروع شده و این تغییرات به صورت ناگهانی و محسوس بوده است علاوه بر آن تغییرات مکانی بارش‌ها نیز قابل ملاحظه است؛ به گونه‌ای که نواحی خیلی خشک و مرطوبی را که در ۲۰ سال اول ثابت بودند، جا به جا کرده است و بر وسعت نواحی خیلی خشک و نیمه خشک افزوده و از وسعت نواحی نیمه مرطوب کاسته است.



شکل ۴: توزیع نواحی بارشی ایران بر اساس میانگین متحرک ۵ ساله



(ادامه شکل شماره ۴)

نتیجه گیری:

- در این مطالعه روند تغییرات دراز مدت بارش سالانه کشور ایران در دوره آماری ۱۹۶۶ - ۲۰۰۵ با استفاده از آزمون من - کندال بررسی شد و میانگین متحرک ۵ ساله نواحی بارشی ایران محاسبه و سپس پهنه بندی شد و تغییرات زمانی و مکانی بارش‌ها بر روی نقشه نشان داده شد. مهمترین یافته‌های این مطالعه عبارتند از:
- تعداد ایستگاه‌های با روند بارش منفی و کاهشی بیش از تعداد متناظر با روند مثبت است؛ به طوری که از مجموع ۵۰ ایستگاه مورد بررسی، ۳۴ ایستگاه دارای روند منفی و ۱۵ ایستگاه دارای روند مثبت و ۱ ایستگاه بدون روند است.
- چهار ایستگاه (تبریز، خوی، گرگان، سمنجان) در سطح معنی داری ۹۹ درصد، ۷ ایستگاه (ارومیه، تبریز، زنجان، مراغه، سراب، اردبیل، خرم‌آباد، کرمانشاه) در سطح معنی داری ۹۵ درصد و بقیه ایستگاه‌ها در سطح معنی داری کمتری قرار داشتند. ایستگاه‌های دارای روند معنی دار با سطح اطمینان بالا از نظر توزیع مکانی در شمال غرب کشور قرار گرفته بودند جایی که بیشترین روند کاهشی در آنجا مشاهده شد.

- روندها و میانگین‌های متحرک ۵ ساله نشان دادند که نقطه شروع تغییرات در اکثر ایستگاه‌ها پس از سال ۱۹۸۰ بوده است. این تغییرات به صورت ناهمگون و ناگهانی بوده است.

- توزیع مکانی روندها نشان می‌دهد که ایستگاه‌های دارای روند کاهشی زیاد و معنی دار اکثراً بیشتر در قسمت شمال غرب کشور و در چند ایستگاه در شرق دریای خزر قرار گرفته‌اند و ایستگاه‌های دارای روند افزایشی زیاد در جنوب غرب کشور و در چند ایستگاه جنوب دریای خزر قرار گرفته‌اند.

- توزیع مکانی روندها نشان می‌دهد که اکثر ایستگاه‌های دارای روند افزایشی در کنار سواحل و در فاصله کمتری از آنها قرار دارند.

- نقشه‌ها تغییرات در نواحی بارشی را نشان می‌دهند؛ به گونه‌ای که این تغییرات در ۲۰ سال اول در نواحی خشک و نیمه خشک زیاد بوده است، ولی در ۲۰ سال دوم با شروع تغییرات نوسان‌های بارشی به طور قابل ملاحظه در نواحی نیمه مرطوب و خیلی خشک افزایش یافته است.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که تغییرات بارش در ایران افزایش یافته است و روند کاهشی بارش‌ها در اکثر نواحی ایران باعث شده است که رژیم‌های آب و هوایی و نواحی رطوبتی ایران دستخوش تغییر شوند. این واقعیت موجب شده است که ناهنجاری‌های هیدرولوژیک همچون فراوانی سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها افزایش یابد و تولید محصولات کشاورزی تحت تأثیر کمبود آب ناشی از بارندگی قرار گیرد. تغییرات اقلیم جهانی و به تبع آن اقلیم ایران، به خصوص تغییرات عنصر بارش، اهمیت چنین تحقیقاتی را در برنامه ریزی‌های کلان و ناحیه‌ای در جهت سازگاری و تطابق با آن آشکار می‌کند.

منابع

۱. بابایی فیثی، ام السلمه و منوچهر فرج‌زاده (۱۳۸۲) <<شاخص‌های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران>>، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، صص ۹-۱۶.
۲. حجام، سهراب؛ خوشخو، یونس و رضا شمس‌الدین وندی (۱۳۸۷) <<تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری>>، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۴، صص ۱۵۷-۱۶۸.
۳. رسولی، علی اکبر (۱۳۸۱) <<تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر تبریز>>، مجله نیوار، ش ۶۴ و ۴۷، صص ۷-۲۵.
۴. کاویانی، محمد رضا و حسین عساکره (۱۳۸۲) بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، صص ۹۲-۱۰۰.
۵. عزیزی، قاسم و محمود روشنی (۱۳۸۷) مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من - کندال، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۴، صص ۱۳-۲۸.
۶. عسگری، احمد و فاطمه رحیم‌زاده (۱۳۸۲) برجستگی نوسان بارش در کشور نسبت به روند و جهش آن، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، صص ۷۵-۷۹.
۷. مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۳) <<روند بارش در نیم سده گذشته>>، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۲، صص ۶۳-۷۲.
8. Ezber, Y., Lutfi Sen, O., Kindap, T., Karaca, M. (2007)؛ **Climatic effects of urbanization in Istanbul: a statistical and modeling analysis**. International Journal Of Climatology, 27 : 667-679.
9. Ghahraman, B., and Taghvaeian, S., (2008)؛ **Investigation of annual rainfall trends in Iran**. J. Agric.Sci.Technol. 10, pp. 93-97.
10. Goossens, C., Berger, A. (1986)؛ **Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the last century**. Annales Geophysicae 4: 385-399.
11. Karagiannidis, A., Karacostas, T., Maheras, P., and Makrogiannis, T., (2009)؛ **Trends and seasonality of extreme precipitation characteristics related to mid-latitude cyclones in Europe**. Advances in Geosciences, 20, 39-43.
12. Keily, G., Albertson, J.D., Parlange, M.B., (1998)؛ **Recent trends in durnal variation of precipitation at Valentia on the West coast of Ireland**. Journal of Hydrology. Vol. 207, No. 34: 270-279.
13. Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., and Wallis, J.R., (1994)؛ **Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-1988**. J.Climate, 7 , pp. 586-607.
14. Matyasovszky, I., Bogardi, I., Brdossy, A., Duckstein, L., (1993) ؛ **Estimation of local precipitation statistics reflecting climate change**. Water Resources. 29.
15. Manton, M.J., Dellamartab, P.M., Haylock, M.R., Hennessy, K.J., Nicholls, N., Chambers, L.E., Collins, D.A., Daw, G., Finet, A., Gunawan, D., Inape, K., (2000) ؛ **Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998**. Int. J. Climatol., 21, pp. 269-284.
16. Mourato, S., Moreira, M., Corte-Real, J. (2009)؛ **Interannual variability of precipitation distribution in Southern Portugal**. Royal Meteorological Society.
17. Partal, T., and Kahya, E., (2006)؛ **Trend analysis in Turkish precipitation data**. Hydrol. Process., 20, pp. 2011-2026.
18. Piccarreta, M., Capolongo, D. and Boenzi, F.(2004)؛ **Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within Southern Italy context**. International Journal of Climatology, 24, 907-922.

19. Sen Roy, Sh., C.Balling JR.R. (2004) **Trends in extreme daily precipitation indices in India**. International Journal of Climatology, 24: 457-466.
20. Sueyer, R. (1990) **On the statistical analysis of series of observation**. WMO, no 415: 2-15.
21. Tayan, c. M., Karaca, M., Yenigun, O. (1997) **Annual and seasonal air temperature trends patterns of climate change and urbanization effects in relation with air pollutants in Turke**. Journal of Geophysical Research 102 (D2): 1909-1919.
22. Turkes, M., (1996) **Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey**. International Journal of Climatology, 16: 1057-1076.
23. Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira, H., (2003) **Monotonic trend step changes in precipitation in Japanese precipitation**. Journal of Hydrology. 279: 144-150.
24. Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., Niitsoo, A., (2000) **Temperature and precipitation trends in Canada 20th century**. Atmospheric Ocean 38: 395-429.