دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر فصلنامه ی
علمی فضای جغرافیایی

دوره بیست و پنجم، شماره ۹۱
پاییز ۱۴۰۴، صفحات ۹۴-۷۱

لیلا حق پرست مژدهی[۱]
بهمن رمضانی گورابی*[۲]
آتوسا بیگدلی[۳]
یوسف زین العابدین[۴]

الگوی فضایی تغییر روند شاخص‌های خشکسالی در استان گیلان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۸/۲۵

چکیده

یکی از پیامدهای تغییر دما و بارش، خشکسالی است که تداوم در تکرار آنها با اثرات مخرب زیست محیطی همراه است. در این پژوهش مهم‌ترین پیامد تغییر دما و بارش یعنی خشکسالی مورد بررسی قرار می‌گیرد.ابتدا داده‌های مورد نیاز از مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت جو (ECMWF) با تفکیک مکانی ⟦۰.۲۵⟧^°×⟦۰.۲۵⟧^° بمدت ٤٤ سال (۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳) دریافت گردید. سپس وجود روند در شاخص‌های SPI و RDI با استفاده از آزمون من کندال تعیین و از آماره I موران محلی (ALMI) برای شناسایی نوع الگوی مکانی آنها استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص RDI در ماه‌های مارس، می، ژوئن و اوت دارای روند منفی کاهشی بوده است. علاوه بر وجود روند منفی در میانگین شاخص RDIی ماه‌های مارس، می، ژوئن و اوت، روند منفی در شاخص RDIی تک‌تک یاخته‌های این ماه‌ها تایید گردید. در این راستا، تحلیل فضایی آزمون روند شاخص خشکسالی RDI و SPI نشان داد که الگوی خوشه بالا-بالا (HH) و پایین-پایین (LL) در ماه‌های مارس، می، ژوئن و اوت در بخش‌های مختلف استان اعم از جلگه تا کوهستان و از شرق تا غرب بصورت هسته‌های جدا از هم شکل گرفته است. در نتیجه رفتار غیرتصادفی بر الگوی توزیع مکانی شاخص RDI و SPI حاکم است.

واژگاه کلیدی: روند، I موران محلی، SPI، RDI، استان گیلان

[۱] گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
[۲] گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. (نویسنده مسئول) **Email: Bahman.ramzani@iau.ac.ir**
[۳] گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
[۴] گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

مقدمه

از انقلاب صنعتی، دمای سالانه کره زمین بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. دما بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۱۹۸۰، یعنی از زمانی که داده‌ها اندازه‌گیری شدند هر ۱۰ سال به طور متوسط ۰/۰۷ درجه سانتی‌گراد (۰/۱۳ درجه فارنهایت) افزایش داشته است. با این حال، از سال ۱۹۸۱، میزان افزایش بیش از دو برابر شده است. بعبارتی در ٤٠ سال گذشته، شاهد افزایش سالانه دمای جهانی ۰/۱۸ درجه سانتی‌گراد در هر دهه بوده‌ایم. نتیجه اینکه سیاره هرگز گرمتر از این نبوده است. ۹ سال از ۱۰ سال گرم، بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۰۵ رخ داده است و ۵ سال گرم ثبت شده، همگی از سال ۲۰۱۵ به بعد رخ داده‌اند. اکنون دانشمندان آب‌وهوا به این نتیجه رسیده‌اند که اگر بخواهیم از آینده‌ای که در آن زندگی روزمره در سراسر جهان با بدترین و مخرب‌ترین اثرات تغییر اقلیم مانند خشکسالی‌های شدید، آتش‌سوزی‌های جنگلی، سیل‌ها، طوفان‌های استوایی و سایر بلایای طبیعی روبررو خواهد شد جلوگیری کنیم، باید گرمایش جهانی تا سال ۲۰٤۰ به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد محدود گردد (IPCC,2023; Surampalli et al., 2013؛ Chigwin, 2012).

در بیست‌ویکمین کنفرانس اعضای کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب‌وهوا (UNFCCC) در اواخر سال ۲۰۱۵ تصمیم گرفته شد تا افزایش میانگین دمای سطح جهانی را به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سطوح پیش از صنعتی شدن محدود کنند. با این حال باید گفت که اگر مسیر فعلی انتشار گازهای گلخانه‌ای ادامه یابد، دستیابی به یک هدف دمایی ۲ درجه سانتی‌گراد دشوار خواهد بود، و این نیازمند تغییرات اساسی در تمام حوزه‌های جامعه مدرن است (Schellnhuber et al., 2016 ; Sanford et al., 2014). مطالعات اخیر نشان داده است که دامنه احتمالی افزایش دمای جهانی ۲ تا ٤/۹ درجه سانتی‌گراد خواهد بود و بنابراین، سطوح گرمایش ۱/۵، ۲، ۳ و ٤ درجه سانتی‌گراد نقاط عطف مهمی نه تنها برای کاهش، بلکه برای درک اثرات مورد انتظار تغییر آب‌وهوا هستند (Raftery, 2017).

مطالعات انجام شده حاکی از تغییرات متغیرهای اقلیمی از جمله دما و بارش در گستره ایران و جهان است. اما مهم‌ترین پیامد تغییر دما و بارش، خشکسالی است، بطوریکه تشدید خشکسالی و افزایش تداوم آن باعث صدمات عمیق بر محیط‌زیست جانوری، گیاهی، منابع آب و غیره... می‌شود. بعنوان مثال تغییرات دما و بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر و مقایسه آن با تغییرات در مقیاس جهانی و نیمکره شمالی بیانگر آن است که با کاهش دما، کاهش بارندگی و با افزایش دما، افزایش بارندگی اتفاق می‌افتد (Piernia et al., 2015). ارزیابی نمایه‌های فرین گرم روزهای تابستان، روزهای گرم، شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در ایران رو به افزایش است، در حالیکه روند نمایه فرین سرد از جمله روزهای یخبندان، روزهای یخی شب‌های سرد و روزهای سرد منفی بوده و رو به کاهش است. امواج گرمایی طولانی‌تر و برعکس امواج سرد کوتاه‌تر و در کل بسامد رخداد بارش‌های فرین رو به افزایش است (دارند، ۱۳۹٤). علاوه بر این، مطالعات انجام شده توسط سلیمانی ساردو و مصباح‌زاده، (۱۳۹۹)، زرین و داداشی رودباری (۱٤۰۰)، میرشکاران و همکاران (۱٤۰۰)، زرین و داداشی رودباری (۱٤۰۲)، درخشی و همکاران (۱٤۰۳) و دولابیان و همکاران (۲۰۲۱) وجود تغییرات معنی‌دار در دما و بارش و بی‌نظمی در رخداد مکانی و زمانی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

این دو متغیر را در آینده اقلیمی ایران تایید کردند. علاوه بر این مطالعات انجام شده توسط زاهد و رسول[1] (۲۰۱۰) در پاکستان، آلینا و ایرینا[2] (۲۰۱۳) در جلگه اولتنیا، نیکولسون[3] و همکاران (۲۰۱۸) در قاره آفریقا، گومز[4] و همکاران (۲۰۲۲) در ناحیه مدیترانه و متبوت[5] و همکاران (۲۰۲۳) در سوریه، تغییرات شدید دما و بارش را در آینده این مناطق امری محتمل می‌دانند. با توجه به تاثیرپذیری مستقیم خشکسالی از تغییرات بارش و دما، این پدیده جامعه بشری را در آینده بیشتر تهدید می‌کند.

براساس پیش‌بینی‌های انجام شده منطقه غرب آسیا و ایران تغییرات شگرفی را در برخی از پدیده‌های جوی در سال‌های آینده تجربه خواهند کرد، که این پدیده‌ها به اشکال مختلف در مکان و زمان بروز و ظهور پیدا می‌کنند. براساس گزارش‌های اول تا ششم IPCC (FAS تا AR6) روند افزایش دما در ازای افزایش گازهای گلخانه‌ای کاملا محرز بوده و واکنش مکان‌های مختلف زمین نسبت به افزایش دما و بارش متفاوت خواهد بود (IPCC,2023). از اینرو با ایجاد سناریوهای آینده‌نگری اقلیم سعی در شبیه‌سازی اقلیم آینده کره زمین تا سال ۲۱۰۰ کرده‌اند. تصویرسازهای آینده نشان می‌دهد که پدیده‌های جوی همچون خشکسالی‌ها در ازای افزایش ۱/۵ درجه‌ای دمای کره زمین، شدیدتر و فراوان‌تر خواهند شد. در نتیجه آسیب‌پذیری جوامع طبیعی و انسانی در اثر تغییرپذیری اقلیم در آینده بیشتر می‌شود. با توجه به اکوسیستم حساس منطقه جنوبی دریای خزر و حساسیت آن به تغییرات شدید اقلیمی در آینده، اهمیت و ضرورت بررسی شرایط خشکسالی را در استان گیلان دو چندان می‌کند. از اینرو در این پژوهش سعی شده است با بررسی وضعیت موجود، پدیده خشکسالی در این ناحیه در طی زمان بررسی شود. علاوه بر این، تحلیل فضایی خشکسالی می‌تواند به مدیران و سیاستگذاران بخش مختلف اجرایی در راستای پیش آگاهی از وضعیت آینده اقلیمی استان گیلان کمک کند.

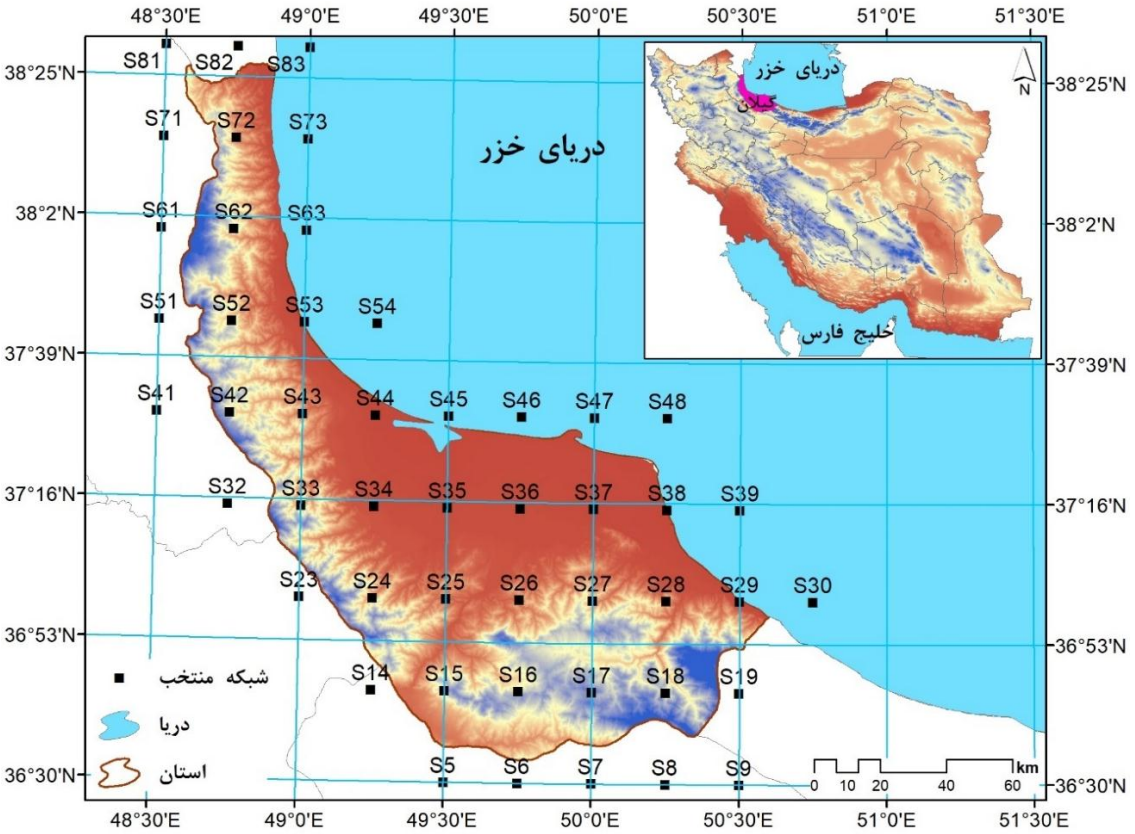
مواد و روش‌ها

به منظور تحلیل فضایی روند تغییرات دو شاخص SPI و RDI در استان گیلان، از دما، بارش و تبخیر و تعرق ماهانه بمدت ٤٤ سال (۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳) استفاده شده است. تبخیر و تعرق براساس روش تورنث وایت محاسبه شده است. برای دریافت داده‌های مورد نیاز، از سایت مرکز اروپایی میان‌مدت جو[6] (ECMWF) استفاده شد. آخرین مجموعه از داده‌های بازتحلیل سایت ECMWF نیز تحت عنوان ERA5 است که مجموعه داده‌های جوی را از سال ۱۹۷۹ تاکنون با دقت بالا تولید کرده است. داده‌های این سایت از نوع یاخته‌ای بوده و در این پژوهش محدوده جغرافیایی استان گیلان بین 36° و $33'$ تا 38° و $27'$ عرض شمالی و 48° و $32'$ تا 50° و $36'$ طول شرقی برای دانلود داده‌ها انتخاب گردید. اندازه هر یاخته نیز $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ درجه قوسی بوده و ماتریسی به ابعاد 10×9 سطر و ستون تشکیل شد که ۹۰ یاخته را در هر بار اندازه‌گیری پوشش می‌دهد. در شکل (۱) یاخته‌ها در انطباق با محدوده استان گیلان نشان داده شده است. بعبارت دیگر، از ۹۰ یاخته فقط ٤٨ یاخته برای بررسی انتخاب گردید.

1. Zahid & Rasul
2. Alina & Irina
3. Nicholson
4. Gomez
5. Mathbout
6. European Center for Medium-Range Weather

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]



شکل ۱: شبکه‌بندی منطبق بر محدوده استان گیلان ($0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$)

Figure 1: Grid overlay corresponding to the boundaries of Gilan Province (0.25° × 0.25°)

آزمون روند من کندال

آزمون من کندال یک آزمون ناپارامتریک برای شناسایی روندها در سری زمانی داده‌ها است. در این روش مقادیر داده‌ها به صورت یک سری زمانی مرتب شده ارزیابی می‌شوند. هر مقدار داده با تمام مقادیر داده‌های بعدی مقایسه می‌گردد. مقدار اولیه آمار من-کندال (S) صفر در نظر گرفته شده است. اگر مقدار داده مربوط به دوره زمانی بعدی بالاتر از مقدار داده مربوط به دوره زمانی قبلی باشد، S به میزان ۱ افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، اگر مقدار داده مربوط به دوره زمانی بعدی کمتر از مقدار داده قبلی باشد، S به میزان ۱ کاهش می‌یابد. نتیجه تمام افزایش‌ها و کاهش‌ها، مقدار نهایی S را به دست می‌دهد. فرض کنید $x_1, x_2, \ldots . x_n$ مجموعه‌ای از nنقطه داده است که در آن x_j بیانگر نقطه داده در زمان j است. آنگاه آماره من کندال بصورت زیر بیان می‌شود:

رابطه ۱)
$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sign(x_j - x_k)$$

در اینجا

رابطه ۲)
$$sign(x_j - x_k) = 1 \quad if \quad x_j - x_k > 0$$
$$= 0 \quad if \quad x_j - x_k = 0$$
$$= -1 \quad if \quad x_j - x_k < 0$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

مقدار مثبت بسیار بالای S نشان‌دهنده روند افزایشی و مقدار منفی بسیار پایین نشان‌دهنده روند کاهشی است. با این حال، محاسبه احتمال مرتبط با S و حجم نمونه n ضروری است تا از نظر آماری معنی‌داری روند محاسبه شود. کندال (۱۹۷۵) یک آزمون تقریب نرمال را توصیف می‌کند که برای مجموعه داده‌هایی با بیش از ۱۰ مقدار قابل استفاده است، مشروط بر اینکه مقادیر تکراری زیادی در مجموعه داده وجود نداشته باشد. در این روش مقدار S براساس توضیحات قبلی محاسبه می‌شود. واریانس S از طریق رابطه ۳ بدست می‌آید.

$$VAR(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{g}(t_g-1)(2t_p-5)\right]$$ رابطه۳)

که در آن n تعداد نقاط داده، g تعداد گروه‌های تکراری است، و tp تعداد نقاط داده در گروه pام است. در توالی ۲، ۳، ۳، ۳، $n=6$، $g=2$، $t_1=2$ و $t_2=3$ برای مقدار تکراری ۳ است. آماره آزمون نرمال شده Z بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \frac{S-1}{[VAR(S)]^{1/2}} \quad if \quad S>0$$
$$Z = 0 \quad if \quad S=0$$ رابطه٤)
$$Z = \frac{S+1}{[VAR(S)]^{1/2}} \quad if \quad S<0$$

همچنین احتمال مربوط به آماره آزمون نرمال شده باید محاسبه گردد. تابع تراکم احتمال برای توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار ۱ از طریق معادله ۵ قابل محاسبه است.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{z^2}{2}}$$ رابطه۵)

در اینجا سطح احتمال معنی‌داری ۹۵ درصد است. اگر Z منفی باشد و احتمال محاسبه شده بزرگتر از سطح معنی‌داری باشد، روند کاهشی است. اگر Z مثبت باشد و احتمال محاسبه شده بزرگتر از سطح معنی‌داری باشد، روند افزایشی خواهد بود. اگر احتمال محاسبه شده کمتر از سطح معنی‌داری باشد، روندی در سری داده‌ها وجود ندارد (Gilbert, 1987).

آماره I موران محلی

برای تحلیل خوشه و ناخوشه، مقدار شاخص I موران محلی، نمره Z و $P\ value$ که بیانگر معنی‌داری شاخص است، محاسبه می‌شود. این آماره براساس رابطه ٦ محاسبه می‌شود.

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2}\sum_{j=1,j\neq 1}^{n} w_{ij}\ w_{ij}(x_i-\bar{x})$$ رابطه٦)

در این رابطه، x_i ویژگی سلول i و $\bar{x}$ میانگین ویژگی مربوطه و w_{ij} وزن فضایی بین سلول i و j می‌باشد. مقدار S_i^2 از رابطه ۷ بدست می‌آید.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1,j\neq 1}^{n} w_{ij}}{n-1} - \bar{x}^2$$ رابطه۷)

در این رابطه n برابر با تعداد کل عوارض است. در این آماره امتیاز استاندارد Z محاسبه شده و در یک سطح اطمینان مورد آزمون قرار می‌گیرد. امتیاز استاندارد ZI_i به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$ZI_i = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}}$$ رابطه۸)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

در این رابطه امید ریاضی $E[I_i]$ برابر با

رابطه۹)
$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1,j\neq 1}^{n} w_{ij}}{n-1}$$

و واریانس $V[I_i]$ برابر با

رابطه۱۰)
$$V[I_i] = E[I^2] - E[I_i]^2$$

در این تحلیل اگر مقدار I_i مثبت و معنی‌دار باشد بیانگر این است که سلول‌های موجود توسط سلول‌های مشابه خود محاصره شده‌اند. مقادیر مثبت I_i نشان‌دهنده این است که سلول مورد نظر با مقادیر مشخص توسط سلول‌هایی با مقادیر مشابه احاطه شده است (بالا–بالا یا پایین–پایین)، به اینگونه سلول‌ها خوشه گفته می‌شود. از طرف دیگر مقادیر منفی و معنی‌دار I_i بیانگر آن است که سلول مورد نظر توسط سلول‌هایی که از لحاظ ارزشی اصلا مشابهتی با یکدیگر ندارند احاطه شده است (بالا–پایین یا پایین–بالا)، که به اینگونه سلول‌ها، ناخوشه گفته می‌شود و وجود چنین سلول‌هایی حاکی از همبستگی فضایی منفی است (روشنی و همکاران، ۱۴۰۰).

شاخص خشکسالی RDI

جهت تعیین خشکسالی با استفاده از RDI می‌بایست از آمار ماهانه و یا مجموع سالانه بارش و تبخیروتعرق پتانسیل استفاده نمود. در ابتدا با فرمول ۱۱ برای هر سال (i) از دوره آماری مورد مطالعه، مقداری با عنوان a_0 محاسبه می‌شود:

رابطه۱۱)
$$a_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} ET_{ij}}$$

در این فرمول P بارندگی و ET تبخیروتعرق پتانسیل در jامین ماه سال i هستند. مقدار i از ۱ تا N (تعداد سال‌های آمار موجود) متغیر است. چنانچه بارندگی و تبخیروتعرق بصورت سالانه محاسبه شوند نیازی به جمع کردن مقادیر ماهانه در این فرمول نخواهد بود. در مرحله بعد از طریق رابطه ۱۲ شاخصی تعیین می‌گردد که به عنوان شاخص RDI نرمال یا RDI(n) شناخته می‌شود (Tsakiris and Vangelis, 2004).

رابطه۱۲)
$$RDI_n^{(i)} = \frac{a_0^{(i)}}{\bar{a}_0} - 1$$

در این رابطه $\bar{a}_0$ میانگین حسابی اعداد a_0 هر سال می‌باشد. همچنین شاخص استاندارد شده RDI یا (RDIs) نیز بدین گونه محاسبه می‌گردد که ابتدا از مقادیر a_0 لگاریتم گرفته، سپس انحراف معیار استاندارد و میانگین آنها محاسبه می‌گردد.

رابطه۱۳)
$$y_i = \ln a_0^{(i)}$$

انحراف معیار استاندارد و میانگین این اعداد را به ترتیب با $\bar{y}_k$ و $\hat{\sigma}_{yk}$ نشان می‌دهیم. در نهایت شاخص استاندارد شده RDI از رابطه ۱۴ محاسبه می‌گردد.

رابطه۱۴)
$$RDI_s^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\bar{\sigma}_{yk}}$$

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

برای محاسبه شاخص SPI و تبدیل مقادیر بارش، ابتدا میانگین محاسبه می‌گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

رابطه ۱۵)
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{N}$$

سپس قابلیت تفسیر نمره استاندارد (Z) با میانگین صفر و انحراف معیار یک ممکن می‌گردد.

رابطه ۱٦)
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}}{N}}$$

و چولگی از فرمول زیر قابل محاسبه است:

رابطه ۱۷)
$$SK = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{x_i - \bar{x}}{S}\right]^2$$

در مرحله بعد داده‌های بارش به لوگ نرمال (Ln) تغییر یافته و میانگین این مقادیر محاسبه می‌گردد. مقادیر تغییر کرده از طریق ثابت U، شکل و مقیاس بررسی می‌شود:

رابطه ۱۸)
$$\bar{x}_{Ln} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Lnx_i}{N}$$

رابطه ۱۹)
$$U = Ln(x_i) - \bar{x}_{Ln}$$

رابطه ۲۰)
$$\beta = \frac{1}{4U}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{4U}{3}}\right]$$

و

رابطه ۲۱)
$$\alpha = \frac{\bar{x}}{\beta}$$

در همین راستا از تابع گاما که خلاصه شده توزیع نمایی است جهت تفسیر مقادیر شکل و مقیاس استفاده می‌شود.

رابطه ۲۲)
$$G(x) = \frac{1}{\alpha^{\beta}\Gamma\beta}\int_{0}^{x} x^{\beta-1}e^{-\frac{x}{\alpha}}\,dx$$

در این فرمول $\alpha, \beta > 0$ و $x > 0$ و $\Gamma(\beta)$ تابع گاما می باشد. تابع گاما بصورت

رابطه ۲۳)
$$\Gamma(\beta) = \int_{0}^{\infty} e^{-x}x^{\beta-1}dx$$

تعریف شده و میانگین و واریانس بترتیب با استفاده از فرمول $\mu = \alpha\beta$ و $\delta^2 = \alpha^2\beta$ محاسبه می‌گردد (Marques desa, 2003). تابع دو پارامتری گاما برای مقادیر صفر تعریف نشده است، بنابراین احتمال تجمعی آن:

رابطه ۲٤)
$$\mathrm{F(x)} = \mathrm{q} + (1 - \mathrm{q})\ \mathrm{Gx}$$

که در اینجا $G(x)$ تابع توزیع برآورد شده بدون توجه به مقادیر تهی است و q نیز نسبت صفر در سری‌های تجمعی بارش می‌باشد. SPI یک نمره Z است و انحراف وقوع از میانگین را نشان می‌دهد که به واحد انحراف معیار بیان می‌شود. برای محاسبه شاخص استاندارد شده بارش در ارتباط با برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی، ابتدا بارندگی مشخص شده، سپس مقادیر α وβ با استفاده از فرمول‌های بالا محاسبه می‌گردد. در نهایت با جابجایی احتمال توزیع تجمعی گاما به توزیع نرمال مقادیر SPI بدست می‌آید. ساده‌ترین روش برای محاسبه مقادیر SPIاستفاده از تقریب آبراموتیزو–استوگان است که بصورت زیر انجام می‌گیرد. برای $0 < H(x) \leq 0.5$ مقدار t برابر با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

رابطه۲۵)
$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(H(x))^2}\right]}$$

و برای $0.5 < H(x) \leq 1$ برابر با

رابطه ۲۶)
$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(1-H(x))^2}\right]}$$

خواهد بود. در نهایت مقادیر جابه‌جا شده گاما با استفاده از فرمول‌های زیر بر طبق مقادیر جابه‌جا شده برای بار دوم جابه‌جا می‌گردد. در این حالت اگر $0 < H(x) \leq 0.5$ باشد مقدار SPI از فرمول ۲۷ قابل محاسبه است.

رابطه ۲۷)
$$SPI = -\left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right]$$

و برای $0.5 < H(x) \leq 1$ از فرمول ۲۸ استفاده می شود.

رابطه ۲۸)
$$SPI = +\left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right]$$

مقادیر ثابت در روابط ۲۷ و ۲۸ که در فرمول SPI قرار می‌گیرد برابر با

$c_0 = 2.515517$ $c_1 = 0.802853$ $c_2 = 0.010328$
$d_1 = 1.432788$ $d_2 = 0.189269$ $d_3 = 0.00130$

می‌باشد. بنابراین شاخص استاندارد شده بارش از جابجایی t با فرمول‌های مختلف بر طبق بزرگی مقادیر جابه‌جا شده گاما حاصل می‌شود. اعداد بدست آمده جهت تعیین خشکسالی‌های ۳، ٦، ۱۲، ۱۸، ۲٤ و ٤۸ ماهه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Roshani et al., 2012).

یافته‌ها

در جداول (۱و۲) نتایج آزمون روند من کندال میانگین RDI و SPI ناحیه مورد مطالعه آورده شده است. در این آزمون با مقایسه آلفای محاسبه شده در سطح اطمینان ۹۵٪ با مقدار آلفای برابر با ۰/۰۵ کاملا مشخص است که مقدار آلفای محاسبه شده ماه‌های می، ژوئن و اوت برای هر دو شاخص کمتر از $\alpha = 0.05$ است. علاوه بر این مقدار آلفای شاخص RDI در ماه مارس کمتر از $\alpha = 0.05$ بوده و بیانگر آن است که در ماه‌های مورد نظر، روند منفی معنی‌دار در مقدار شاخص RDI و SPI وجود دارد و در بقیه ماه‌ها روند بی‌معنی است.

جدول ۱- نتایج آزمون روند من کندال میانگین RDI و SPI استان گیلان در شش ماه اول سال

Table 1- Results of the Mann-Kendall trend test for the average RDI and SPI in Gilan Province during the first six months of the year

آزمون روند من کندال	ژانویه		فوریه		مارس		آوریل		می		ژوئن	
	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI
آماره تاو کندال	-۰/۱۷۵	-۰/۰۱۱	-۰/۱۱٦	۰/۰۱۱	-۰/۲٤٥	۰/۰۹۹	۰/۰٤٤	۰/۰۳۲	-۰/۲۱٤	-۰/۲۱٤	-۰/۲۳۳	-۰/۲۰۹
S	-۱٦٦	-۱۰	-۱۱۰	۱۰	-۲۳۲	۹٤	٤۲	۳۰	-۲۰۲	-۲۰۲	-۲۲۰	-۱۹۸
Var (S)	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵	۹۷۷۵
p-value (دو طرفه)	۰/۰۹۵	۰/۹۲۷	۰/۲۷	۰/۹۲۷	۰/۰۱۹	۰/۳٤۷	۰/٦۷۸	۰/۷٦۹	۰/۰٤۲	۰/۰٤۲	۰/۰۲۷	۰/۰٤٦
مقدار آلفا	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

جدول ۲- نتایج آزمون روند من کندال میانگین RDI و SPI استان گیلان در شش ماه دوم سال

Table 2- Results of the Mann-Kendall trend test for the average RDI and SPI in Gilan Province during the second six months of the year

آزمون روند من کندال	ژوئیه		اوت		سپتامبر		اکتبر		نوامبر		دسامبر	
	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI	RDI	SPI
آماره تاو کندال	۰/۱۱	۰/۱۳۳	−۰/۲۶	−۰/۲٤۹	۰/۰۰٤	۰/۰۵۹	−۰/۱۰۸	−۰/۰۳	۰/۱۱۲	۰/۰۹۹	−۰/۰۸۹	−۰/۰۰٤
S	۱۰٤	۱۲٦	−۲٤٦	−۲۳٦	٤	٥٦	−۱۰۲	−۲۸	۱۰٦	۹٤	−۸٤	−٤
Var (S)	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥	۹۷۷٥
p-value (دو طرفه)	۰/۲۹۸	۰/۲۰٦	**۰/۰۱۳**	**۰/۰۱۷**	۰/۹۷٦	۰/٥۷۸	۰/۳۰۷	۰/۷۸٥	۰/۲۸۸	۰/۳٤۷	۰/٤۰۱	۰/۹۷٦
مقدار آلفا	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥

در جدول (۳) نتایج آزمون روند من کندال مقادیر RDIی ماهانه ٤۸ یاخته مورد بررسی در گستره استان گیلان آورده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود از ٤۸ یاخته مورد آزمون در ماه ژانویه، ۱۱ یاخته S14 تا S15، S25 تا S28، S34 و S35، S43 و S82 دارای روند منفی معنی‌دار بوده و در سایر یاخته‌ها رفتار تصادفی برقرار است. بعبارت دیگر، شاخص RDI در قسمت اعظم پهنه استان روند مشخصی را نشان نمی‌دهد. در ماه فوریه نیز ۸ یاخته S5، S15 و S16، S24 تا S26 و S71 و S72 از روند منفی برخوردار بوده و نشان می‌دهد که بر شدت خشکسالی یاخته‌های فوق در طی دوره مورد مطالعه افزوده شده است. سایر یاخته‌ها در ماه فوریه روند معنی‌داری را نشان نداده و وجود روند در آنها رد می‌گردد. در ماه مارس اکثر یاخته‌ها روند منفی معنی‌دار را نشان می‌دهند زیرا مقدار آلفای محاسبه شده در این یاخته‌ها کوچکتر از $\alpha = 0.05$ است. در مجموع از ٤۸ یاخته مورد بررسی، ۳۰ یاخته دارای روند منفی معنی‌دار و ۱۸ یاخته دیگر بدون روند بوده و رفتار تصادفی دارند. در این ماه علاوه بر افزایش شدت شاخص RDI در طی دوره مورد مطالعه، بر وسعت آن در گستره استان گیلان افزوده شده است.

خشکسالی به روش شاخص RDI در ماه آوریل بیانگر عدم وجود روند معنی‌دار در تمامی یاخته‌ها است و رفتار تصادفی شاخص RDI بر کل مساحت استان تسلط دارد. شاخص RDIی ماه می نشان می‌دهد که روند منفی فقط در یاخته‌های S8، S18، S29 و S30، S38 و S39 و S45 و S46 وجود داشته و بقیه یاخته‌ها که قسمت اعظم استان را در بر می‌گیرند بدون روند بوده و رفتار تصادفی دارند. در ماه ژوئن بیشتر یاخته‌ها دارای روند منفی معنی‌دار هستند. بعبارت دیگر از ٤۸ یاخته مورد بررسی، ۲۷ یاخته دارای روند و ۲۱ یاخته باقیمانده بدون روند بودند. از این رو در ماه ژوئن بر وسعت محدوده خشکسالی و شدت آن نسبت به ماه‌های قبل افزوده شده و به دلیل انطباق خشکسالی این ماه با زمان نیاز آبی بالای برخی از محصولات زراعی مهم این ناحیه (برنج، گندم و ...)، شرایط برای کشاورزان سخت‌تر خواهد شد. در ماه ژوئیه شاخص RDI در تمامی یاخته‌ها به غیر از دو یاخته S19 و S39، دارای رفتار تصادفی و بدون روند است. البته باید گفت روند در دو یاخته S19 و S39 از نوع مثبت بوده و بیانگر آن است که از شدت خشکسالی در طی دوره کاسته شده و بر شدت ترسالی افزوده شده است. رفتار تصادفی ٤٦ یاخته در این ماه نشان‌دهنده آن است که شاخص RDI در طی دوره روند خاصی نداشته و مثبت بودن آماره من کندال نیز حکایت از کاهش شدت خشکسالی و افزایش شدت ترسالی در طول دوره دارد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

جدول ۳- نتایج آزمون روند من کندال RDI یاخته‌ها در استان گیلان

Table 3- Results of the Mann-Kendall trend test for RDI cells in Gilan Province

یاخته	ژانویه		فوریه		مارس		آوریل		می		ژوئن		ژوئیه		اوت		سپتامبر		اکتبر		نوامبر		دسامبر	
	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv
S5	-۰/۲۰۷	۰/۰۷۷	-۰/۲۴۴	۰/۰۲۹	-۰/۲۷۸	۰/۰۰۸	-۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۰۸۵	۰/۴۲۴	-۰/۲۰۹	۰/۰۴۶	-۰/۰۶۳	۰/۵۵۱	-۰/۳۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۰۴۴	۰/۶۷۸	۰/۰۹۹	۰/۳۴۷	-۰/۱۶۳	۰/۱۳۷
S6	-۰/۱۲	۰/۳۲۷	-۰/۱۱۳	۰/۳۳۱	-۰/۳	۰/۰۰۴	-۰/۰۴۲	۰/۶۹۳	-۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۲۲۶	۰/۰۳۱	-۰/۱۲۹	۰/۲۲۱	-۰/۲۸۵	۰/۰۰۷	۰/۰۴۲	۰/۶۹۳	-۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	۰/۱۰۶	۰/۳۱۷	-۰/۲۱۶	۰/۰۵۵
S7	-۰/۰۰۶	۰/۹۸۱	-۰/۰۲۲	۰/۸۵۷	-۰/۳۳۶	۰/۰۰۱	-۰/۰۵۳	۰/۶۲	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۸	-۰/۱۵۶	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	-۰/۰۶۸	۰/۵۲۴	۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	-۰/۰۵۱	۰/۶۳۵	۰/۰۱۹	۰/۸۶۲	-۰/۱۴	۰/۲۱۷
S8	۰/۰۳۲	۰/۸۲۲	-۰/۰۷۹	۰/۵۱۳	-۰/۲۶۷	۰/۰۱۲	-۰/۰۴۲	۰/۶۹۳	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۷	-۰/۱۷۵	۰/۰۹۵	-۰/۰۶۶	۰/۵۳۷	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۷۸۵	-۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	۰/۰۶۱	۰/۵۶۴	-۰/۱۸۸	۰/۰۹۹
S9	۰/۰۸۴	۰/۵۲۹	-۰/۲۰۹	۰/۰۷۸	-۰/۲۶۳	۰/۰۱۴	۰/۰۳۲	۰/۷۶۹	-۰/۱۵۴	۰/۱۴۲	-۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	-۰/۲۲۲	۰/۰۳۵	۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	-۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	۰/۱۳۳	۰/۲۰۶	-۰/۱۷۴	۰/۱۲۵
S14	-۰/۳۸۵	۰/۰۰۰	-۰/۱۲۴	۰/۲۶۶	-۰/۳۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۱۴۶	۰/۱۶۶	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	۰/۰۳۲	۰/۷۶۹	-۰/۲۹	۰/۰۰۶	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	-۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	۰/۱۱۲	۰/۲۸۸	-۰/۱۸۲	۰/۰۸۴
S15	-۰/۲۵	۰/۰۲۱	-۰/۳۱۹	۰/۰۰۳	-۰/۲۹۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۱۴۶	۰/۱۶۶	-۰/۲۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	-۰/۲۷۹	۰/۰۰۸	۰/۰۲۷	۰/۸	-۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	۰/۱۵	۰/۱۵۴	-۰/۱۰۸	۰/۳۰۷
S16	-۰/۲۴۴	۰/۰۲۸	-۰/۲۶۳	۰/۰۱۸	-۰/۳۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	۰/۰۸۵	۰/۴۲۴	-۰/۲۸۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳۲	۰/۷۶۹	-۰/۰۷۴	۰/۴۸۵	۰/۱۴	۰/۱۸۵	-۰/۱۲۵	۰/۰۲۴
S17	-۰/۰۱	۰/۹۵۱	-۰/۰۸۵	۰/۴۷۶	-۰/۳۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۱۹	۰/۰۷	-۰/۲۰۱	۰/۰۵۶	-۰/۱۸۲	۰/۲۶۲	-۰/۲۹	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۰۴	۰/۷۰۸	۰/۱۵۸	۰/۱۳۴	-۰/۲۶۱	۰/۰۲۱
S18	۰/۰۸۴	۰/۵۲۹	-۰/۱۰۷	۰/۳۷۲	-۰/۲۸۹	۰/۰۰۷	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	-۰/۱۸۲	۰/۰۸۴	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۲۰۹	۰/۰۴۶	-۰/۰۷۲	۰/۷۹۸	-۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	۰/۰۷۸۶	۰/۴۱۸	-۰/۲۲۳	۰/۰۰۵۵
S19	۰/۰۲۳	۰/۸۶۵	-۰/۰۸۷	۰/۴۵۹	-۰/۲۶۱	۰/۰۱۳	۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	-۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	۰/۲۰۷	۰/۰۴۹	-۰/۲۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۰۶	۰/۹۶	-۰/۰۳۶	۰/۷۳۹	۰/۱۲۹	۰/۲۲۱	-۰/۱۳۲	۰/۲۳۷
S23	-۰/۰۵۲	۰/۶۶۳	-۰/۱۹۹	۰/۰۸	-۰/۲۸۳	۰/۰۰۷	۰/۰۷۸	۰/۴۶	-۰/۱۵۲	۰/۱۴۸	-۰/۱۹۵	۰/۰۶۴	۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۲۷۹	۰/۰۰۸	۰/۰۴۲	۰/۶۹۳	-۰/۰۴۲	۰/۶۹۳	۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	-۰/۱۷۳	۰/۱۰۸
S24	-۰/۰۷۹	۰/۴۷۱	-۰/۲۲۱	۰/۰۴۲	-۰/۳۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	-۰/۱۹	۰/۰۷	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	۰/۰۸۲	۰/۴۳۶	-۰/۲۴۹	۰/۰۱۷	۰/۰۳	۰/۷۸۵	-۰/۰۳۲	۰/۷۶۹	۰/۱۵۶	۰/۱۳۷	-۰/۱۵۵	۰/۱۴۲
S25	-۰/۳۱۳	۰/۰۰۴	-۰/۲۹	۰/۰۰۶	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۷	۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۱۴	۰/۱۸۵	-۰/۱۸۴	۰/۰۸	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	-۰/۲۶۲	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۲۰	۰/۹۱۱	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	۰/۱۶۵	۰/۱۱۷	-۰/۱۱۵	۰/۲۷۹
S26	-۰/۲۹۵	۰/۰۰۶	-۰/۲۶۴	۰/۰۱۲	-۰/۲۲۴	۰/۰۳۳	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	۰/۰۶۱	۰/۵۶۴	-۰/۲۶۴	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	۰/۱۴	۰/۱۸۵	-۰/۰۹۱	۰/۳۹
S27	-۰/۲۵۸	۰/۰۱۷	-۰/۱۶۷	۰/۱۳	-۰/۲۱	۰/۰۴۵	۰/۰۸۵	۰/۴۲۴	-۰/۱۴۲	۰/۱۷۹	-۰/۱۹۷	۰/۰۶۱	۰/۱۲۳	۰/۲۴۵	-۰/۲۴۳	۰/۰۲۱	-۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۰۶۸	۰/۵۲۴	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۱۵۳	۰/۱۴۸
S28	-۰/۲۱۵	۰/۰۴۱	-۰/۱۳	۰/۲۱۷	-۰/۱۸۶	۰/۰۷۷	۰/۰۳۶	۰/۷۳۹	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۸	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	۰/۱۲۷	۰/۲۲۹	-۰/۲۳۷	۰/۰۲۴	-۰/۱۲۳	۰/۲۴۵	-۰/۰۲۷	۰/۸	۰/۱۱۶	۰/۲۷	-۰/۱۳۳	۰/۲۰۶
S29	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۱۳۳	۰/۲۰۶	-۰/۱۱۶	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۷۰۸	-۰/۲۷۳	۰/۰۰۹	-۰/۲۲۲	۰/۰۳۵	۰/۱۴۶	۰/۱۶۶	-۰/۲۴۷	۰/۰۱۸	-۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	-۰/۰۳۰	۰/۷۸۵	۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۰۶۸	۰/۵۲۴
S30	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۰۷۲	۰/۴۹۸	۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	-۰/۲۹۶	۰/۰۰۵	-۰/۲۰۷	۰/۰۴۹	۰/۱۶۵	۰/۱۱۷	-۰/۲۴۷	۰/۰۱۸	-۰/۱۲۱	۰/۲۵۳	-۰/۰۷۶	۰/۵۶۴	۰/۰۵۳	۰/۶۲	-۰/۰۵۹	۰/۵۷۸
S31	-۰/۰۴۴	۰/۷۲۸	۰/۰۳۸	۰/۷۵	-۰/۳۳۹	۰/۰۰۱	۰/۰۵۳	۰/۶۲	-۰/۱۶۵	۰/۱۱۷	-۰/۲۰۷	۰/۰۴۹	۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	-۰/۳۰۲	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	-۰/۰۷۶	۰/۵۳۷	۰/۱۰۹	۰/۳۰۲	-۰/۰۴۸	۰/۶۷۷
S33	-۰/۱۵۱	۰/۱۸۷	-۰/۰۱۸	۰/۸۸۵	-۰/۲۱۶	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۲۹۸	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۸	-۰/۲۴۵	۰/۰۱۹	۰/۱۷۵	۰/۰۹۵	-۰/۲۵۸	۰/۰۱۴	-۰/۰۲۷	۰/۸	-۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	۰/۱۱۸	۰/۲۶۲	-۰/۱۷۳	۰/۱۰۷
S34	-۰/۲۶۱	۰/۰۱۳	-۰/۱۳	۰/۲۱۷	-۰/۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۷۸	۰/۴۶	-۰/۱۸۴	۰/۰۸	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	-۰/۲۴۹	۰/۰۱۷	-۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	-۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۱۱۵	۰/۲۷۵
S35	-۰/۲۰۷	۰/۰۴۹	-۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	-۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	۰/۰۶۳	۰/۵۵۱	-۰/۱۹۲	۰/۰۶۷	-۰/۲۱۶	۰/۰۴	۰/۱۲۳	۰/۲۴۵	-۰/۲۵۴	۰/۰۱۶	-۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۰۸	۰/۴۴۸	۰/۱۶۱	۰/۱۲۷	-۰/۱۵۲	۰/۱۴۸
S36	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	-۰/۱۴۲	۰/۱۷۹	-۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۱۶۱	۰/۱۲۷	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۲۵۸	۰/۰۱۴	-۰/۰۲۷	۰/۸	-۰/۱۰۴	۰/۳۲۷	۰/۱۵۲	۰/۱۴۸	-۰/۱۲۷	۰/۲۲۹
S37	-۰/۱۹۲	۰/۰۶۷	-۰/۱۶۱	۰/۱۲۷	-۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	۰/۰۷۸	۰/۴۶	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۸	-۰/۲۲۶	۰/۰۳۱	۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۲۱۴	۰/۰۴۲	-۰/۰۶۶	۰/۵۳۷	-۰/۰۴۴	۰/۶۷۸	۰/۱۱۴	۰/۲۷۹	-۰/۰۹۱	۰/۰۳۹
S38	-۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	-۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	۰/۰۷	۰/۵۱۱	-۰/۲۲	۰/۰۳۶	-۰/۲۱۱	۰/۰۴۴	۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	-۰/۱۹۵	۰/۰۶۴	-۰/۰۷	۰/۵۱۱	-۰/۰۵۲	۰/۶۲	۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۰۶۳	۰/۵۵۱
S39	-۰/۰۸	۰/۴۴۸	-۰/۰۲۱	۰/۸۴۸	-۰/۰۴۴	۰/۶۷۸	۰/۰۹۵	۰/۰۲۴	-۰/۱۷۵	۰/۰۹۵	-۰/۲۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۵۵	۰/۶۰۶	-۰/۲۲	۰/۰۳۶	-۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۴۴	۰/۶۷۸
S41	۰/۰۸۴	۰/۵۲۹	-۰/۱۹۹	۰/۰۹۵	-۰/۲۲۴	۰/۰۳۸	۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۱۹۲	۰/۰۶۷	-۰/۱۰۶	۰/۰۳۱۷	۰/۰۵۵	۰/۶۰۶	-۰/۲۹	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۰۷۸	۰/۴۶	۰/۱۱۵	۰/۲۷۵	-۰/۰۵۹	۰/۶۱۶
S42	-۰/۰۹۸	۰/۴۴۳	۰/۰۲	۰/۸۷۶	-۰/۳۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۷۴	۰/۴۸۵	-۰/۲۰۱	۰/۰۵۶	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	۰/۰۹۱	۰/۳۹	-۰/۳۱۹	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۸	۰/۹۴۴	-۰/۰۷۸	۰/۴۶	۰/۱۱۵	۰/۲۷۵	-۰/۰۹۲	۰/۶۱۷
S43	-۰/۲۴۹	۰/۰۱۸	-۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	-۰/۲۴۹	۰/۰۱۷	۰/۱۰۶	۰/۳۱۷	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۲۷۳	۰/۰۰۹	۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	-۰/۲۸۳	۰/۰۰۷	-۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۰۵۳	۰/۶۲	۰/۰۹۵	۰/۳۶۸	-۰/۱۰۳	۰/۳۳۲
S44	-۰/۱۴۶	۰/۱۶۶	-۰/۰۸۵	۰/۴۲۴	-۰/۱۲۷	۰/۲۲۹	۰/۰۹۵	۰/۳۶۸	-۰/۱۹۵	۰/۰۶۴	-۰/۱۸	۰/۰۸۷	۰/۱۴۸	۰/۱۶	-۰/۲۶۲	۰/۰۱۲	-۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	-۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	-۰/۰۹۱	۰/۳۵۷
S45	-۰/۱۱	۰/۲۹۸	-۰/۰۴۹	۰/۶۴۹	-۰/۰۸	۰/۴۴۸	۰/۰۷۴	۰/۴۸۵	-۰/۲۱۸	۰/۰۳۸	-۰/۲۲۲	۰/۰۳۵	۰/۱۱	۰/۲۹۸	-۰/۲۸۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۸	۰/۹۴۴	-۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	۰/۱۷۱	۰/۱۰۳	-۰/۱۰۴	۰/۳۲۷
S46	-۰/۱۱۴	۰/۲۷۹	-۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	-۰/۲۲	۰/۰۳۶	-۰/۳۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۶۸	۰/۵۲۴	-۰/۳۰۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۸	۰/۹۴۴	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	۰/۱۲۱	۰/۲۵۳	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷
S47	-۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۱۱	۰/۲۹۸	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	۰/۰۴۷	۰/۶۶۴	-۰/۱۸۲	۰/۰۸۴	-۰/۳۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۲۸۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	-۰/۱۵۲	۰/۱۴۸	۰/۰۵۳	۰/۶۲	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷
S48	-۰/۰۸	۰/۴۴۸	-۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۰۹۱	۰/۰۳۹	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	-۰/۳۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۴۴	۰/۶۷۸	-۰/۲۹۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۲۰	۰/۸۳۲	-۰/۱۴	۰/۱۸۵	۰/۰۵۱	۰/۶۳۵	-۰/۰۹۹	۰/۳۴۷
S51	-۰/۰۳۹	۰/۷۷۸	۰/۰۱۶	۰/۹۰۴	-۰/۲۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۷	۰/۵۱۱	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	-۰/۰۹۹	۰/۳۴۷	۰/۰۶۶	۰/۵۳۷	-۰/۲۷۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۷۰۸	-۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	۰/۰۷۹	۰/۴۵۴	۰/۰۲۷	۰/۸۲۳
S52	-۰/۱۵۸	۰/۱۹۵	۰/۰۰۷	۰/۹۶۳	-۰/۲۴۵	۰/۰۲۱	۰/۱۱۸	۰/۲۶۲	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۲۸۱	۰/۰۰۷	۰/۰۴	۰/۷۰۸	-۰/۰۷۶	۰/۴۷۳	۰/۰۸	۰/۴۴۸	-۰/۱۸۲	۰/۰۱۰۳
S53	-۰/۱۱۶	۰/۲۷	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	-۰/۲۰۱	۰/۰۵۶	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۱۸	۰/۰۸۷	-۰/۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۲۶۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	-۰/۱۱۶	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۷۸۵	-۰/۰۲۷	۰/۸
S54	-۰/۰۴۷	۰/۶۶۴	-۰/۰۷۸	۰/۴۶	-۰/۰۷۲	۰/۴۹۸	۰/۰۸	۰/۴۴۸	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۸	-۰/۲۲۲	۰/۰۳۵	۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	-۰/۲۹	۰/۰۰۶	۰/۰۴۷	۰/۶۶۴	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۱۲۳	۰/۲۴۵	-۰/۰۵۷	۰/۵۹۲
S61	-۰/۰۱۱	۰/۹۴۱	-۰/۰۵۷	۰/۶۲۹	-۰/۲۵۸	۰/۰۱۵	۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	-۰/۰۹۵	۰/۳۶۸	-۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	۰/۰۵۱	۰/۶۳۵	-۰/۲۵۸	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	-۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	۰/۱۵۱	۰/۱۵۱	-۰/۰۵۸	۰/۶۱۸
S62	-۰/۰۸۴	۰/۴۴۵	-۰/۰۴۷	۰/۶۸۱	-۰/۲۵۷	۰/۰۱۴	۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۰۸۷	۰/۴۱۳	-۰/۱۵۴	۰/۱۴۲	۰/۰۵۱	۰/۶۳۵	-۰/۲۶	۰/۰۱۳	-۰/۰۲۲۰	۰/۸۳۲	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۰۶۳	۰/۵۵۱	-۰/۱۳۶	۰/۱۹۹
S63	-۰/۰۷۸	۰/۴۶	-۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	-۰/۱۸۲	۰/۰۸۴	۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	-۰/۱۹۷	۰/۰۶۱	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۷	۰/۰۷	۰/۵۱۱	-۰/۲۴۵	۰/۰۱۹	-۰/۰۱۹	۰/۸۶۳	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	۰	۱	۰	۱
S71	۰/۰۸۵	۰/۴۹۳	-۰/۳۵۶	۰/۰۰۲	-۰/۲۶۷	۰/۰۱۱	۰/۰۶۳	۰/۵۵۱	-۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	-۰/۲۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۲۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۰۳۶	۰/۷۳۹	۰/۱۳۲	۰/۲۱	-۰/۱۳۵	۰/۲۳۳
S72	-۰/۱۷۹	۰/۰۹۲	-۰/۲۳۸	۰/۰۲۵	-۰/۲۶۸	۰/۰۱۱	۰/۰۸۹	۰/۴۰۱	-۰/۱۴۴	۰/۱۷۲	-۰/۲۲۸	۰/۰۳	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۲۴۱	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۰/۹۴۴	-۰/۰۲۶	۰/۵۶۴	۰/۱۱۲	۰/۲۸۸	-۰/۰۸۲	۰/۴۴۲
S73	-۰/۰۶۶	۰/۰۵۳۷	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۱۹۵	۰/۰۶۴	۰/۰۳۳	۰/۸۳۲	-۰/۱۶۷	۰/۱۱۲	-۰/۲۴۷	۰/۰۱۸	۰/۰۴۷	۰/۶۶۴	-۰/۲۲۴	۰/۰۳۳	-۰/۰۲۱	۰/۸۴۸	-۰/۱۲۳	۰/۲۴۵	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	۰/۰۰۶	۰/۹۶
S81	-۰/۰۳۱	۰/۸۱۱	-۰/۰۱	۰/۹۳۷	-۰/۳۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۵۳	۰/۶۲	-۰/۱۵۴	۰/۱۴۲	-۰/۱۹۲	۰/۰۶۷	۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۱۸۴	۰/۰۸	۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	-۰/۰۵۱	۰/۶۳۵	۰/۰۷۳	۰/۴۹۲	-۰/۱۰۱	۰/۳۷۴
S82	-۰/۲۰۷	۰/۰۴۹	-۰/۲۰۳	۰/۰۵۳	-۰/۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۶۷۸	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	-۰/۲۵۲	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۸۱۶	-۰/۲۰۵	۰/۰۵۱	۰/۰۲۱	۰/۸۴۸	-۰/۰۷	۰/۵۱۱	۰/۰۶۸	۰/۵۲۴	-۰/۰۹۹	۰/۳۴۷
S83	-۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۱۸۶	۰/۰۷۷	-۰/۱۴۸	۰/۱۶	۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۲۴۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۲۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۰۴	۰/۹۷۶	-۰/۰۷۶	۰/۶۷۳	۰/۰۳۴	۰/۷۵۴	۰/۰۳۲	۰/۷۶۹

ماه اوت نیز در تمام پهنه استان گیلان، یاخته‌ها از روند منفی معنی‌دار (۴۳ یاخته) پیروی می‌کنند و فقط در یاخته‌های S7، S8، S38، S81 و S82 روند معنی‌دار، اعم از مثبت یا منفی مشاهده نشده و رفتار تصادفی بر آنها تسلط دارد. شدت خشکسالی در ماه اوت نسبت به تمامی ماه‌ها شدیدتر و فراگیرتر است. در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر هیچگونه روندی در ۴۸ یاخته شناسایی نشد (به استثنای یاخته S17 در ماه دسامبر) و رفتار تصادفی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

شاخص RDI نیز تایید گردید. البته باید گفت متغیرهای دما و بارش ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای رفتار تصادفی بودند. در نتیجه شاخص RDI هم به تبع دما و بارش نیز رفتار تصادفی داشته است.

چنانچه از جدول (٤) پیداست در دو ماه ژانویه و فوریه، رفتار تصادفی بر شاخص SPIی تمامی یاخته‌ها در گستره استان گیلان تسلط دارد. بعبارت دیگر، در این دو ماه هیچ اثری از تغییرات شدید در شاخص خشکسالی SPI مشاهده نمی‌شود و در کل دوره رفتار این شاخص نرمال یا تصادفی بوده است.

جدول ٤- نتایج آزمون روند من کندال SPI یاخته‌ها در استان گیلان

Table 4- Results of the Mann-Kendall trend test for SPI cells in Gilan Province

یاخته	ژانویه		فوریه		مارس		آوریل		می		ژوئن		ژوئیه		اوت		سپتامبر		اکتبر		نوامبر		دسامبر	
	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv	آماره	pv
S۵	۰/۰۶۱	۰/۵٦٤	۰/۰۹	۰/۳۹٦	۰/۱۱۲	۰/۲۸۸	-۰/۰۳۵	۰/۷٤٦	-۰/۰۷	۰/۵۱۱	-/۱۹٦	۰/۰٦۳	۰/۰۹۸	۰/۳۵۲	-۰/۲۸٤	**۰/۰۰۷**	۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	-۰/۰۱٤	۰/۹۰۳	۰/۰٦۵	۰/۵٤٤	-۰/۰۱۹	۰/۸٦۳
S٦	۰/۰٤۵	۰/٦۷۱	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	۰/۱	۰/۳٤۲	-۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	-۰/۰۷۲	۰/٤۹۸	-۰/۲۲۱	**۰/۰۳٦**	۰/۱۵۸	۰/۱۳٤	-۰/۲۵۳	**۰/۰۱٦**	۰/۰۷۱	۰/۵۰٤	-۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	۰/۰۳۲	۰/۷٦۹	-۰/۰۵۳	۰/٦۲
S۷	۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	۰/۰۷٦	۰/٤۷۳	۰/۰۷٦	۰/٤۷۳	-۰/۰٤	۰/۷۰۸	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۱۲	۰/۲۵۷	۰/۱۳۲	۰/۲۱	-۰/۰۵۵	۰/٦۰٦	۰/۰۵۵	۰/٦۰٦	-۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	-۰/۰۷۳	۰/٤۹۲
S۸	۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	۰/۰۳	۰/۷۸۵	۰/۰۹٤	۰/۳۷۳	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	-۰/۲۰۳	۰/۰۵۳	-۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	۰/۰۹٦	۰/۳٦۳	-۰/۰۸۲	۰/٤٤۲	۰/۰۷۳	۰/٤۹۱	۰/۰٤۳	۰/٦۸٦	-۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	-۰/۰٦۵	۰/۵٤٤
S۹	-۰/۰۲۲	۰/۸٤	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	-۰/۱۰۷	۰/۳۱۲	-۰/۰۲۱	۰/۸٤۸	۰/۲۳	**۰/۰۲۸**	۰/۱۸۲	۰/۰۸٤	۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	۰/۰۷۱	۰/۵۰٤	-۰/۰۷۸	۰/٤٦
S۱٤	۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	۰/۱۱۹	۰/۲٦۲	۰/۱۱۷	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۲۰۸	**۰/۰٤۷**	۰/۰۷۷	۰/٤٦٦	-۰/۲۷	**۰/۰۱**	۰/۱٤٦	۰/۱٦٦	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۱۰٤	۰/۳۲۷	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳
S۱۵	۰/۰۳٤	۰/۷۵٤	۰/۱۲۱	۰/۲۵۳	۰/۱۵٤	۰/۱٤۲	۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	۰/۰۹٦	۰/۳٦۳	-۰/۲۵۸	**۰/۰۱٤**	۰/۱۲۸	۰/۲۲۵	-۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	۰/۱۲	۰/۲۵۷	۰/۰۲۷	۰/۸
S۱٦	۰/۰۰۲	۰/۹۲	۰/۱۲۷	۰/۲۲۹	۰/۱۸۱	۰/۰۸٦	۰/۰۰۷	۰/۹۵۲	-۰/۱٤٦	۰/۱٦٦	-۰/۱٦۳	۰/۱۲۲	۰/۱۱۲	۰/۲۸۸	-۰/۲٦۵	**۰/۰۱۲**	۰/۱۰٦	۰/۳۱۷	-۰/۰۵۱	۰/٦۳۵	۰/۱۲۹	۰/۲۲۱	۰/۰۱۳	۰/۹۱۱
S۱۷	۰/۰۷	۰/۵۱۱	۰/۱٦۹	۰/۱۰۸	۰/۲۰۵	۰/۰۵۱	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	-۰/۱۵٤	۰/۱٤۲	-۰/۱۸	۰/۰۸۷	۰/۱٤۳	۰/۱۷۵	-۰/۲۵٤	**۰/۰۱٦**	۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	-۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	۰/۰٤٤	۰/٦۷۸	-۰/۰۲٦	۰/۸۰۸
S۱۸	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۲۱۱	**۰/۰٤٤**	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	۰/۱۵۲	۰/۱٤۸	-۰/۱۷۳	۰/۰۹۹	-۰/۰۳٤	۰/۷۵٤	۰/۰۰۳	۰/۹۸٤	۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	-۰/۰۷	۰/۵۱۱
S۱۹	-۰/۰۳٤	۰/۷۵٤	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	۰/۲۸٦	**۰/۰۰۷**	۰/۱۲٤	۰/۲٤۱	-۰/۱۲	۰/۲۵۷	-۰/۰۸	۰/٤٤۸	۰/۲۰۹	**۰/۰٤٦**	-۰/۲۲٤	**۰/۰۳۳**	۰/۰۷٦	۰/٤۷۳	۰/۰۵۱	۰/٦۳۵	۰/۰۷۲	۰/٤۹۸	-۰/۰٦۸	۰/۵۲٤
S۲۳	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۱۱۵	۰/۲۷۵	۰/۲۳۵	**۰/۰۲۵**	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	-۰/۰۷۸	۰/٤٦	-۰/۱۵۸	۰/۱۳٤	۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۲۵۸	**۰/۰۱٤**	۰/۰۸۹	۰/٤۰۱	-۰/۰۱۲	۰/۹۱۹	۰/۱۰۳	۰/۳۳۲	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳
S۲٤	۰/۰٤	۰/۷۰۸	۰/۱٤٤	۰/۱۷۲	۰/۲٤٦	**۰/۰۱۹**	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	-۰/۱۳۳	۰/۲۰٦	-۰/۱٦۱	۰/۱۲۷	۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	-۰/۲۳۸	**۰/۰۲۳**	۰/۰۷۹	۰/٤۵٤	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	۰/۰۰٤	۰/۹۷٦
S۲۵	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	۰/۱۵	۰/۱۵٤	۰/۲۱۸	**۰/۰۳۸**	۰/۰٦۵	۰/۵٤٤	-۰/۱۳۳	۰/۲۰٦	-۰/۱٦۲	۰/۱۲٤	۰/۱	۰/۳٤۲	-۰/۲۲۸	**۰/۰۳**	۰/۰٤۹	۰/٦٤۹	-۰/۰۲۹	۰/۷۹۳	۰/۱۹۲	۰/۰٦۷	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳
S۲٦	-۰/۰۳۲	۰/۷٦۹	۰/۱٤٦	۰/۱٦٦	۰/۲۲	**۰/۰۳٦**	۰/۱۰۷	۰/۳۱۲	-۰/۰۹٤	۰/۳۷۳	-۰/۱٦۵	۰/۱۱۷	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۲۲۲	**۰/۰۳۵**	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	-۰/۰٤۲	۰/۷۹۳	۰/۱٦۲	۰/۱۲٤	۰/۰٤	۰/۷۰۸
S۲۷	-۰/۰۳۲	۰/۷٦۹	۰/۲۰۵	۰/۰۵۱	۰/۳۳	۰/۰۰۲	۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۱۹۱	۰/۰٦۹	۰/۱۵	۰/۱۵٤	-۰/۲۲٤	**۰/۰۳۳**	۰/۰۱	۰/۹۳٦	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	۰/۰۷٤	۰/٤۸۵	۰/۰۲۷	۰/۸
S۲۸	-۰/۰٦۱	۰/۵٦٤	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	۰/۲٦۸	**۰/۰۱۱**	۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۱۹۵	۰/٦٤	۰/۱٦۱	۰/۱۲۷	-۰/۲۱۳	**۰/۰٤۳**	-۰/۰۷٤	۰/٤۸۵	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۰۷٤	۰/٤۸۵	-۰/۰٦۸	۰/۵۲٤
S۲۹	-۰/۱۱۸	۰/۲٦۲	۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۱۵٦	۰/۱۳۷	۰/۰۱۸	۰/۸۷۱	-۰/۲۲۲	**۰/۰۳۵**	-۰/۱۹۱	۰/۰٦۹	۰/۱۷۳	۰/۰۹۹	-۰/۲۱۹	**۰/۰۳۷**	-۰/۰۹۵	۰/۳٦۸	۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	۰/۰۲۲	۰/۸٤	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷
S۳۰	-۰/۱۲۱	۰/۲۵۳	-۰/۰۳	۰/۷۸۵	۰/۰٤۳	۰/۰٦۸	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	-۰/۳۱۷	**۰/۰۰۲**	-۰/۱۸٦	۰/۰۷۷	۰/۱۸۲	۰/۰۸٤	-۰/۲۳	**۰/۰۲۸**	۰/۱	۰/۳٤۲	-۰/۰۱۳	۰/۹۱۱	-۰/۰۰۱	۱	-۰/۱۲۳	۰/۲٤۵
S۳۲	-۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۱۳۱	۰/۲۱۳	۰/۰۸۲	۰/٤۳٦	-۰/۱۳۳	۰/۲۰٦	-۰/۱۹۲	۰/۰٦۷	۰/۱۵۸	۰/۱۳٤	-۰/۳۰٦	**۰/۰۰٤**	۰/۰۵۲	۰/٦۲۷	-۰/۰۱٦	۰/۸۸۷	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵
S۳۳	-۰/۰۳۱	۰/۷۷۷	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۱۱۲	۰/۲۸۸	-۰/۱٤٤	۰/۱۷۲	-۰/۲٤	**۰/۰۲۲**	۰/۱۹۲	۰/۰٦۷	-۰/۲٤۹	**۰/۰۱۷**	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	۰/۰۲۲	۰/۸٤	۰/۱۳۷	۰/۱۹۲	-۰/۰۰۲	۰/۹۹۲
S۳٤	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	۰/۰۸٤	۰/٤۳	۰/۰٤۹	۰/٦٤۹	-۰/۱۷۳	۰/۰۹۹	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	-۰/۲۲۸	**۰/۰۳**	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	-۰/۰۰۳	۰/۹۸٤	۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	۰/۰۱۸	۰/۸۷۱
S۳۵	-۰/۰۰۷	۰/۹۵۲	۰/۰٤۹	۰/٦٤۹	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	۰/۰۳٤	۰/۷۵٤	-۰/۱۸	۰/۰۸۷	-۰/۱۸۸	۰/۰۷۳	۰/۱۵۲	۰/۱٤۸	-۰/۲۳۷	**۰/۰۲٤**	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	۰/۱۵٤	۰/۱٤۲	۰	۱
S۳٦	-۰/۰۵۵	۰/٦۰٦	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	۰/۰٤	۰/۷۰۸	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	-۰/۱٦۷	۰/۱۱۲	-۰/۱۸	۰/۰۸۷	۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۲۱٦	**۰/۰٤**	۰/۰۵۳	۰/٦۲	-۰/۰۳۲	۰/۷٦۹	۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵
S۳۷	-۰/۰۹۵	۰/۳٦۸	۰/۰۲۷	۰/۸	۰/۰۷٦	۰/٤۷۳	۰/۰۵۱	۰/٦۳٤	-۰/۱٦۳	۰/۱۲۲	-۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۱٤۸	۰/۱٦	-۰/۱٦٤	۰/۱۱۹	۰/۰۱۳	۰/۹۱۱	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	۰/۰۷۵	۰/٤۷۹	۰/۰۱۳	۰/۹۱۱
S۳۸	-۰/۱۱٤	۰/۲۷۹	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	۰/۰۷۵	۰/٤۷۹	۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	-۰/۲۳۷	**۰/۰۲٤**	-۰/۱۹۷	۰/۰٦۱	۰/۲۰۱	۰/۰۵٦	-۰/۱۷۵	۰/۰۹۵	-۰/۰۲۲	۰/۸٤	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۰۵۱	۰/٦۳۵
S۳۹	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	۰/۰۱٦	۰/۸۸۷	-۰/۲۳٦	**۰/۰۲۵**	-۰/۱٦۱	۰/۱۲۷	۰/۲۳۷	۰/۰۲٤	-۰/۱۹۲	۰/۰٦۷	-۰/۰۵۱	۰/٦۳۵	-۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	-۰/۰٦۳	۰/۵۵۱
S٤۱	-۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	-۰/۱۳۳	۰/۲۰٦	-۰/۰۷۲	۰/٤۹۸	۰/۰۸۲	۰/٤۳٦	-۰/۲۹	**۰/۰۰٦**	۰/۰۳	۰/۷۸۵	-۰/۰٦۵	۰/۵٤٤	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۰۰۲	۰/۹۹۲
S٤۲	-۰/۰۱٦	۰/۸۸۷	-۰/۰۱۳	۰/۹۱۱	۰/۱٦۷	۰/۱۱۲	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۱۱۸	۰/۲٦۲	-۰/۱۵٤	۰/۱٤۲	۰/۱۰٦	۰/۳۱۷	-۰/۲۹۲	**۰/۰۰۵**	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	-۰/۰۳	۰/۷۸۵	۰/۰۷۱	۰/۵۰٤	-۰/۰۳۸	۰/۷۲۳
S٤۳	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۰۰۳	۰/۹۸٤	۰/۰۵۷	۰/۵۹۲	۰/۱۲٦	۰/۲۳۳	-۰/۰۵۱	۰/٦۳۵	-۰/۲٤۵	**۰/۰۱۹**	۰/۱۵٦	۰/۱۳۷	-۰/۲۷۲	**۰/۰۱**	۰/۰۷	۰/۵۱۱	-۰/۰٦۸	۰/۵۲٤	۰/۰٤۹	۰/٦٤۹	-۰/۰۳٤	۰/۷۵٤
S٤٤	-۰/۰۰٦	۰/۹٦	۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	۰/۰۱۲	۰/۹۱۹	۰/۰۹۱	۰/۳۹	-۰/۱۸٦	۰/۰۷۷	-۰/۱۸٦	۰/۰۷۷	۰/۱۷۳	۰/۰۹۹	-۰/۲٤۳	**۰/۰۲۱**	۰/۰۱۱	۰/۹۲۷	-۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	-۰/۰٤۷	۰/٦٦٤
S٤۵	-۰/۰٤۱	۰/۷۰۱	۰/۰۲۱	۰/۸٤۸	۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	۰/۰٤٤	۰/٦۷۸	-۰/۰۲۲	**۰/۰۳٦**	-۰/۲۰۵	۰/۰۵۱	۰/۱٤۱	۰/۱۸۲	-۰/۲۵۸	**۰/۰۱٤**	۰/۰٤	۰/۷۰۸	-۰/۱۰۳	۰/۳۳۲	۰/۱۲۹	۰/۲۲۱	-۰/۰۷	۰/۵۱۱
S٤٦	-۰/۰۷۲	۰/٤۹۸	-۰/۰۳۲	۰/۷٦۹	-۰/۲۰۵	۰/۸۱٦	۰/۰۵۲	۰/٦٦۷	-۰/۲۰۵	۰/۲۷۹	-۰/۰۸	۰/۰۰٦	۰/۰۹٤	۰/۳۷۳	-۰/۲۸۳	**۰/۰۰۷**	۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	-۰/۱٤۸	۰/۸۱٦	۰/۰۱٦	۰/٤۸۵	-۰/۰۷۲	۰/٤۹۸
S٤۷	-۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	-۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	۰/۰٤۱	۰/۷۰۱	-۰/۱۸٤	۰/۰۸	-۰/۲۸۸	۰/۰۰٦	۰/۱	۰/۳٤۲	-۰/۲٦٦	**۰/۰۱۱**	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	-۰/۱٤	۰/۱۸۵	۰/۰۲۱	۰/۸٤۸	-۰/۰۷	۰/۵۱۱
S٤۸	-۰/۰۸	۰/٤٤۸	-۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۰۹۱	۰/۰۳۹	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	-۰/۳۱۱	**۰/۰۰۳**	۰/۰٤٤	۰/٦۷۸	-۰/۲۹۲	**۰/۰۰۵**	-۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۱٤	۰/۱۸۵	۰/۰۵۱	۰/٦۳۵	-۰/۰۹۹	۰/۳٤۷
S۵۱	-۰/۰۵٦	۰/۵۹۹	۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	۰/۲٤٦	**۰/۰۱۹**	۰/۱۳۲	۰/۲۱	۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	۰/۰۹۲	۰/۳۸٤	-۰/۲٦۲	**۰/۰۱۲**	۰/۰۹٤	۰/۳۷۳	-۰/۰٦۱	۰/۵٦٤	۰/۰۳	۰/۷۸۵	-۰/۰۲۱	۰/۸٤۸
S۵۲	-۰/۰۷٤	۰/٤۸۵	-۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	۰/۱٤	۰/۱۸۵	۰/۱۵۲	۰/۱٤۸	-۰/۰۱	۰/۹۳٦	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۰۹۹	۰/۳٤۷	-۰/۲۷۱	**۰/۰۱**	۰/۰۷٤	۰/٤۸۵	-۰/۰۳	۰/۷۸۵	۰/۰۵۳	۰/٦۲	-۰/۰۲۵	۰/۸۱٦
S۵۳	-۰/۱۱٦	۰/۲۷	-۰/۱۵٤	۰/۱٤۲	-۰/۱۳۵	۰/۱۹۹	۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۲۱٤	**۰/۰٤۲**	۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	-۰/۲٦	**۰/۰۱۳**	۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	-۰/۱۰٤	۰/۳۲۷	-۰/۰٦۹	۰/۵۱۷	-۰/۰٦۷	۰/۵۳۱
S۵٤	-۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	-۰/۰٤٤	۰/٦۷۸	-۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	۰/۰۵٦	۰/۵۹۹	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۲۰۷	**۰/۰٤۹**	۰/۱۲۲	۰/۲٤۹	-۰/۲۸	**۰/۰۰۸**	۰/۱۰۳	۰/۳۳۲	-۰/۰۷٦	۰/٤۷۳	۰/۰۹۷	۰/۳۵۷	-۰/۰٦٦	۰/۵۳۷
S۶۱	-۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	۰/۰۰۲	۰/۹۹۲	۰/۱۸	۰/۰۸۷	۰/۱۰۵	۰/۳۲۲	-۰/۰۰۷	۰/۹۵۲	-۰/۰۹۲	۰/۳۸٤	۰/۰۷۸	۰/٤٦	-۰/۲٤۹	**۰/۰۱۷**	۰/۰۳۷	۰/۷۳۱	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	۰/۰۳٦	۰/۷۳۹	-۰/۰۳٤	۰/۷۵٤
S۶۲	-۰/۰٦۳	۰/۵۵۱	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	۰/۰٤۹	۰/٦٤۹	۰/۱۱٤	۰/۲۷۹	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	-۰/۲۳۵	**۰/۰۲۵**	۰/۰۲۳	۰/۸۳۲	-۰/۰٦۸	۰/۵۲٤	-۰/۰۱۳	۰/۹۱۱	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵
S۶۳	-۰/۰۹۳	۰/۳۷۹	-۰/۱٦۱	۰/۱۲۷	-۰/۱۷۱	۰/۱۰۳	-۰/۰٤	۰/۷۰۸	-۰/۱٦۷	۰/۱۱۲	-۰/۲۰۹	**۰/۰٤٦**	۰/۰۸٤	۰/٤۳	-۰/۲۲	**۰/۰۳٦**	۰/۰۱۷	۰/۸۷۹	-۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	-۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۳۸	۰/۷۲۳
S۶۱	-۰/۰۲۱	۰/۸٤۸	۰/۰۲۱	۰/۸٤۸	۰/۱۲۷	۰/۲۲۹	۰/۰۶	۰/۵۷۱	-۰/۰۸٦	۰/٤۱۸	-۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۵٦	۰/۵۹۹	-۰/۲۰٦	**۰/۰۵**	۰/۰۱٤	۰/۹۰۳	-۰/۰۱۹	۰/۸٦۳	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۰٤۳	۰/٦٦٦
S۷۲	-۰/۰۱۵	۰/۸۹۵	-۰/۰۵۹	۰/۵۷۸	۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	۰/۱۰۱	۰/۳۳۷	-۰/۰۹۱	۰/۳۹	-۰/۲۰۸	**۰/۰٤۷**	۰/۰۵۵	۰/٦۰٦	-۰/۲۰۹	**۰/۰٤٦**	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۰۳	۰/۷۸۵	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	۰/۰۳٦	۰/۷۳۹
S۷۳	-۰/۰٤۱	۰/۷۰۱	-۰/۱٤۸	۰/۰۱٦	-۰/۱۲۳	۰/۲٤۵	-۰/۰۰٤	۰/۹۷٦	-۰/۱۳۹	۰/۱۸۹	-۰/۲۲۱	**۰/۰۳۵**	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷	-۰/۱۹۹	۰/۰۵۹	۰	۱	-۰/۱۱٦	۰/۲۷	-۰/۰۵۳	۰/٦۲	۰/۰۰۸	۰/۹٤٤
S۸۱	۰/۰۰۳	۰/۹۸٤	۰/۰۱۳	۰/۹۱۱	۰/۱۲۵	۰/۲۳۷	۰/۰۷۲	۰/٤۹۸	-۰/۱۲۳	۰/۲٤۵	-۰/۱۷۳	۰/۰۹۹	۰/۰۲۷	۰/۸	-۰/۱٦۳	۰/۱۲۲	۰/۰٤۷	۰/٦٦٤	-۰/۰۲۵	۰/۸۱٦	-۰/۰۲٦	۰/۸۰۸	۰/۰۳۹	۰/۷۱٦
S۸۲	-۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	-۰/۱٤	۰/۱۸۵	-۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	۰/۰۱۹	۰/۸٦٤	-۰/۱٦۳	۰/۱۲۲	-۰/۲٤۳	**۰/۰۲۱**	۰/۰۳۸	۰/۷۲۳	-۰/۱۸٦	۰/۰۷۷	۰/۰٤۲	۰/٦۹۳	-۰/۰٦۸	۰/۵۲٤	۰/۰۰۵	۰/۹٦۸	۰/۰٦٦	۰/۵۳۷
S۸۳	۰/۰۱	۰/۹۳٦	-۰/۱۷۸	۰/۰۹۱	-۰/۰۹۸	۰/۳۵۲	۰/۰۰۱	۱	-۰/۱۲۳	۰/۲٤۵	-۰/۲۳٦	**۰/۰۲۵**	۰/۰۲۷	۰/۸	-۰/۱٦۹	۰/۱۰۸	۰/۰۳٤	۰/۷۵٤	-۰/۰۵۵	۰/٦۰٦	-۰/۰۰۸	۰/۹٤٤	۰/۰٦۸	۰/۵۲٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

در ماه مارس، از ٤٨ یاخته مورد بررسی، فقط ٨ یاخته S19، S23 تا S28 وS51، دارای روند مثبت معنی‌دار هستند و ٤٠ یاخته نیز هیچ روند خاصی را تجربه نکردند. بطور کلی در ماه مارس هم شاخص SPI در بیشتر پهنه استان دارای رفتار تصادفی است. شاخص SPI در ماه آوریل نیز مانند دو ماه ژانویه و فوریه بوده و رفتار آن در تمامی یاخته‌ها تصادفی است. در ماه می، ٦ یاخته از ٤٨ یاخته نیز از روند منفی پیروی کرده و وجود روند در سایر یاخته‌ها بی‌معنی است. ماه ژوئن که یکی از ماه‌های خشک استان گیلان محسوب می‌شود دارای ١٤ یاخته روندار منفی است و ٣٦ یاخته باقیمانده نیز دارای رفتار تصادفی بوده و بیانگر آن است که شاخص SPI در اکثر مناطق استان روندی را طی نکرده که بر شدت خشکسالی ماه ژوئن افزوده شود. در ماه ژوئیه فقط ٣ یاخته S9، S19 و S39 از روند مثبت معنی‌دار پیروی می‌کنند و سایر یاخته‌ها بدون روند بوده و رفتار تصادفی دارند. بطور کلی تغییرات مهمی در شاخص SPIی ماه ژوئیه در طول دوره مشاهده نمی‌شود. اما در ماه اوت، روند در شاخص SPI اکثر یاخته‌ها قابل مشاهده بوده و از ٤٨ یاخته مورد بررسی، ٣٨ یاخته از روند منفی تبعیت کرده و ١٠ یاخته دیگر بدون روند هستند. از اینرو شاخص SPIی ماه اوت همانند شاخص RDIی این ماه دارای روند منفی معنی‌دار بوده و بیانگر افزایش شدت خشکسالی در ماه اوت است. رفتار شاخص SPI در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر کاملا تصادفی است و هیچگونه روند مثبت یا منفی در ٤٨ یاخته مورد بررسی در گستره استان گیلان مشاهده نمی‌شود. در نتیجه باید گفت بر شدت خشکسالی این ماه‌ها در طی سال‌های ١٩٨٠ تا ٢٠٢٣ (٤٤ سال) افزوده نشده است.

در راستای تعیین وجود روند در مقادیر RDI و SPI، الگوی فضایی مقادیر آزمون روند من کندال این دو شاخص به تفکیک ماه‌های مختلف در شکل های (٢ و ٣) نمایش داده شده است. نتایج تحلیل الگوی فضایی شاخص RDI به شرح زیر است:

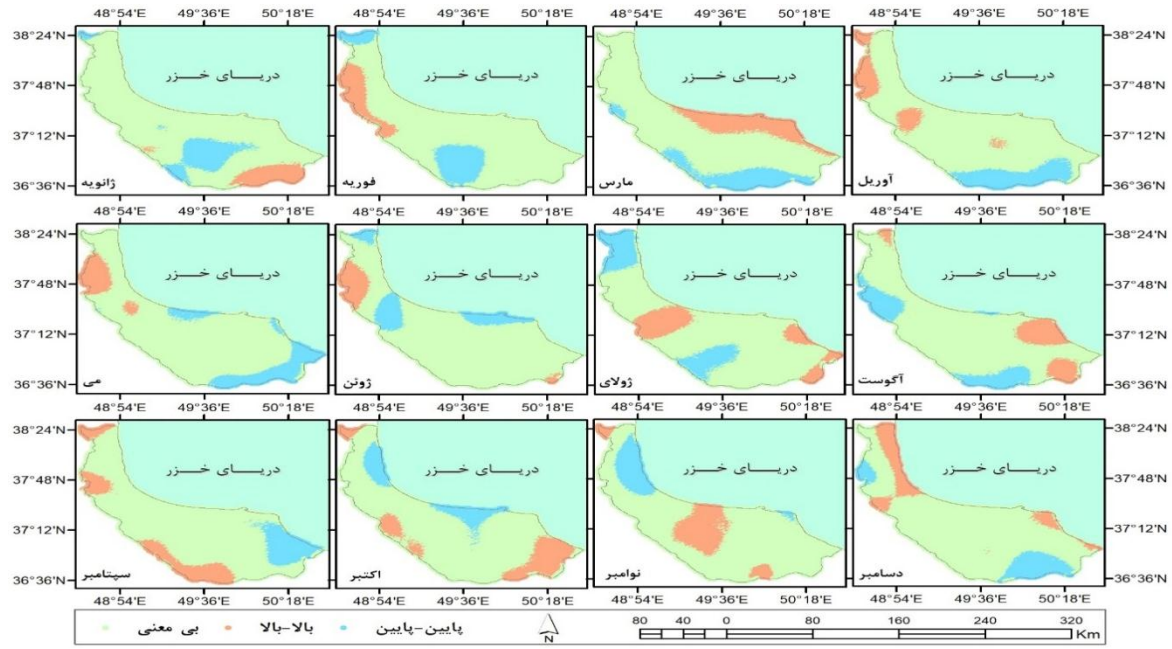
- در شکل (٢) الگوی فضایی تغییرات مقادیر آزمون روند من کندال شاخص RDI نشان داده شده است. در این ماه مقادیر پایین-پایین (LL) که از روند منفی برخوردار بودند از بخش مرکزی جلگه گیلان شروع شده و در امتداد دره سفیدرود تا منجیل ادامه می‌یابد. در این ناحیه روند منفی خشکسالی در طی دوره ٤٤ ساله حکمفرما بوده و معنی‌داری روند بازگو کننده افزایش شدت خشکسالی در طول این دوره است. الگوی بالا-بالا (HH) که از روند معنی‌دار برخوردار نبود، در ارتفاعات جنوب شرق استان قابل مشاهده است. در مجموع اکثر پهنه استان دارای رفتار تصادفی و بی‌معنی بوده و روند معنی‌داری در شاخص RDI شناسایی نشد.
- در ماه فوریه الگوی فضایی LL که از روند منفی معنی‌دار برخوردار است بصورت دو ناحیه جدا از هم قابل شناسایی هستند. بطوریکه ناحیه اول از جلگه مرکزی استان شروع و در راستای دره سفیدرود و ارتفاعات مجاور آن تا منجیل ادامه یافته است. همچنین ناحیه دوم نیز محدوده شهرستان آستارا را پوشش می‌دهد. با وجود الگوی بالا-بالا (HH) در ارتفاعات غربی استان، روند در این ناحیه معنی‌دار نیست. بنابراین باید گفت قسمت اعظم مساحت استان از رفتار تصادفی پیروی کرده و روند مثبت یا منفی در شاخص RDI وجود ندارد (شکل ٢).
- چنانچه از شکل (٢) پیداست در ماه مارس، بخش کوهستانی نواحی جنوبی استان تا ارتفاعات ماسوله و بخش کوهستانی غرب و شمال غرب آن از الگوی فضایی LL پیروی کرده و روند منفی معنی‌دار بر این نواحی حاکم است. بنابراین شدت خشکسالی نواحی مورد نظر در طی دوره ٤٤ ساله افزایش یافته است. در سایر مناطق استان روند معنی‌داری در مقادیر آزمون من کندال شاخص RDI مشاهده نشده و الگوی فضایی آن تصادفی است. البته

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

مناطق ساحلی و جلگه‌ای استان از شهرستان انزلی تا منتهی‌الیه شهرستان رودسر با الگوی فضایی HH مشخص شده است. اما این به معنی روند مثبت معنی‌دار شاخص RDI که بیانگر افزایش شدت ترسالی‌ها باشد نیست.

- در ماه آوریل رفتار تصادفی بر تمامی مقادیر RDI یاخته‌های مورد بررسی تسلط دارد (شکل ۲). اما وجود الگوی بالا-بالا (HH) بصورت سه هسته مجزا در مرکز، غرب و شمال غرب و همچنین الگوی پایین-پایین (LL) در ارتفاعات جنوبی استان نیز بر اساس مقادیر تصادفی آزمون من کندال شناسایی شده است. زیرا براساس جدول (۳)، یاخته‌ها روند مثبت یا منفی در طی دوره مورد مطالعه نشان ندادند.
- در شکل (۲) الگوی فضایی آزمون من کندال یاخته‌های ماه می شاخص RDI آورده شده است. همانگونه که از شکل پیداست در بخش شرقی استان گیلان الگوی فضایی پایین-پایین (LL) با روند منفی معنی‌دار مشاهده می‌شود. این الگو بصورت هلالی شکل از جلگه تا کوهستان را در بر می‌گیرد. علاوه بر این، در ناحیه ساحلی و جلگه‌ای شهرستان‌های رشت و انزلی الگوی LL با روند منفی معنی‌دار شگل گرفته است. در سایر مناطق استان که قسمت اعظم مساحت آن را شامل می‌شود رفتار شاخص RDI از نوع تصادفی است.
- براساس نتایج آزمون روند من کندال شاخص RDI در جدول (۳) مشخص شد که در ماه ژوئن بیشتر یاخته‌ها از روند منفی معنی‌دار تبعیت می‌کنند. بر این اساس شدت خشکسالی ماه ژوئن در طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳ افزایش یافته است. بعبارت دیگر، شدت مقادیر منفی شاخص RDI زیاد شده است. در این راستا، شدیدترین روند منفی در سه ناحیه کاملا مشخص و متمایز از هم، الگوی پایین-پایین (LL) را شکل داده است. الگوی LL در ناحیه ساحلی و جلگه‌ای کیاشهر و شهرستان رشت، شمال غربی استان یعنی شهرستان آستارا و ناحیه ساحلی و جلگه‌ای شهرستان هشتپر تا ارتفاعات غرب استان در راستای شمالی-جنوبی را در بر می‌گیرد (شکل ۲).



شکل ۲: الگوی فضایی شاخص RDI ۴۸ یاخته استان گیلان به روش I موران محلی

Figure 2: Spatial pattern of the RDI index for 48 cells in Gilan Province using the Local Moran's I method

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

- تجزیه و تحلیل الگوی فضایی آزمون روند من کندال شاخص RDI در ماه ژوئیه نشان می‌دهد که هر دو خوشه بالا-بالا و پایین-پایین در استان گیلان قابل مشاهده است. البته براساس جدول (۳) فقط دو یاخته S19 و S39 از روند مثبت معنی‌دار برخوردار بودند و ٤٦ یاخته از ٤٨ یاخته مورد بررسی دارای رفتار تصادفی و مقدار بیشتر از صفر بودند. بطور کلی شاخص RDI ماه ژوئیه در طی دوره ٤٤ ساله بالاتر از صفر و افزایشی است، اما آنقدر افزایش پیدا نکرده که تبدیل به روند مثبت معنی‌دار شود. با این وجود الگوی فضایی بالا-بالا (HH) در شرق استان و غرب آن و همچنین الگوی فضایی پایین-پایین (LL) در مرکز استان گیلان به سمت ارتفاعات ماسوله و شمال آن مشاهده می‌شود (شکل ۲).
- ماه اوت خشک‌ترین ماه استان گیلان محسوب شده و از نظر زمان، شدت و پهنه درگیر با خشکسالی نسبت به ماه‌های دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. براساس جدول (۳) فقط ۵ یاخته دارای رفتار تصادفی و بدون روند بودند و ٤٣ یاخته دیگر رفتارشان از نوع روند منفی معنی‌دار بوده است. با این حال، الگوی فضایی HH که منطبق بر روند منفی معنی‌دار است به صورت دو هسته جدا از هم در شرق استان گیلان و یک هسته کوچک واقع در شمال غرب آن مشخص شده است. اما شدیدترین روند منفی در مناطق با الگوی فضایی LL اتفاق افتاده است. این الگو با سه هسته کاملا مشخص در شکل (۲) مشخص شده است. هسته اول منطبق بر ارتفاعات جنوبی استان، هسته دوم بصورت یک پهنه خیلی کوچک در بخش ساحلی و جلگه‌ای شهرستان رشت و هسته سوم نیز ارتفاعات غربی آن را در بر می‌گیرد. در مجموع روند منفی شاخص RDI ماه ژوئیه حکایت از افزایش شدت خشکسالی در طی دوره ٤٤ ساله دارد.
- بر اساس نتایج آماره من کندال شاخص RDI در جدول (۳) مشخص شد که هیچگونه روند مثبت یا منفی در شاخص RDI ماه سپتامبر در طی دوره ٤٤ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳) وجود ندارد. با این حال، براساس مقادیر تصادفی آماره من کندال شاخص RDI، سه الگوی فضایی بالا-بالا در ارتفاعات جنوبی، غربی و شمال غربی و یک الگوی LL در شرق استان گیلان مشاهده می‌شود (شکل ۲).
- طبق نتایج محاسبه آماره من کندال شاخص RDI در جدول (۳) کاملا مشخص است هیچگونه اثری از روند مثبت یا منفی مقدار RDI ماه اکتبر مشاهده نمی‌شود. با این وجود براساس مقادیر بدون روند و تصادفی آزمون من کندال، الگوی بالا-بالا در شرق، جنوب غرب و شمال غرب و همچنین الگوی پایین-پایین در شمال و شمال غرب استان گیلان براساس آماره I موران محلی شکل گرفته است (شکل ۲).
- براساس نتایج آزمون روند من کندال شاخص RDI در جدول (۳)، هیچکدام از ٤٨ یاخته ماه نوامبر در گستره استان گیلان روند مثبت یا منفی معنی‌دار نداشتند. در نتیجه رفتار شاخص RDI در طول ٤٤ سال تصادفی بوده است. با این حال، الگوی فضایی بالا-بالا به صورت سه ناحیه جدا از هم در جنوب، مرکز و شمال غرب و الگوی فضایی پایین-پایین با دو هسته مستقل در ناحیه ساحلی و جلگه‌ای کیاشهر و شمال غرب استان گیلان مشاهده می‌شود (شکل ۲).
- ماه دسامبر مانند ماه نوامبر، رفتار تصادفی بر مقادیر شاخص RDI به روش آزمون من کندال حاکم است (به استثنای S17)، بنابراین کل ناحیه مورد مطالعه هیچگونه روند مثبت یا منفی معنی‌داری را در طول دوره ٤٤ ساله (۱۹۸۰تا ۲۰۲۳) تجربه نکرده است. براساس مقادیر تصادفی شاخص RDI، الگوی فضایی بالا-بالا (HH) در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

شرق و شمال غرب و الگوی فضایی پایین-پایین (LL) در ارتفاعات جنوبی و شمال غربی استان گیلان شکل گرفته و بصورت خوشه نمایان شده است (شکل ۲).

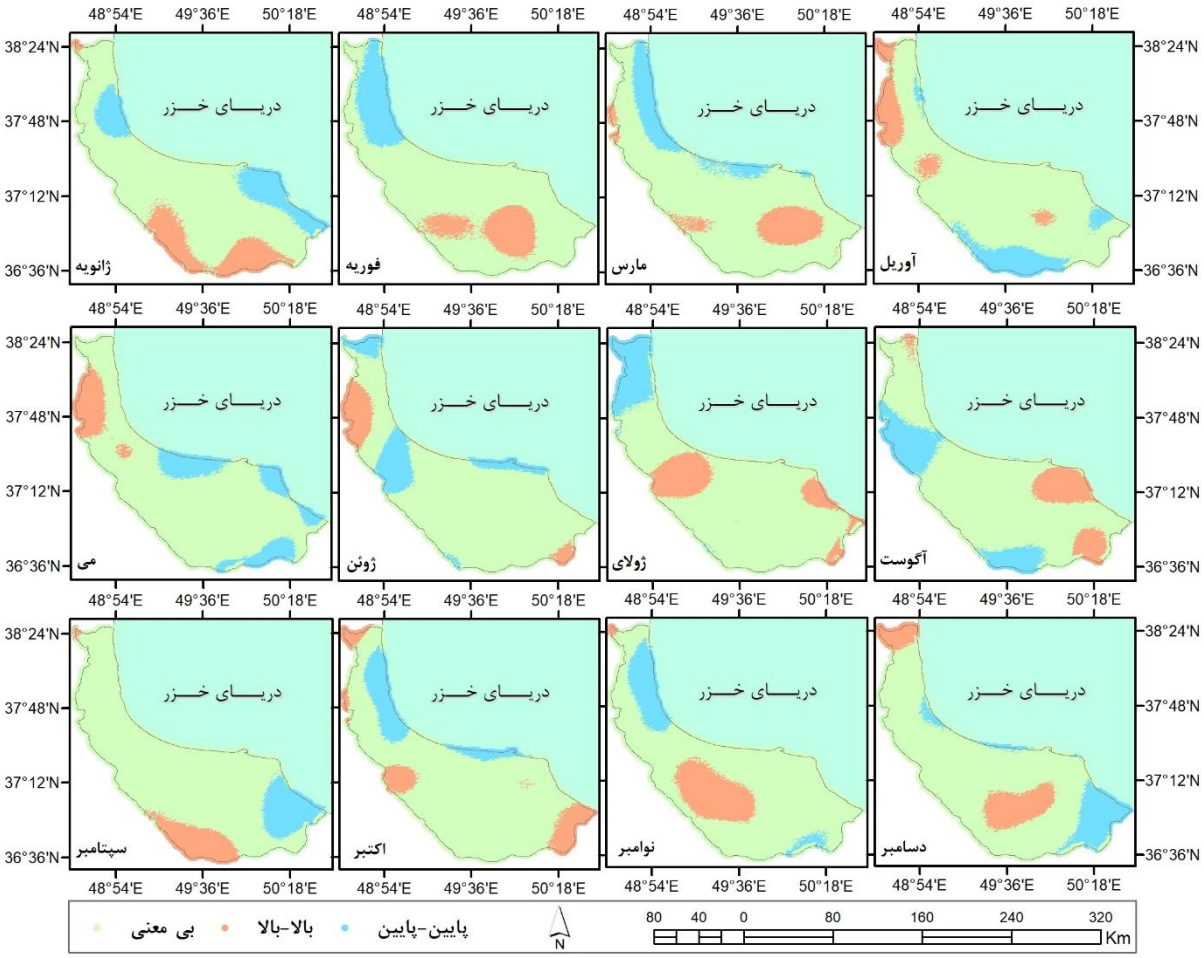
در همین راستا، نتایج تحلیل الگوی فضایی آزمون من کندال مقادیر SPI با استفاده از آماره I موران محلی به شرح زیر است:

- براساس جدول (٤) در هیچ یک از ٤٨ یاخته ماه ژانویه در پهنه استان گیلان روند مثبت و منفی در شاخص SPI مشاهده نشد. اما براساس مقادیر تصادفی آماره من کندال، دو الگوی پایین-پایین (LL) در ناحیه جلگه‌ای و ساحلی شرق و شمال غرب و الگوی بالا-بالا (HH) در ارتفاعات جنوبی استان گیلان و بصورت لکه کوچکی در شمال غرب آن ظاهر شده است (شکل ۳).
- در ماه فوریه هم مانند ماه ژانویه هیچ گونه روند مثبت یا منفی معنی‌داری در آزمون من کندال شاخص SPI مشاهده نشد. با این وجود، الگوی فضایی آزمون روند من کندال شاخص SPI در استان گیلان نشان می‌دهد که الگوی پایین-پایین (LL) در شهرستان‌های شمال غرب آن یعنی هشتپر، تالش و آستارا و الگوی بالا-بالا (HH) در راستای شرقی -غربی در نیمه جنوبی و مرکزی استان قابل مشاهده است. در مجموع رفتار شاخص SPI در گستره استان از نوع تصادفی و بدون روند است (شکل ۳).
- در ۸ یاخته از ٤٨ یاخته مورد بررسی ماه مارس، روند مثبت معنی‌دار در شاخص SPI وجود دارد. به عبارت دیگر بارش یاخته‌های S19، S23 تا S28 و S51 افزایشی بوده که روند شاخص SPI هم مثبت شده است. از اینرو در یاخته‌های فوق، روند مثبت و شرایط ترسالی نسبت به سایر بخش‌های استان در طی دوره حاکم بوده است. در سایر نواحی نیز رفتار شاخص SPI از نوع تصادفی و بدون روند بوده است. الگوی فضایی روند شاخص SPI در ماه مارش نشان می‌دهد که الگوی بالا-بالا (HH) بصورت هسته‌های جدا از هم در بخش شرقی، مرکزی، غربی و شمال غرب آن شکل گرفته و بیانگر روند مثبت شاخص SPI است. همچنین الگوی پایین-پایین (LL) بدون روند نیز در نوار ساحلی و جلگه‌ای استان از کیاشهر تا آستارا بطور پیوسته ادامه دارد (شکل ۳).
- ماه آوریل از جمله ماه‌هایی است که رفتار تصادفی بر آزمون روند من کندال شاخص SPI حاکم است. در این ماه دو الگوی بالا-بالا و پایین-پایین بر رفتار تصادفی شاخص خشکسالی SPI تسلط دارد، بطوریکه نواحی جنوبی، شرقی و شمال غرب از الگوی LL و نواحی شرقی، غربی و شمال غربی استان نیز از الگوی HH پیروی می‌کنند (شکل ۳).
- نتایج بدست آمده از تحلیل آماره من کندال روند شاخص SPI ماه می نشان می‌دهد که در ٦ یاخته از ٤٨ یاخته روند منفی مشاهده می‌شود. بعبارت دیگر، شاخص SPI یاخته‌های مورد نظر دارای روند منفی در طول ٤٤ سال بوده و بر شدت خشکسالی یاخته‌ها افزوده شده است. در سایر یاخته‌ها روند مثبت یا منفی معنی‌دار مشاهده نشد. الگوی فضایی پایین-پایین که منطبق بر روند منفی معنی‌دار است در جنوب و شرق استان تشکیل شده و الگوی بالا-بالا در ناحیه غربی استان قابل مشاهده است. البته باید گفت در اینجا الگوی بالا-بالا به مفهوم معنی‌داری روند مثبت آماره من کندال نیست. سایر نواحی استان گیلان نیز دارای رفتار تصادفی و بدون روند هستند (شکل ۳).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

- در ماه ژوئن روند بارش معنی‌دار شده و به تبعیت از آن شاخص SPI نیز در برخی از یاخته معنی‌دار می‌شود. در مجموع از ٤٨ یاخته، ١٤ یاخته آن دارای روند منفی معنی‌دار بودند. الگوی فضایی مقادیر منفی همراه با روند نیز بصورت پهنه‌های با مقادیر پایین-پایین (LL) در جنوب، شمال، غرب و شمال غرب استان مشاهده می‌شوند. تنها الگوی بالا-بالا (HH) که دارای رفتار تصادفی است در غرب استان گیلان شکل گرفته است. در این ماه روند منفی مقادیر SPI و توزیع گسترش آن در استان بیانگر اهمیت خشکسالی و تشدید روند منفی آن در طول دوره ٤٤ ساله است (شکل ۳).
- در ماه ژوئیه بارش در کل دوره افزایشی است، اما افزایش بارش آنقدر نبوده است که دارای روند مثبت معنی‌دار باشد. در نتیجه تمامی یاخته‌های مورد بررسی در استان، افزایش بارش را تجربه کرده‌اند. اما یاخته‌های S9، S19 و S39 دارای روند مثبت معنی‌دار بوده و الگوی بالا-بالا (HH) در شرق گیلان حکایت از روند مثبت بارش و به تبع آن شاخص SPI دارد. در سایر نواحی استان رفتار تصادفی مثبت (بیشتر از صفر) بر بارش و شاخص SPI غلبه دارد (شکل ۳).



شکل ۳: الگوی فضایی شاخص SPI ٤٨ یاخته استان گیلان به روش I موران محلی

Figure 3: Spatial pattern of the SPI index for 48 cells in Gilan Province using the Local Moran's I method

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

- خشک‌ترین ماه استان گیلان براساس شاخص SPI نیز ماه اوت است. در این ماه از ٤٨ یاخته مورد بررسی، فقط ۱۰ یاخته بدون روند بودند. بقیه یاخته‌ها از روند منفی معنی‌دار پیروی می‌کنند. تحلیل الگوی فضایی مقادیر SPI با استفاده از I موران محلی نشان می‌دهد که الگوی بالا-بالا (HH) که منطبق بر بیشترین مقادیر روند منفی است در جنوب و غرب استان شکل گرفته است. سایر مناطق استان به استثنای ۱۰ یاخته S7 تا S9، S37 تا S39، S73 و S81 تا S83 که رفتار تصادفی دارند بقیه یاخته‌ها دارای روند منفی هستند. در نتیجه ماه اوت بسیار خشک بوده و در طی دوره بر شدت خشکی آن افزوده شده است (شکل ۳).
- نتایج آزمون روند من کندال شاخص SPI در ماه سپتامبر نشان داد که هیچگونه روندی در این شاخص در پهنه استان وجود ندارد. در نتیجه رفتار شاخص SPI در ماه سپتامبر از نوع تصادفی است. با این وجود دو الگوی کاملا مشخص یعنی HH در ارتفاعات جنوبی و LL در شرق استان قابل مشاهده است. البته یک الگوی HH با مساحت محدود در شمال غرب استان (شهرستان آستارا) شکل گرفته است (شکل ۳).
- در ماه اکتبر نیز مانند ماه سپتامبر، رفتار شاخص SPI در استان گیلان تصادفی است. در نتیجه هیچگونه روندی که تبیین کننده جهت‌گیری شاخص SPI به سمت خشکسالی شدیدتر یا ترسالی شدیدتر باشد در این ماه قابل مشاهده نیست. براساس مقادیر تصادفی آزمون من کندال شاخص SPI، الگوی بالا-بالا (HH) در شرق، غرب و شمال غرب استان و الگوی پایین-پایین (LL) در ناحیه ساحلی و جلگه‌ای شمال و شمال غرب آن تشکیل شده است (شکل ۳).
- نتایج بدست آمده از آزمون روند من کندال شاخص SPI در ماه نوامبر نشان‌دهنده رفتار تصادفی مقادیر این شاخص در طول ٤٤ سال (۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳) است. در نتیجه براساس مقادیر تصادفی این آزمون، خوشه بالا-بالا (HH) در ناحیه مرکزی استان با تمایل به ارتفاعات غربی آن و خوشه پایین-پایین (LL) بصورت دو ناحیه مجزا از هم در جنوب شرق و شمال غرب استان قابل مشاهده است (شکل ۳).
- در ماه دسامبر نیز رفتار آزمون من کندال شاخص SPI در گستره استان از نوع تصادفی است و هیچ روندی اعم از مثبت یا منفی در آن مشاهده نمی‌شود. در نتیجه براساس مقادیر تصادفی شاخص SPI، الگوی خوشه‌ای بالا-بالا (HH) در مرکز و شمال غرب استان و الگوی خوشه‌ای پایین-پایین (LL) در شرق و مناطق ساحلی شمال آن قابل مشاهده است. در نتیجه باید گفت در چهار ماه سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر، شاخص SPI روند معینی را نشان نداده و نمی‌توان گفت که خشکسالی یا ترسالی در ماه‌های مورد نظر تشدید یا تضعیف شده است، بلکه رفتار آن تصادفی و کاملا طبیعی است (شکل ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تحلیل دقیقی از تغییرات شاخص RDI و SPI در محدوده استان گیلان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۳ (٤٤ سال) انجام شد. بدین منظور داده‌های دما و بارش استان گیلان بصورت یاخته‌های $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$درجه قوسی از مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جو (ECMWF) بمدت ٤٤ سال دریافت گردید. سپس با استفاده از آزمون روند من کندال، نوع روند شاخص RDI و SPI و معنی‌داری آنها تعیین گردید. علاوه بر این، الگوی فضایی آماره من کندال این دو شاخص خشکسالی در گستره استان گیلان با استفاده از شاخص I موران محلی (ALMI)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

تعیین شد. بررسی روند شاخص RDI و SPI استان گیلان نشان داد که روند منفی در هر دو شاخص در ماه‌های گرم سال اتفاق افتاده و بر شدت این پدیده در دهه‌های گذشته افزوده شده است. Bahrami et al (2019) نشان دادند که شدت خشکسالی طبقات ٤ و ٣ شاخص SPI بیشترین فراوانی رخداد را داشته‌اند، در حالی که طبقه ٦ و ٧ کمترین فراوانی وقوع را داشته‌اند. همچنین سری زمانی شاخص SPIی ٨٤/٢١ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی در گستره ایران در طی سال‌های ١٩٦٧ تا ٢٠١٤ با روند منفی رو به رو بوده است. Shafizadeh et al(2016) تغییرپذیری مکانی-زمانی روند خشکسالی را با شاخص RDI در گستره ایران بررسی و نتیجه گرفتند که ٨٩ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه روند کاهشی در شاخص RDI را نشان می‌دهند. همچنین Asadi Zareh et al (2011) معتقدند در طی سال‌های ١٩٩٩ و ٢٠٠٠، بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوب شرقی ایران با شرایط خشکسالی فرین مواجه بوده است. مطابق با روند شاخص RDI و SPI سایر بخش‌های کشور خشکسالی‌های شدید را تحمل می‌کنند. در نتیجه بین نتایج بدست آمده از روند شاخص RDI و SPI با نتایج تحقیقات سایر محققین در سایر مناطق کشور همسویی داشته و وجود روند در این دو شاخص به تبع وجود روند در متغیرهای بارش و دمای استان گیلان در دوره گرم سال تایید می‌گردد. در نهایت تحلیل فضایی شاخص RDI و SPI نشان داد که الگوی خوشه‌ای بالا-بالا (LL) در ماه‌هایی که روند در متغیرهای مذکور معنی‌دار بود شکل گرفته است. خوشه‌های بالا-بالا (LL) در گستره استان از شرق تا غرب و از جلگه تا کوهستان بصورت هسته‌های جدا از هم قابل مشاهده بودند. در نتیجه توزیع مکانی شاخص RDI و SPI با شاخص I موران محلی (آنسلین) بیانگر وجود ساختار خوشه‌ای در ماه‌هایی است که روند در دو شاخص مورد نظر وجود داشته است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

References

- Alina, V., Irina, O. (2013). Summer air temperature variability and trends within Oltenia Plain. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic*, 63 (3), 371-381. https://doi.org/10.2298/IJGI1303371V.
- Asadi Zareh, M. A., Malekinezhad, H., Mobin, M. H., Dastorani, M. T., Kousari, M. R. (2011). Drought Monitoring by Reconnaissance Drought Index (RDI) in Iran. ***Water Resour Manage***, 25, 3485–3504. https://doi.org/10.1007/s11269-011-9867-1
- Bahrami, M., Bazrkar, S., Zarei, A. R. (2019). Modeling, prediction and trend assessment of drought in Iran using standardized precipitation index. ***Journal of Water and Climate Change***, 10 (1), 181–196. https://doi.org/10.2166/wcc.2018.174
- Chirgwin, R. (2012). **Ocean currents emerge as climate change hot-spots**. The Register, available at <http://www.theregister.co.uk> (accessed Feb. 2012).
- Darand, M. (2015). Evaluation and identification of climate change in Iran during recent decades. ***Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering****, 30, 1–14. [In Persian]*
- Derakhshi, J., Sobhani, B., & Jahanbakhsh, S. (2024). Prediction of temperature and precipitation values in upcoming decades using the 2canESM model in the Ahar-Chay watershed. ***Journal of Applied Geographical Sciences Research****, 72, 49–64. [In Persian]*
- Doulabian, S., Golian, S., Shadmehri Toosi, A., & Murphy, C. (2021). Evaluating the effects of climate change on precipitation and temperature for Iran using RCP scenarios**. *Journal of Water and Climate Change***, 12 (1), 166–184. https://doi.org/10.2166/wcc.2020.114.
- Gilbert, R. O. (1987). **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. Van Nostrand Reinhold Pub: New York.
- Gomez-Gomez, J. D. D., Velazquez, D. P., Collados-Lara, A. J., Chacon, F. F. (2022). The impact of climate change scenarios on droughts and their propagation in an arid Mediterranean basin. A useful approach for planning adaptation strategies. ***Science of The Total Environment***, 820, 153128, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153128.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2023). **Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change**. *Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157926.
- Marques desa, J. P. (2003**). Applied statistics using Spss, Statistica and Mat lab**. University of parto: Springer pub – ver lag Berlin Heidelberg, pp395.
- Mathbout, S., Martin-Vide, J., & Bustins, J. A. L. (2023). Drought characteristics projections based on CMIP6 climate change scenarios in Syria. ***Journal of Hydrology: Regional Studies***. 50, 101581, https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101581.
- Mirshkaran, Y., Kakapour, V., & Zarei, A. (2021). Assessment of climate change impacts on precipitation and temperature using 4AR models (Case study: Qaresu Watershed, Kermanshah). ***Journal of Climate Change Research****, 8, 23–34. [In Persian]*
- Nicholson, S. E., Funk, C., Fink, A. H. (2018). Rainfall over the African continent from the 19th through the 21st century. ***Global and Planetary Change***, 165, 114-127. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.12.014.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

- Piernia, A., Habib-Nezhad Roshan, M., & Soleimani, K. (2015). Temperature and precipitation changes on the southern coasts of the Caspian Sea and their comparison with global and Northern hemisphere variations. ***Watershed Management Research Journal***, 11, 90–100. [In Persian]
- Raftery, A. E., Zimmer, A., Frierson, D. M. W., Startz, R., & Liu, P. (2017). Less than 2°C warming by 2100 unlikely. ***Nature Climate Change***, 9 (7), 637–641. https://doi.org/10.1038/nclimate3352
- Roshani, M., Rezaei, P., & Ganji-Ghofli, S. (2021). Statistical analysis of geographical information using ArcView GIS and ArcGIS. In: David, W., Wong, S., & Li, J., Tehran: Environmental Research Institute, Jihad Daneshgahi Press. [In Persian]
- Roshani, M., Ramazanipour, M., Tatina, M., Robati, M. (2012). Characteristics of Drought in Three Recent Decades in North of Iran, Guilan Province**.** ***American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci***, 12 (1), 115-122.
- Sanford, T., Frumhoff, P. C., Luers, A., & Gulledge, J. (2014). The climate policy narrative for a dangerously warming world. ***Nature Climate Change***, 4 (3), 164–166. https://doi.org/10.1038/nclimate2148
- Shafizadeh, F., Naser-Sadrabadi, A., Rostami, N. (2016). Assessing spatiotemporal variability of drought trend in Iran using RDI index**.** ***Natural Environment Change***, 2 (1), 67- 77.
- Schellnhuber, H. J., Rahmstorf, S., & Winkelmann, R. (2016). Why the right climate target was agreed in Paris. ***Nature Climate Change***, 6 (7), 649–653. https://doi.org/10.1038/nclimate3013
- Soleimani Sardo, F., & Mesbah-Zadeh. (2020). Prediction of temperature and precipitation using climate change scenarios and statistical downscaling models (Case study: Southern Kerman Province). ***Environmental Researches***, 22, 97–110. [In Persian]
- Surampalli, R. Y., Zhang, T. C., Ojha, C. S. P., Gurjar, B., Tyagi, R. D., Kao, C. M. (2013). Impact of Greenhouse Gas Emissions and Climate Change. In: Zhang, T. C., Surampalli, R. Y., PP 92-108.
- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2004). Towards a Drought Watch System Based on Spatial SPI. ***Journal of Water Resources Management***, 18, 1–12.
- Zahid, M., Rasul, G. (2010). Rise in Summer Heat Index over Pakistan. ***Journal of Meteorology***, 6, https://api.semanticscholar.org/CorpusID:133937619.
- Zarin, A., & Dadashi-Rudbari, A. (2021). Analytical note: Impact of climate change on heavy precipitation in Iran using the CMIP6 HEMADI model**.** ***Water and Sustainable Development***, (4), 119–124. [In Persian]
- Zarin, A., & Dadashi-Rudbari, A. (2023). Investigating the impacts of climate change on water security in Iran. ***Water and Sustainable Development***, 1, 37–44. [In Persian]

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

Spatial Pattern of Drought Indicators Trend Change in Gilan Province

Leila Haghparast Mojdehi, Department of Geography, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.
Bahman Ramazani Gurabi*, Department of Geography, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran (Corresponding Author). Email: Bahman.ramzani@iau.ac.ir
Atoosa Bigdeli, Department of Geography, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.
Yousef Zein-al-Abedin, Department of Geography, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Abstract

One of the consequences of changes in temperature and precipitation is drought, the persistence and recurrence of which are associated with destructive environmental impacts. This study investigates drought as the most significant outcome of temperature and precipitation variations.Initially, the required data were obtained from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) with a spatial resolution of 0.25° × 0.25° over a period of 44 years (1980 to 2023). The presence of trends in the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Reconnaissance Drought Index (RDI) was determined using the Mann-Kendall test. Additionally, the Local Moran's I statistic (ALMI) was applied to identify the spatial pattern of these indices.The results showed that the RDI exhibited a significant decreasing (negative) trend in the months of March, May, June, and August.In addition to the negative trend in the mean RDI values during March, May, June, and August, a negative trend was also confirmed at the individual grid cells for these months. Spatial analysis using the trend test and Local Moran's I of the drought indices (RDI and SPI) revealed distinct high-high (HH) and low-low (LL) clusters in various parts of the province, ranging from plains to mountainous areas and from east to west, forming separate cores. This indicates a non-random spatial distribution pattern for the RDI and SPI indices.

Keywords: Trend, Local Moran's I, SPI, RDI, Gilan Province

Introduction

Since the Industrial Revolution, the annual global temperature has increased by more than 1°C. Between 1880 and 1980, the period during which reliable measurements were available, the temperature rose on average by 0.07°C (0.13°F) per decade. However, since 1981, the rate of increase has more than doubled. In other words, over the past 40 years, the global annual temperature has increased by 0.18°C per decade, making the planet warmer than ever before. Nine out of the ten warmest years occurred between 1880 and 2005, and all five of the warmest years recorded have been since 2015. Climate scientists now conclude that to avoid a future in which daily life worldwide is confronted with the most severe and destructive impacts of climate change—such as extreme droughts, wildfires, floods, tropical storms, and other natural disasters—global warming must be limited to 1.5°C by 2040 (IPCC, 2023; Surampalli et al., 2013; Chirgovin, 2012).

At the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in late 2015, it was decided to limit the increase in global mean surface temperature to less than 2°C above pre-industrial levels. However, if the current greenhouse gas emission pathway continues, achieving the 2°C target will be challenging and will require fundamental changes across all sectors of modern society (Sanford et al., 2014; Schellnhuber et al., 2016). Recent studies indicate that the potential range of global temperature increase could be between 2 and 4.9°C, making warming levels of 1.5, 2, 3, and 4°C important milestones not only for mitigation but also for understanding the expected impacts of climate change (Raftery, 2017).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

Studies have shown significant changes in climatic variables, including temperature and precipitation, across Iran and the world. One of the most critical consequences of changes in temperature and precipitation is drought, as intensified and prolonged droughts cause severe damage to animal and plant ecosystems, water resources, and other environmental components. For instance, studies on temperature and precipitation changes along the southern Caspian Sea coasts, compared with global and Northern Hemisphere trends, indicate that a decrease in temperature leads to reduced precipitation, whereas an increase in temperature results in higher precipitation (Pirnia et al., 2015). Evaluations of extreme heat indices such as summer hot days, warm days, warm nights, and tropical nights in Iran indicate an increasing trend, while cold indices—including frost days, icy days, cold nights, and cold days—show decreasing trends. Heatwaves are becoming longer, while cold waves are shorter, and overall, the frequency of extreme precipitation events is rising (Darand, 2015).

Moreover, studies by Soleimani Sardu and Mesbahzadeh (2020), Zarrin and Dadashi Roudbari (2021, 2023), Mirshekari et al. (2021), Derakhshi et al. (2024), and Dolabian et al. (2021) confirm significant changes in temperature and precipitation as well as irregular spatial and temporal patterns of these variables in Iran's future climate. Similarly, research by Zahed and Rasool (2010) in Pakistan, Alina and Irina (2013) in the Oltenia Plain, Nicholson et al. (2018) in Africa, Gomez et al. (2022) in the Mediterranean region, and Metbout et al. (2023) in Syria suggests that extreme changes in temperature and precipitation are likely in the future of these regions. Given the direct influence of drought on temperature and precipitation changes, this phenomenon poses increasing threats to human societies in the future.

According to predictions, West Asia and Iran will experience significant changes in some meteorological phenomena in the coming years, with these phenomena manifesting differently across space and time. Based on IPCC reports from the First Assessment Report (FAR) to AR6, the trend of rising temperatures due to increased greenhouse gas concentrations is clear, and different regions of the Earth respond differently to increases in temperature and precipitation (IPCC, 2023). Therefore, future climate scenarios have been developed to simulate the Earth's climate up to 2100. These projections indicate that meteorological phenomena, such as droughts, will become more intense and frequent with a 1.5°C increase in global temperature. Consequently, the vulnerability of natural and human communities to climate variability will increase.

Considering the sensitive ecosystem of the southern Caspian Sea region and its susceptibility to extreme future climate changes, it is crucial to study drought conditions in Gilan Province. Accordingly, this research aims to examine the temporal patterns of drought in this region. Furthermore, spatial analysis of drought can assist managers and policymakers across various sectors in anticipating future climatic conditions in Gilan Province.

Materials and Methods

To analyze the spatial trends of the SPI and RDI indices in Gilan Province, monthly temperature, precipitation, and evapotranspiration data over a period of 44 years (1980–2023) were used. Evapotranspiration was calculated using the Thornthwaite method. Required data were obtained from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). The latest ECMWF reanalysis dataset, known as ERA5, provides high-resolution atmospheric data from 1979 to the present. The data are gridded, and for this study, the geographic extent of Gilan Province between 36°33′ and 38°27′ N latitude and 48°32′ and 50°36′ E longitude was selected for data extraction. Each grid cell measures 0.25° × 0.25° in arc degrees, forming a 9 × 10 row-column matrix, covering 90 grid cells in total. In Figure 1, the grid cells are shown in accordance with the boundaries of Gilan Province. In other words, out of the 90 cells, only 48 cells were selected for the analysis.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]

Discussion and Conclusion

In this study, a detailed analysis of the RDI and SPI indices in Gilan Province over the period 1980–2023 (44 years) was conducted. For this purpose, temperature and precipitation data of Gilan Province were obtained from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) in 0.25° × 0.25° grid cells for 44 years. The Mann–Kendall trend test was then used to determine the type and significance of trends in the RDI and SPI indices. Additionally, the spatial pattern of the Mann–Kendall statistic for these two drought indices across Gilan Province was analyzed using the Local Moran's I (ALMI) index.

The trend analysis of the RDI and SPI indices showed that negative trends occurred in both indices during the warm months, increasing the intensity of this phenomenon over the past decades. Bahrami et al. (2019) reported that drought severity levels 3 and 4 of the SPI index had the highest frequency, while levels 6 and 7 had the lowest frequency. Moreover, the SPI time series for 84.21% of the stations studied across Iran during 1967–2014 exhibited a decreasing trend. Shafiʿzadeh et al. (2016) examined the spatiotemporal variability of drought trends using the RDI index in Iran and concluded that 89% of the stations showed a decreasing trend in the RDI index. Asadi Zare et al. (2011) also reported that in 1999 and 2000, central, eastern, and southeastern Iran experienced extreme drought conditions. According to the trends of RDI and SPI indices, other regions of the country also experienced severe droughts. Therefore, the results obtained for RDI and SPI trends are consistent with findings from other researchers in different regions of Iran, confirming that trends in these two indices reflect trends in precipitation and temperature during the warm season in Gilan Province.

Finally, the spatial analysis of RDI and SPI indices revealed that high–high (HH) clusters formed in months where trends in the variables were significant. These HH clusters were observed across the province from east to west and from lowlands to mountainous areas as separate cores. Consequently, the spatial distribution of RDI and SPI, as indicated by the Local Moran's I (Anselin) index, demonstrates a clustered structure in the months where significant trends were observed in these two indices.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.83252/geospa.2025.3.4189]