نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۳، تابستان ۹۸

تحلیل آمار فضایی خشکسالی در ایران

دریافت مقاله: ۹۷/۲/۲۰ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۷/۱۳

صفحات: ۲۵۱-۲۷۷

زهرا حجازی‌زاده: استاد اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: hedjazizadeh@yahoo.com
سعید جوی‌زاده: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱].
Email: Sjavizadeh@yahoo.com

چکیده

خشکسالی یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی ناپذیر نوسانات اقلیمی است. این پدیده از ویژگیهای اصلی و تکرار شونده ی اقلیم های مختلف به شمار می رود. آگاهی از رفتار مکانی- زمانی بارش در برنامه‌ریزی‌های محیطی سرزمین مؤثر است. روش‌های آمار فضایی امکاناتی را فراهم می‌سازد که با استفاده از آنها، الگوهای فضایی متغیرهای تصادفی مانند بارش را تحلیل کرد. در این پژوهش با استفاده از داده‌های بارندگی ۸۴ ایستگاه منتخب سینوپتیک در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴) در ایران، به بررسی و تحلیل فضایی خشکسالی پرداخته‌شده است. ابتدا با استفاده از مقادیر SPI (مقیاسهای زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه)، دوره‌های خشکسالی و ترسالی منطقه شناسایی شدند و با استفاده از افزونه Geo statistic Analyst اقدام به پهنه‌بندی خشکسالی با روش های درونیابی شد. به‌منظور تبیین الگوی حاکم بر خشکسالی در ایران از آماره موران استفاده شد. نتایج شاخص موران در مورد خشکسالی نشان داد که مقادیر مربوط به سال‌های مختلف در طول دوره آماری دارای ضریب مثبت و نزدیک به یک می باشند که نشان دهنده ی این است که داده های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه ای می باشد. همچنین نتایج حاصل از مقادیر امتیاز استاندارد Z و مقدار P-Value، خوشه ای بودن توزیع فضایی خشکسالی را مورد تائید قرارداد.

کلیدواژگان: خشکسالی، آمار فضایی، آماره موران، پهنه بندی، ایران.

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم جغرافیایی، ۰۹۳۸۲۲۵۲۷۷۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

مقدمه

در طی چند دهه گذشته آسیب ها و اثرات اقتصادی بلایای جوی و اقلیمی بویژه خشکسالی در جهان و ایران با سرعت زیادی رو به افزایش بوده و همچنان ادامه دارد .دامنه این بلایا و ارتباط جهانی ما تا نقطه ای رشد کرده که در آن بلایا ممکن است پیامدهای منطقه ای، ملی و حتی پیامدهای جهانی داشته باشد. نتایج تحقیقات نشان می دهد که جوامع جهانی و ایران نسبت به قبل در برابر بلایای جوی و اقلیمی بویژه خشکسالی حساس تر شده اند .خشکسالی شبکه‌ی پیچیده‌ای از تأثیرات را ایجاد می‌کند که بخش‌های مختلفی از جامعه از جمله اقتصاد را تحت‌الشعاع خود قرار داده و می‌تواند به فراسوی مناطقی که خشکسالی را تجربه می‌کنند، سرایت کند. این‌ها پدیده‌های گسترده‌ای هستند ، زیرا حدود نیمی از سطح خشکسالی های زمین مستعد آنها می‌باشد. نکته‌ی مهم‌تر این است که تقریباً کل زمین‌های کشاورزی عمده در آنجا واقع شده‌اند .در میان کل مخاطرات طبیعی قرن بیستم، خشکسالی دارای بیشترین تأثیرات خسارت‌آور می‌باشد (بروس[1] ۱۹۹۴؛ اوباسی[2] ۱۹۹۴).

شناخت جنبه های مختلف تغییر پذیری خشکسالی از نیازهای علمی و عملی به ویژه در کشاورزی و دیگر بخش ها به شمار می آید. در جهان بکار گیری تحلیل های فضایی[3] بسرعت در حال رشد است و امروزه در سازمان های بین المللی و تحقیقاتی مرتبط با اقلیم شناسی توجه به تحلیل‌های فضایی یکی از ارکان سازمان شده است. در زمینه خشکسالی پژوهش‌های زیادی در جهان انجام شده است از جمله کلین[4] و همکاران (۲۰۰۷)، به بررسی لکه های خشک و مرطوب منطقه‌ی آند پرداختند. دیفنبوق[5] و همکاران (۲۰۰۸)، بررسی تغییرات آب‌وهوایی و نقاط داغ ایالات متحده‌ی آمریکا و چند سناریو از الگوی اقلیمی را برای شناسایی تغییرات آب وهوایی نقاط داغ در ایالات متحده‌ی آمریکا را بررسی کردند. اوهایون[6] (۲۰۱۱)، با استفاده از فراسنجهای اقلیمی متوسط درجه حرارت ماهانه و متوسط کمینه و بیشینهٔ دما در دورهٔ ۳۷ ساله ای در سرزمینهای فلسطین اشغالی، به مقایسه‌ی نتایج روشهای آمار فضایی و سنتی پرداخت. جیا[7] و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از روشهای آمار فضایی به ریزمقیاس نمایی الگوریتم بارش شبکهٔ TRMMبراساس شاخص NDVI و الگوی رقومی ارتفاع در حوضهٔ کادمیوم چین پرداختند. در این پژوهش، از شاخص موران جهانی برای تحلیل الگوی شاخص NDVI استفاده شد. چوبین و نی[8] (۲۰۱۱)، لکه های داغ جزایر حرارتی چین را بررسی کردند. آلرد و سابیرند (۲۰۱۲)، در پژوهشی در منطقه‌ی کولمر، واقع در شمال شرق فرانسه، برای داده های آب وهوایی و الگوهای پراکندگی اپیدمیولوژی گونه‌های گیاهی، از رویکرد کاربردی آمار فضایی بهره برده، مناطق حساس به تغییرات آب وهوایی را مشخص کردند. متکان و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی نقاط پر

1 Bruce
2 Obasi
3 Spatial analyst
4 Killeen
5 Diffenbaugh
6 Ohayon
7 Jia
8 Chao-being

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

تصادف در مناطق شهری با استفاده از آمار فضایی پرداختند. تعداد تصادفات سالیانه در ۲۵۳ منطقه ترافیکی شهر مشهد در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ جمع آوری و نتایج با استفاده از شاخص موران[1] و (Local Indicator of Spatial Association (LISA)) مورد بررسی قرار گرفت. بجت[2] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل فضایی روند دما در صربستان (۲۰۱۰-۱۹۶۱) پرداختند. در این پژوهش، از داده های متوسط ماهانهٔ دمای ۶۴ ایستگاه همدید استفاده شد و سپس روند دامنه‌های دما از روند خطی و همچنین روش کمترین مربعات معمولی به دست آمد. برای بررسی خودهمبستگی فضایی نیز از روش موران جهانی استفاده شد. در این رابطه در ایران نیز پژوهشهای بسیاری انجام شده از جمله عساکره و سیفی پور (۱۳۹۲)، که ساختار مکانی بارش سالانه ایران را با استفاده از توابع موران و انحراف فاصله استاندارد مورد بررسی قرار دادند. کرمی و داداشی رودباری (۱۳۹۳)، در پژوهشی به ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده از روش های نوین آمار فضایی پرداختند. در این پژوهش از روش‌های آمارفضایی مانند خودهمبستگی فضایی، شاخص موراٰن جهانی، شاخص انسلین محلی موران، تحلیل خوشه و ناخوشه و لکه داغ استفاده کردند. حکیم دوست و همکاران(۱۳۹۳)، پژوهش با استفاده از داده بارش ۲۲ ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی طی سالهای (۲۰۱۰-۱۹۹۸) اقدام به پهنه بندی خشکسالی با استفاده از روشهای زمین آمار گردید و همچنین جهت تحلیل فضایی خشکسالی از شاخص خود همبستگی فضایی استفاده گردید و اثرات آن بر الگوی فضایی مکان گزینی سکونتگاه های روستایی استان مازندران پرداخته شد. تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران در بازه زمانی ۱۹۸۲-۲۰۱۲ با استفاده از خودهمبستگی فضایی موران جهانی، شاخص انسلین محلی موران و لکه های داغ نشان دادکه پراکنش فضایی رطوبت در ایران دارای الگوی خوشه ای بالاست. (قالهری و همکاران، ۱۳۹۴). داداشی رودباری و فلاح قالهری(۱۳۹۴)، به واکاویی خودهمبستگی فضایی بارش فصلی ایران با استفاده از برونداد پایگاه داده بارش APHRODITE پرداختند. بررسیهای آماری نشان داد که فصل تابستان، بیشترین ضریب تغییرات بارش (۲۶۷/۵۰) ایران را دارا است که توسط شاخص های ضریب درجه اوج و گیتس اورد جی نیز تأییدشده است. خسروی و همکاران(۱۳۹۴)، در پژوهشی به بررسی خود همبستگی فضایی و شناسایی الگوی رفتاری مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از تکنیک تحلیل اکتشافی داده ها ی فضایی و آماره موران محلی پرداختند و تأثیرات این عنصر مهم اقلیمی را در کانون های جمعیتی مورد بحث قرار دادند. نتایج تحلیل خود همبستگی فضایی طی سه دهه گذشته (۱۹۸۱-۲۰۱۰) حاکی از تقویت خوشه های فشار بخار آب زیاد (بالا-بالا) و تضعیف خوشه هایی با مقادیر پایین(پایین-پایین) است. با توجه به اهمیت آمار فضایی، در مطالعه حاضر با استفاده ازروش های نوین آمار فضایی رفتار مکانی خشکسالی ها ارائه گردیده است.

1 Moran's Index

2 Bajat

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]

[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

روش تحقیق

برای مطالعه شرایط خشکسالی در ایران از بین ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی، ۸۴ ایستگاه با دوره آماری ۳۰ سال (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴) انتخاب شدند. حداقل دوره استاندارد برای شناسایی شرایط خشکسالی ۳۰ سال می باشد. ویژگی این ایستگاه‌ها در جدول(۱) و پراکندگی آن‌ها در شکل(۱) نشان داده شده است. برای مطالعه خشکسالی از بین شاخص های متداول از شاخص بارش استاندارد شده که توسط مک کی[1] تعریف شده است استفاده گردید. این شاخص اولاً با هر نوع مقیاس زمانی مطابقت دارد و ثانیاً کاربردی ترین و مناسب ترین شاخص برای شناخت خشکسالی ها در اکثر زمینه ها مانند هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژی و رطوبت خاک می باشد.

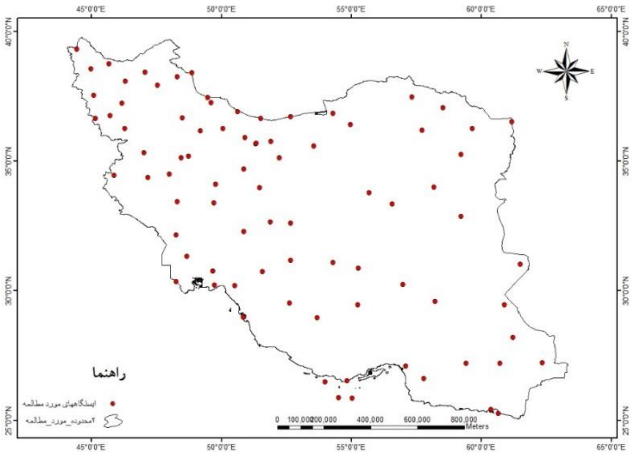
جدول(۱). ویژگی های ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
اراک	۳۴.۳۶	۴۹.۴۶	جزیره ابوموسی	۲۵.۵	۵۴.۵	شرق اصفهان	۳۲.۴	۵۱.۵۲
اردبیل	۳۸.۱۵	۴۸.۱۷	جزیره سیری	۲۵.۵۳	۵۴.۲۹	شهرکرد	۳۲.۱۷	۵۰.۵۱
ارومیه	۳۷.۴	۴۵.۳	جزیره کیش	۲۶.۳	۵۳.۵۹	شیراز	۲۹.۳۲	۵۲.۳۶
اصفهان	۳۲.۳۷	۵۱.۴	جلفا	۳۸.۴۵	۴۵.۴	طبس	۳۳.۳۶	۵۶.۵۵
الیگودرز	۳۳.۲۴	۴۹.۴۲	چابهار	۲۵.۱۷	۶۰.۳۷	فردوس	۳۴.۱	۵۸.۱
امیدیه آغاجاری	۳۰.۴۶	۴۹.۴	خاش	۲۸.۱۳	۶۱.۱۲	فسا	۲۸.۵۸	۵۳.۴۱
امیدیه پایگاه	۳۰.۴۶	۴۹.۳۹	خرم آباد	۳۳.۲۶	۴۸.۱۷	قزوین	۳۶.۱۵	۵۰.۳
انار	۳۰.۵۳	۵۵.۱۵	خرم دره	۳۶.۱۱	۴۹.۱۱	قم	۳۴.۴۲	۵۰.۵۱
اهر	۳۸.۲۶	۴۷.۴	خورو بیابانک	۳۳.۴۷	۵۵.۵	قوچان	۳۷.۴	۵۸.۳
اهواز	۳۱.۲	۴۸.۲	خوی	۳۸.۳۳	۴۴.۵۸	کاشان	۳۳.۵۹	۵۱.۲۷
ایرانشهر	۲۷.۱۲	۶۰.۴۲	دزفول	۳۲.۴۲	۴۸.۲۳	کرج	۳۵.۵۵	۵۰.۵۴
آبادان	۳۰.۲۲	۴۸.۱۵	دوشان تپه	۳۵.۴۲	۵۱.۲	کرمان	۳۰.۱۵	۵۶.۵۸
آباده	۳۱.۱۱	۵۲.۴	دوگنبدان	۳۰.۲	۵۰.۴۹	کرمانشاه	۳۴.۲۱	۴۷.۹
آبعلی	۳۵.۴۵	۵۱.۵۳	رامسر	۳۶.۵۴	۵۰.۴	کنارک چابهار	۲۵.۲۶	۶۰.۲۲
آستارا	۳۸.۲۲	۴۸.۵۱	رشت	۳۷.۱۹	۴۹.۳۷	کنگاور	۳۴.۳	۴۷.۵۹
بابلسر	۳۶.۴۳	۵۲.۳۹	زابل	۳۱.۲	۶۱.۲۹	گرگان	۳۶.۵۴	۵۴.۲۴
بجنورد	۳۷.۲۸	۵۷.۱۶	زاهدان	۲۹.۲۸	۶۰.۵۳	گرمسار	۳۵.۱۴	۵۲.۲۱
بم	۲۹.۶	۵۸.۲۱	زنجان	۳۶.۴۱	۴۸.۲۹	ماکو	۳۹.۲	۴۴.۲۶
بندر انزلی	۳۷.۲۹	۴۹.۲۷	سبزوار	۳۶.۱۲	۵۷.۳۹	مراغه	۳۷.۲۴	۴۶.۱۶
بندرعباس	۲۷.۱۳	۵۶.۲۲	سراب	۳۷.۵۶	۴۷.۳۲	مشهد	۳۶.۱۶	۵۹.۳۸

[1] Mckee

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

بندرلنگه	۲۶.۳۲	۵۴.۵	سراوان	۲۷.۲	۶۲.۲	مهاباد	۳۶.۴۵	۴۵.۴۳
بوشهر ساحلی	۲۸.۵۴	۵۰.۴۹	سرپل ذهاب	۳۴.۲۷	۴۵.۵۲	میناب	۲۷.۶	۵۷.۵
بیرجند	۳۲.۵۲	۵۹.۱۲	سرخس	۳۶.۳۲	۶۱.۱	نوشهر	۳۶.۳۹	۵۱.۳
پیرانشهر	۳۶.۴	۴۵.۸	سقز	۳۶.۱۵	۴۶.۱۶	همدان	۳۴.۵۲	۴۸.۳۲
تبریز	۳۵.۵	۴۶.۱۷	سمنان	۳۵.۳۵	۵۳.۲۵	همدان-نوژه	۳۵.۱۲	۴۸.۴۳
تربت حیدریه	۳۵.۱۶	۵۹.۱۳	سنندج	۳۵.۲	۴۷	هندیجان	۳۰.۲۳	۴۹.۷۱
تهران	۳۵.۴۱	۵۱.۱۹	سیرجان	۲۹.۲۸	۵۵.۴۱	یاسوج	۳۰.۴۱	۵۱.۳۳
جاسک	۲۵.۳۸	۵۷.۴۶	شاهرود	۳۶.۲۵	۵۴.۵۷	یزد	۳۱.۵۴	۵۴.۱۷



شکل(۱). موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه

در این پژوهش ابتدا با استفاده از داده های ایستگاه های زمینی متعلق به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو و با استفاده از شاخص رایج و کاربردی SPI خشکسالی های وسیع و فراگیر در محدوده کشور ایران شناسایی خواهد شد. پس از استخراج داده های حاصل از شاخص SPI برای درک بهتر اقدام به درون یابی می شود و بهترین مدل درون یابی فضایی برای تهیه نقشه های اقلیمی و خشکسالی انتخاب می شود. به منظور ارزیابی روش های مختلف درون یابی چندین روش درون یابی فضایی از قبیل کریجینگ عمومی،کوکریجینگ، فاصله معکوس وزن دار (IDW)،چند جمله ای محلی ،اسپلاین کاملا منظم ،اسپلاین با کششو اسپلاین صفحه نازک به کار برده خواهد شد و به منظور مقایسه روش های درون یابی از روش ارزیابی متقاطع و همچنین محاسبه معیار های خطا گیری RMSE،MSE،MBA و شاخص G٪ استفاده خواهد شد. سپس به تحلیل فضایی خشکسالی ها با استفاده از آماره موران پرداخته می شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

شاخص استاندارد شده بارش[1]

SPI نمایه ای است که بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و با هر مقیاس دارد و برای مقیاس های زمانی مختلف قابل محاسبه است و می تواند هشدار اولیه جهت پایش خشکسالی و کمک به ارزیابی شدت آن باشد.

این روش به وسیله مک کی، دوئه سکن، جان کلئست اعضای مرکز اقلیمی کلرادو در سال ۱۹۹۳ با توجه به بررسی تاثیرات متفاوت کمبود بارش بروی آب های زیرزمینی، ذخائر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، و جریان آبراهه ارائه شده است.

شاخص SPI از رابطه (۱) به دست می آید : (مک کی[2] و همکاران، ۱۹۹۳)

$$SPI = \frac{Pi - \bar{P}}{S}$$

رابطه (۱)

Pi مقدار بارش در دوره مورد نظر

P میانگین دراز مدت بارش برای دوره مورد نظر

S انحراف معیار مقدار بارش

مقادیر شاخص SPI که بدین گونه از داده های بلند مدت بارش برای یک دوره زمانی مورد نظر به دست می آید از یک توزیع نرمال تبعیت می کند که دارای میانگین صفر و انحراف از معیار یک است. این مسئله موجب می شود که بتوان اقلیم های مرطوب و خشک را به یک روش بررسی نمود.

جهت محاسبه این نمایه از توزیع گاما برای برازش داده های بلند مدت بارش استفاده می شود که پس از انجام محاسبه های لازم و تعیین پارامتر های مربوط نمایه SPI محاسبه می گردد. همچنانکه بیان شد محاسبه SPI شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک ایستگاه معین می باشد. احتمالات تجمعی گاما از رابطه(۲) به دست می آید:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^{X}\Gamma(\alpha)} \int_{1}^{x} x^{\alpha-1} {}_{\varepsilon}^{\frac{-x}{\beta}}$$

رابطه (۲)

که در این معادله و مقدار بهینه، (پارامتر شکل) و (پارامتر مقیاس)، X مقدار بارندگی و تابع گاما می باشد. پارامترهای توزیع چگالی احتمال گاما از داده های نمونه با روش درست نمایی حداکثر برای هر ایستگاه و برای مقیاس زمانی انتخابی و بر هر ماه از سال بر آورد می شود .

نمایه استاندارد شده بارش، یک ابزار قوی در آنالیز داده های بارندگی می باشد. هدفSPI اختصاص ارزش عددی به بارندگی می باشد که بتوان نواحی با آب و هوای کاملاً متفاوت را باهم مقایسه نمود. به عنوان مثال آن چه که در نواحی حاره ای خشکسالی ایجاد می کند، همان مقدار بارندگی می باشد که بعنوان بارش سنگینی در نواحی بیابانی مورد توجه قرار می گیرد.

در این طبقه بندی، خشکسالی برای یک دوره زمانی وقتی ظاهر می شود که نمایه SPI مقدار کمتر از ۱- به خود می گیرد. پایان دوره خشکسالی را زمانی می توان اعلام کرد که مقدار مثبت را نشان دهد. بر اساس روش

[1] Standard Precipitation Index

[2] Mckee

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]

[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

محاسبه ذکر شده طبقه بندی نمایه SPI وضعیت منطقه مورد مطالعه را از نظر وقوع خشکسالی و روند آن می توان مورد بررسی قرار داد.

SPI به دو صورت کوتاه مدت (۱،۳،۶،و ۹ ماهه) و به صورت بلند مدت (۴۸،۲۴،۱۲،و ۷۲ ماهه) محاسبه شده و در هر مقیاس زمانی SPI بارندگی همان دوره خاص را با بارندگی همان دوره برای همه سالهایی که اطلاعات برای آن ثبت شده، فراهم می آورد. جدول(۲) طبقه بندی خشکسالی را بر اساس SPI نشان میدهد.

طبیعتاًSPI بیانگر یک نمره Z یا عددی با انحراف معیار بالاتر یا پایین تر از میانگین یک رویداد می باشد. هر چند برای مقیاس های زمانی کوتاه، تا زمانی که توزیع بارش اصلی چولگی دارد، نمی تواند کاملاً صحیح باشد. شاخص SPI موقعیت مکانی ایستگاه را بصورت نرمال نشان می‌دهد، چرا که توزیع فراوانی بارش را توام با تغییرات و پراکنش آن در ایستگاه برآورد می کند. علاوه بر این SPI در مقیاس زمانی نیز به صورت نرمال بدست می آید، زیرا می تواند در هر مقیاس زمانی بسته به نقطه نظر تحلیل گر محاسبه شود. بنابراین از آنجائیکه شاخص SPI محدودیت مقیاس زمانی با موقعیت مکانی ندارد، احتمال تجمعی را در رابطه با دوره پایه ای که پارامتر های توزیع برای آن برآورد شده اند تخمین می زند.

جدول(۲). طبقه بندی خشکسالی بر اساس شاخص SPI (مک کی، ۱۹۹۰)

درجه خشکسالی	ارزش SPI
خشکسالی ملایم	۰/۹۹ – تا ۰
خشکسالی متوسط	۱/۴۹ – تا ۱ -
خشکسالی شدید	۱/۹۹ – تا ۱/۵۰ -
خشکسالی حاد	-۲/۰

آماره I موران

این آماره که با عنوان "خودهمبستگی فضایی"[۱] نیز معروف است، یکی از کاربردی‌ترین ابزارهای تحلیلی داده-های فضایی است. با استفاده از این آماره می‌توان درجه پرگی یا متمرکز بودن عوارض یا داده‌های فضایی را در فضا اندازه‌گیری کرد (میشل[۲]، ۲۰۰۵ ؛ ایلان[۳] و همکاران، ۲۰۰۸). لی[۴] (۲۰۰۰)، معتقد است که در طبقه‌بندی الگوهای فضایی، خواه خوشه‌ای باشد یا پراکنده و تصادفی، می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب قرارگیری واحدهای ناحیه‌ای متمرکز شده و مشابهت و عدم مشابهت هر جفت از واحدهای ناحیه‌ای مجاور را اندازه گرفت. وقتی که این مشابهت و عدم مشابهت‌ها برای الگوهای فضایی خلاصه شوند، نوعی خود همبستگی فضایی شکل می‌گیرد.

خود همبستگی فضایی ابزاری ارزشمند در مطالعاتی است که چگونگی تغییر الگوهای فضایی را در طول زمان مد نظر قرار می‌دهند. برخلاف سایر آماره‌های فضایی، آماره تحلیل خودهمبستگی را می‌توان در مواقعی به کار

۱ Spatial Dependency
۲ Michel
۳ Ilan
۴ Lee

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

برد که هدف، بررسی الگوی یک عارضه با در نظر گرفتن مقادیر یک ویژگی خاص باشد. خودهمبستگی فضایی به رابطه بین مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خودهمبستگی وقتی قوی معرفی می‌شود که الف) مقادیر یک متغیر که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک هستند با هم مرتبط باشند و ب) مقادیر باقیمانده کاملا با هم در ارتباط باشند.

فرضیاتی که در ارتباط با آماره I موران به‌کار می‌روند عبارتند از:

- فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر خصیصه مورد مطالعه برای عوارض وجود ندارد.
- فرضیه مقابل (H_1): الگوی فضایی در مقادیر خصیصه مورد مطالعه برای عوارض وجود دارد.

مقدار I موران از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{m\sum_i^m \sum_j^m \omega_{ij}(y_i-\bar{y})(y_j-\bar{y})}{\left(\sum_i^m \sum_j^m \omega_{ij}\right)\sum_i^m (y_i-\bar{y})^2}$$ رابطه (۳)

در رابطه (۳) $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در منطقه مورد مطالعه، y_i و y_j به‌ترتیب مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر در منطقه i و j است و $\bar{y}$ میانگین مقادیر مشاهده شده می‌باشد.

متغیر ω_{ij} مشابه با یک ضریب همبستگی تفسیر می‌شود. مقادیر نزدیک ۱+ نشان‌دهنده یک الگوی فضایی قوی هستند. به عبارت دیگر مقادیر بالا تمایل دارند که نزدیک به یکدیگر واقع شوند و مقادیر پایین هم تمایل دارند نزدیک به یکدیگر قرار گیرند. مقادیر ۱- نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی منفی قوی هستند. البته الگوهای فضایی با خودهمبستگی منفی بسیار نادر می‌باشند. سرانجام، مقادیر نزدیک صفر نشان دهنده عدم وجود الگوی فضایی می‌باشندکه باید به خاطر داشت دامنه تغییرات آماره I موران دقیقاً متناسب با [۱، ۱] نیست و با ضریب همبستگی معمولی متفاوت است.

علاوه بر این تفسیر توصیفی، یک چارچوب آماری نیز وجود دارد که امکان تشخیص انحراف معنادار از الگوی تصادفی را به وجود آورده است. در یک آزمون تقریبی می‌توان فرض کرد که وقتی تعداد پهنه‌ها (n) به اندازه کافی بزرگ باشد (بزرگتر از حدود ۲۰ یا ۳۰)، I دارای یک توزیع نرمال با میانگین و واریانس در رابطه (۴) است:

$$Z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$ رابطه (۴)

$$E[I] = \frac{-1}{m-1}$$

$$V[I] = \frac{m^2(m-1)S_1 - m(m-1)S_2 + 2(m-2)S_0^2}{(m+1)(m-1)^2 S_0^2}$$

که در این جا:

$$S_0 = \sum_i^m \sum_{j\neq 1}^m \omega_{ij}$$

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

$$S_1 = 0/5\sum_{i}^{m}\sum_{j\neq 1}^{m}\left(\omega_{ij}+\omega_{ji}\right)^2$$

$$S_2 = \sum_{k}^{m}\left(\sum_{j}^{m}\omega_{kj}+\sum_{i}^{m}\omega_{ik}\right)^2$$

همچنین مقدار $V(I)$ را از رابطه(۵) می‌توان محاسبه کرد:

$$V[I]=E\left[I^2\right]-\left(E(I)\right)^2$$ رابطه(۵)

حال زمانی که مقدار $P-Value$ بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدرمطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده‌ی اطمینان قرار گیرد)، می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. روابط اشاره شده در بالا که مربوط به واریانس می‌باشند (روابط ۲-۲۰ و ۲-۲۱) با فرض نرمال بودن داده‌ها نگاشته شده‌اند. روابط واریانسی مربوط به فرضیه تصادفی‌سازی فضایی از لحاظ جبری پیچیده هستند و مقادیری به‌دست می‌دهند که فقط کمی با هم تفاوت دارند (گریفث[1]، ۱۹۷۸). برای حالت پیوستگی دودوئی در یک شبکه مربعی که در آن مجاورت به شکل "رُخ مانند" تعریف می‌شود، (یعنی برای ۴ منطقه مجاور که یک ضلع مشترک دارند، وزن‌ها مساوی با ۱ هستند و برای همه مناطق دیگر، وزن‌ها مساوی با صفر می‌باشند، عبارت واریانس ممکن است از طریق $1/(2m)$ برآورد شود. برای حالت یک شبکه ۶ ضلعی، با یک پیکربندی منطقه‌ای، واریانس ممکن است از طریق $1/(3m)$ برآورد شود.

آماره موران محلی[2]

آماره موران محلی (یا آماره آنسلین) در تعیین وجود یا عدم وجود خودهمبستگی فضایی محلی در اطراف یک پهنه مشخص $(i=1,\dots,m)$ به کار می‌رود. این آماره به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود:

$$I_i=\frac{m\left(y_j-\bar{y}\right)}{\sum_j\left(y_j-\bar{y}\right)^2}\sum_j\omega_{ij}\left(y_j-\bar{y}\right)$$ رابطه (۶)

در رابطه (۶) $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد، y_i و y_j به ترتیب مقادیر مشاهده شده متغیر مورد نظر در پهنه‌های i و j می‌باشند و $\bar{y}$ نیز میانگین مقادیر مشاهده شده است. مقدار آماره موران عمومی معادل با مجموع مقادیر آماره موران محلی ضربدر حاصل‌جمع ω_{ij} است:

$$I=\sum_i\sum_j\omega_{ij}\sum_i I_i$$ رابطه(۷)

آنسلین[3] (۱۹۹۵)، مقدار پیش بینی شده و واریانس I_i را به شکل رابطه(۸) ارائه می‌دهد:

$$E\left[I_i\right]=-\frac{\omega_i}{m-1}$$ رابطه (۸)

$$V\left[I_i\right]=\omega_{i(2)}\left(m-b_2\right)/\left(m-1\right)+2\omega_{i(kh)}\left(2b_2-m\right)/\left(m-1\right)\left(m-2\right)-\omega_i^2/\left(m-1\right)^2$$

[1] Griffith
[2] Local Moran Statistic
[3] Anselin

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

که در اینجا:

$$\omega_i = \sum_j \omega_{ij}$$

$$\omega_{i(2)} = \sum_{j \neq i} \omega_{ij}^2$$

$$\omega_{i(kh)} = \sum_{k \neq i} \sum_{h \neq i} \omega_{ik}\, \omega_{ih}$$

و

$$b_2 = m \sum_i (y_i - \bar{y})^4 / \left\{ \sum_i (y_i - \bar{y})^2 \right\}^2$$

آماره I موران محلی با عنوان "شاخص خوشه و ناخوشه محلی" نیز معروف است. در صورتی‌که تعدادی عارضه وزن‌دهی شده موجود باشد، با استفاده از این شاخص می‌توان نشان داد که در چه مکان‌هایی مقادیر زیاد و یا کم این پدیده‌ها در فضا به طور خوشه‌ای توزیع شده‌اند و همچنین کدام عوارض دارای مقادیری بسیار متفاوت از عوارض پیرامونشان هستند (آنسلین،۱۹۸۸).

با استفاده از آماره I موران محلی (آنسلین محلی)، علاوه بر مشخص کردن وجود یا عدم وجود خوشه‌بندی، می‌توان دو نوع خوشه‌بندی محلی مختلف را نیز از هم تفکیک کرد. در شکل (۲) و (۳) نمودار معروف به "آنسلین" نشان داده شده است. محور افقی در این نمودار نشان دهنده تغییرات آماره I موران محلی و محور عمودی مقدار عارضه مورد نظر می‌باشد. مقادیر مثبت I موران محلی، نشاندهنده وجود خوشه‌بندی محلی و مقادیر منفی این آماره، نشاندهنده عدم وجود خوشه (وجود ناخوشه۱) در داده‌ها می‌باشد. مطابق با این نمودار ناحیه‌ای که در آن x وy هر دو مثبت هستند نشان‌دهنده خوشه‌بندی بالا-بالا۲ (HH) می‌باشد. در این حالت اگر دو پیکسل (یا دو عارضه مجاور) انتخاب شوند، هر دو آن‌ها دارای مقدار بالا هستند و همچنین از اطراف نیز توسط عوارضی محاصره شده‌اند که دارای مقدار بالای آن خصیصه می‌باشند. از طرف دیگر ناحیه‌ای که در آن x و y هر دو منفی هستند نشان‌دهنده خوشه‌بندی پایین-پایین۳ (LL) می‌باشد. ناحیه‌ای که درآن x با مقادیر منفی و y با مقادیر مثبت نشان داده شده است (ناحیه LH)، یک ناخوشه وجود دارد و یک مقدار با ارزش کم توسط مقادیر با ارزش بالا محاصره شده‌اند. در نهایت ناحیه‌ای که درآن x با مقادیر مثبت و y نیز با مقادیر منفی نشان داده شده (ناحیهHL) نیز یک ناخوشه وجود دارد. در این حالت یک مقدار با ارزش زیاد توسط مقادیر با ارزش کم محاصره شده است (آنسلین ۱۹۹۵).

نتایج

برای بررسی خشکسالی در ایران ابتدا خشکسالی را با روش SPI استخراج و سپس به تحلیل فضایی خشکسالی می پردازیم. یکی از شاخصهای تحلیل های فضایی شاخص موران است، این شاخص بر دو اصـول مهم متکی

۱ Outlier
۲ High-High Clustering
۳ Low-Low Clustering

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

است، یکی دارای یک توزیع مشخصی از شاخص ها است و هم بـر ارزشهـا ی همـسایگی متکی است . یکی از نقاط ضعف این تحلیل این است که نمیتواند به شناسـایی انـواع گونـاگونی از طبقـه بنـد ی الگوهـا ی فضایی بپردازد . برای خوشه بندی فضایی خشکسالی با استفاده از نرم افزار ArcGIS10.5 و با ابزار موجـود Spatial Statistics Tools کـه بـسیار منعطـف اسـت استفاده شد.

تحلیل فضایی خشکسالی ملایم ۳ ماهه در ایران

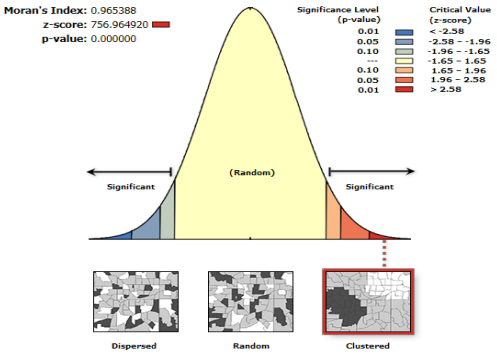
در تحلیل خشکسالی ملایم با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۶۵ به دست آمده است. از آن جا که عدد به دست آمده نزدیک به عدد مثبت یک است بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

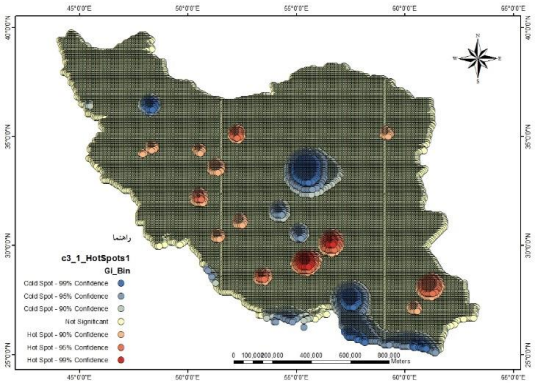
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم در شکل(۲) نشان داده شده است.

نتایج بدست آمده از شکل(۳) تهیه شده به کمک آماره‌ی موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم نشان می‌دهد که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد در قسمتهایی از مناطق مرکزی، جنوبی و شمال غربی کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمتهایی مناطق جنوبی مشاهده می‌شود.



شکل (۲). الگوی خوشه‌ای خشکسالی ملایم



شکل (۳). خوشه‌های خشکسالی ملایم

تحلیل فضایی خشکسالی متوسط ۳ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی متوسط با آماره موران مقدار شاخص ۱ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

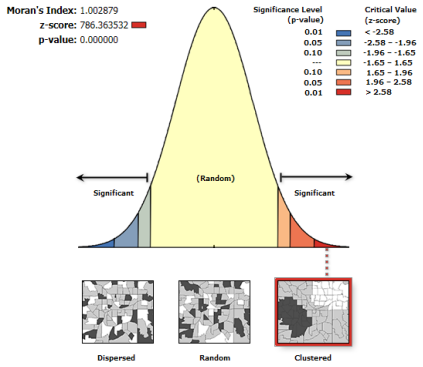
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

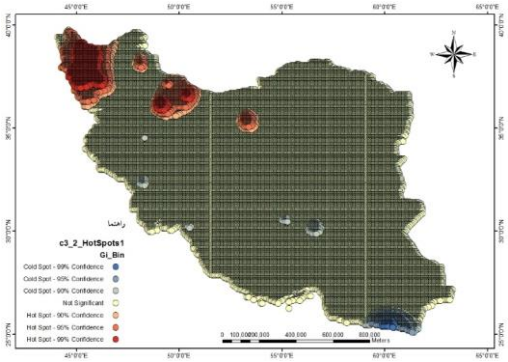
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط در اشکال (۴) و (۵) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد در قسمتهایی از مناطق جنوبی کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌های مناطق شمالی و شمال غربی مشاهده می‌شود.



شکل (۴ الف) الگوی خوشه‌ای خشکسالی متوسط



شکل (۵) خوشه‌های خشکسالی متوسط

Moran's Index:	1.002879
Expected Index:	-0.000022
Variance:	0.000002
z-score:	786.363532
p-value:	0.000000

شکل (۴ ب)

تحلیل فضایی خشکسالی شدید۳ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی شدید با آماره موران مقدار شاخص ۱ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

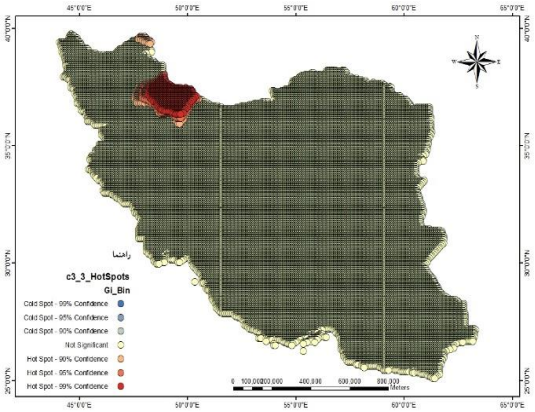
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید در شکل(۶) نشان داده شده است.

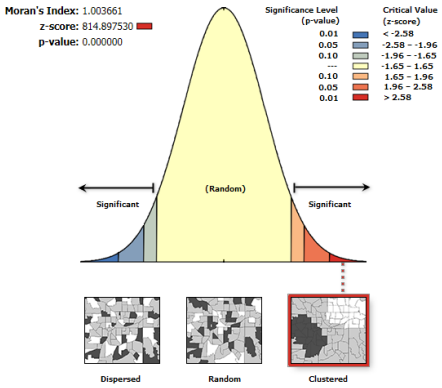
مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق شمالی کشور

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل(۷) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ قسمتی از کشور مشاهده نمی‌شود.



شکل (۷) خوشه‌های خشکسالی شدید



شکل (۶) الگوی خوشه‌ای خشکسالی شدید

تحلیل فضایی خشکسالی بسیار شدید۳ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی بسیار شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۲۸ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

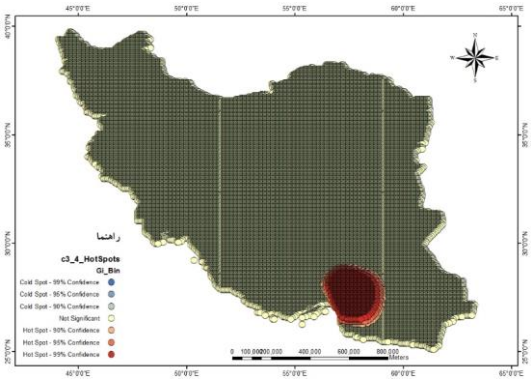
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

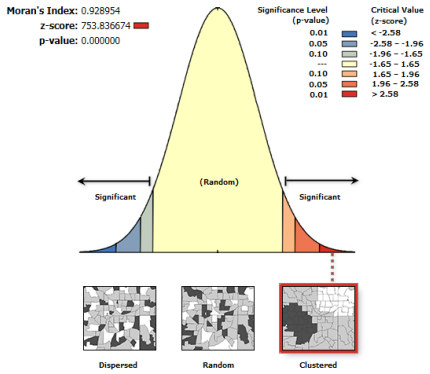
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید در شکل(۸) زیر نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمت‌هایی از مناطق جنوبی کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل(۹) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ قسمتی از کشور مشاهده نمی‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]



شکل(۹) خوشه‌های خشکسالی بسیار شدید



شکل (۸) الگوی خوشه‌ای خشکسالی بسیار شدید

تحلیل فضایی خشکسالی ملایم ۶ ماهه در ایران

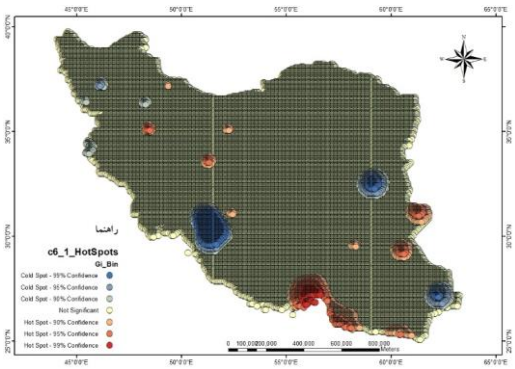
در تحلیل خشکسالی ملایم با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۲۵ به دست آمده است. از آن جا که عدد به دست آمده نزدیک به عدد مثبت یک است بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

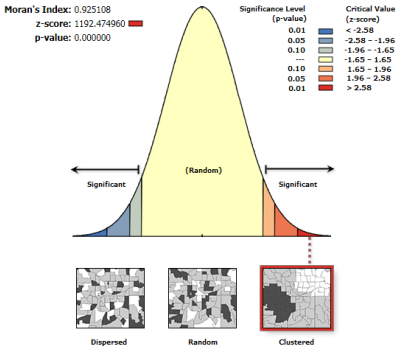
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از مناطق شرقی، جنوب شرقی و غرب کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌هایی از مناطق جنوبی مشاهده می‌شود شکل(۱۱).



شکل(۱۱)



شکل (۱۰الف)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

Moran's Index:	0.925108
Expected Index:	-0.000022
Variance:	0.000001
z-score:	1192.474960
p-value:	0.000000

شکل (۱۰ ب)

تحلیل فضایی خشکسالی متوسط ۶ ماهه در ایران

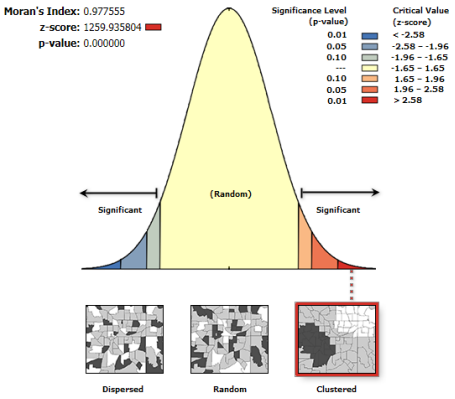
در تحلیل خشکسالی متوسط با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۷۷ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

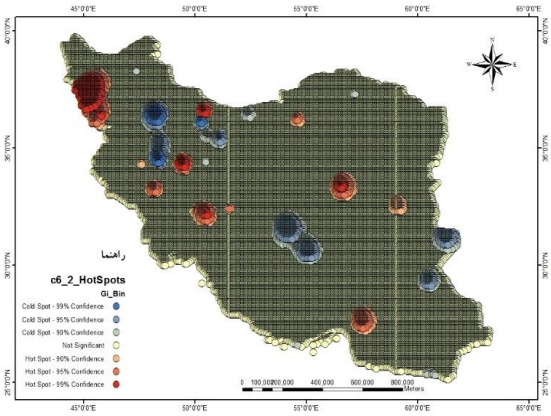
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط در شکل (۱۲) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۵ درصد به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از مناطق شمال، شمال غربی، مرکزی و شرق کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌هایی مناطق شمالی، شمال غربی، مرکز، غرب و جنوب مشاهده می‌شود شکل (۱۳).



شکل (۱۲)



شکل (۱۳)

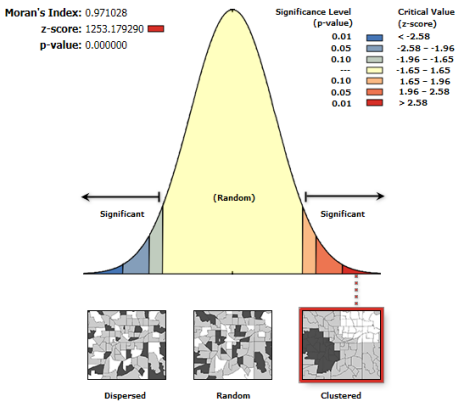
تحلیل فضایی خشکسالی شدید۶ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۷۱ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خود همبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

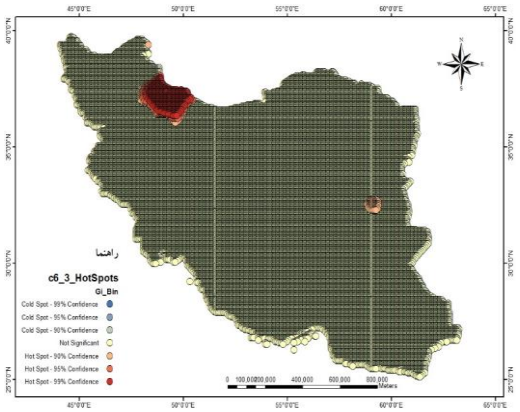
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید در شکل (۱۴) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق شمالی کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.



شکل (۱۴)



شکل (۱۵)

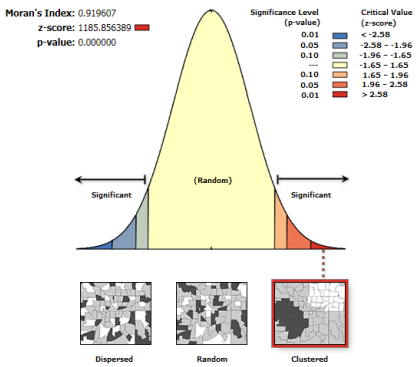
تحلیل فضایی خشکسالی بسیار شدید ۶ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی بسیار شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۱۹ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

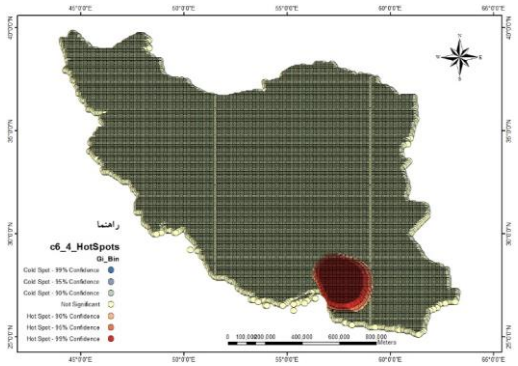
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید در شکل (۱۶) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق جنوبی کشور مشاهده می‌شود. همان طور که در شکل (۱۷) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]



شکل (۱۶)



شکل (۱۷)

تحلیل فضایی خشکسالی ملایم ۱۲ ماهه در ایران

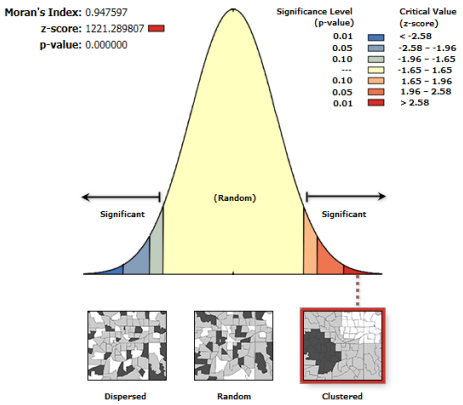
در تحلیل خشکسالی ملایم با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۴۷ به دست آمده است. از آن جا که عدد به دست آمده نزدیک به عدد مثبت یک است بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

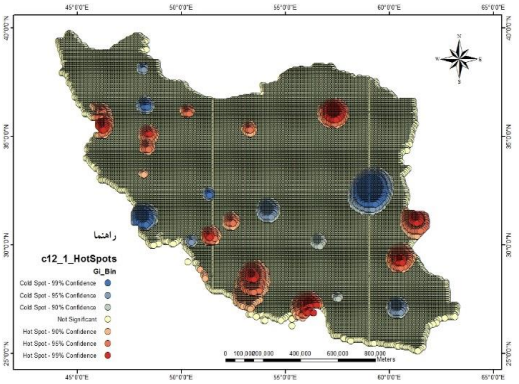
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم در شکل (۱۸) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۵ درصد به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از مناطق شرقی، غربی، مرکز و جنوب شرقی کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌های مناطق شمالی، شمال شرقی، غربی، جنوبی، جنوب غربی و شرقی مشاهده می‌شود شکل (۱۹).



شکل (۱۸)



شکل (۱۹)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

تحلیل فضایی خشکسالی متوسط ۱۲ ماهه در ایران

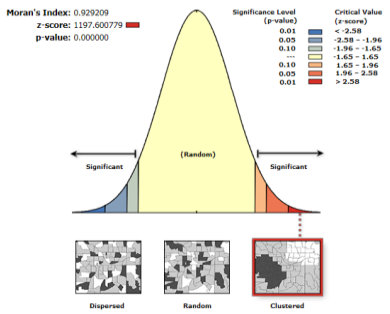
در تحلیل خشکسالی متوسط با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۲۹ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

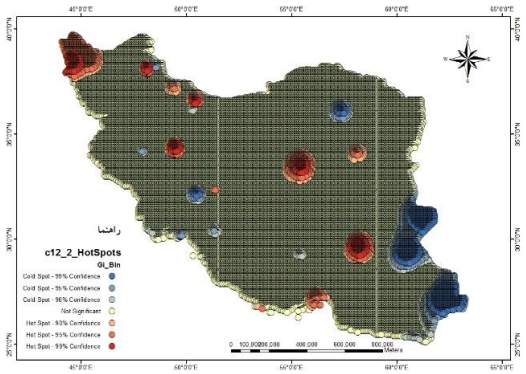
فرضه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط در شکل (۲۰) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد در قسمتهایی از مناطق جنوب شرقی، شرق، شمال شرقی و غرب کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌هایی از مناطق شمالی، شمال غربی، مرکزی و شرق مشاهده می‌شود شکل (۲۱).



شکل (۲۰ الف)



شکل (۲۱)

Moran's Index:	0.929209
Expected Index:	-0.000022
Variance:	0.000001
z-score:	1197.600779
p-value:	0.000000

شکل (۲۰ ب)

تحلیل فضایی خشکسالی شدید۱۲ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۵۶ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

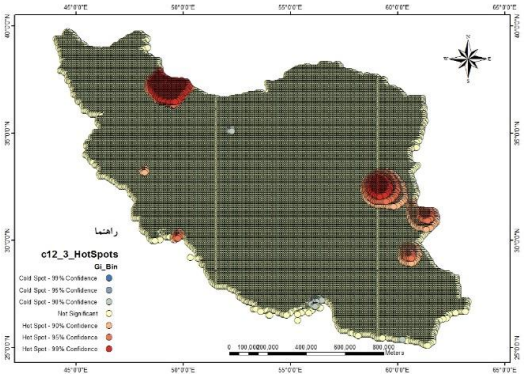
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

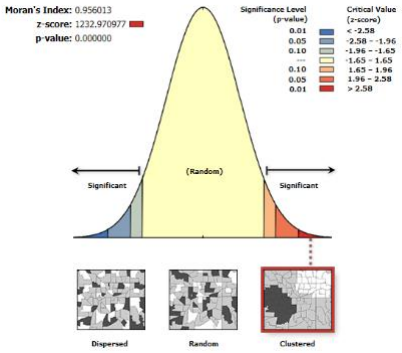
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید در شکل (۲۲) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق شمالی و شرقی کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۲۳) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.



شکل (۲۳)



شکل (۲۲)

تحلیل فضایی خشکسالی بسیار شدید ۱۲ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی بسیار شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۲۲ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

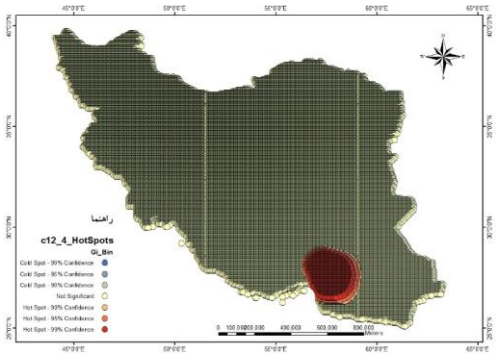
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

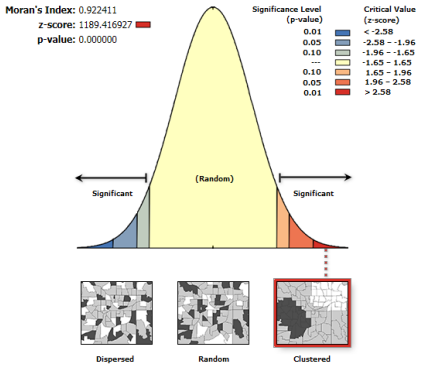
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید در شکل (۲۴) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق جنوبی کشور مشاهده می‌شود. همان طور که در شکل (۲۵) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]



شکل (۲۵)



شکل (۲۴)

تحلیل فضایی خشکسالی ملایم ۲۴ ماهه در ایران

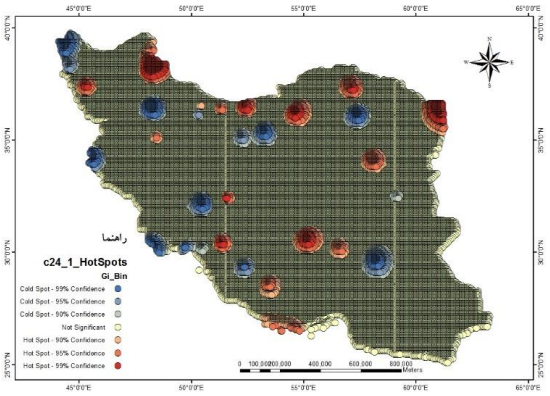
در تحلیل خشکسالی ملایم با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۴۷ به دست آمده است. از آن جا که عدد به دست آمده نزدیک به عدد مثبت یک است بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

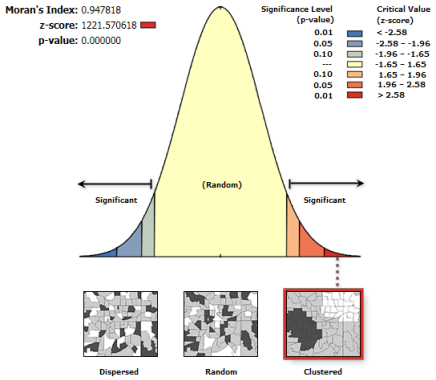
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم در شکل (۲۶) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد به صورت بسیار پراکنده در قسمتهایی از مناطق شمال شرقی، شمال غربی، شمال، غرب و شرق کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمتهایی از مناطق شمالی، شمال شرقی، شمال غربی، مرکز و غرب مشاهده می‌شود شکل (۲۷).



شکل (۲۷)



شکل (۲۶)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

تحلیل فضایی خشکسالی متوسط ۲۴ ماهه در ایران

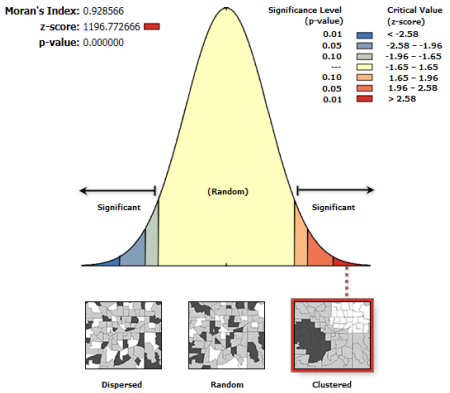
در تحلیل خشکسالی متوسط با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۲۸ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

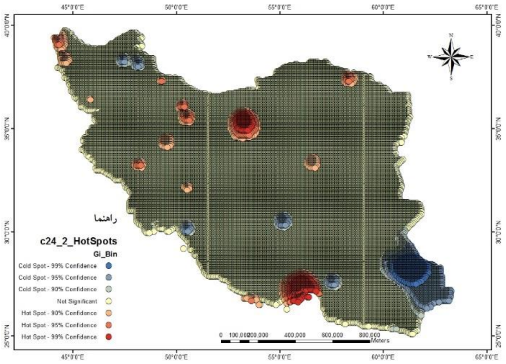
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط در شکل (۲۸) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد در قسمتهایی از مناطق جنوب شرقی کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمتهایی مناطق شمالی و جنوبی مشاهده می‌شود شکل (۲۹).



شکل (۲۸)



شکل (۲۹)

تحلیل فضایی خشکسالی شدید ۲۴ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۵۱ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

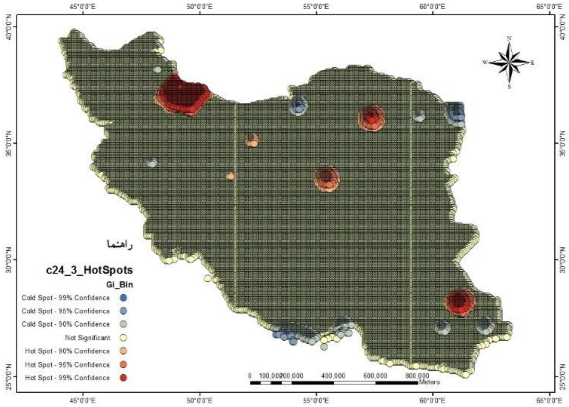
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

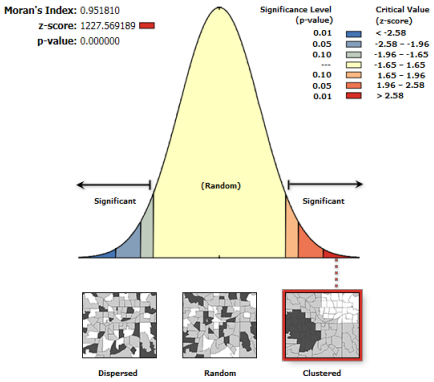
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید در شکل (۳۰) نشان داده شده است. مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

شمالی و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۳۱) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور با احتمال ۹۹ درصد مشاهده نمی‌شود.



شکل (۳۱)



شکل (۳۰)

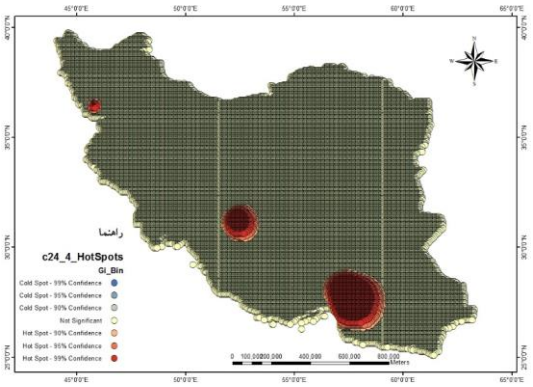
تحلیل فضایی خشکسالی بسیار شدید ۲۴ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی بسیار شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۳۳ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

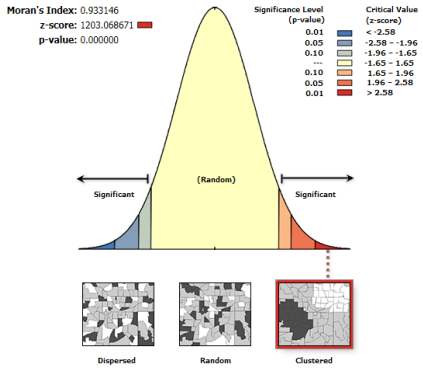
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید در شکل (۳۲) نشان داده شده است. مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق جنوبی، شمال‌غربی و مرکز کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۳۳) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.



شکل (۳۳)



شکل (۳۲)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

تحلیل فضایی خشکسالی ملایم ۴۸ ماهه در ایران

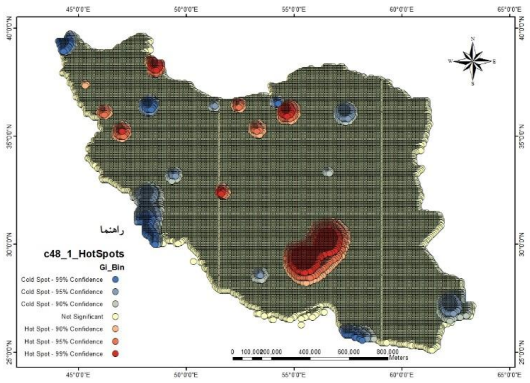
در تحلیل خشکسالی ملایم با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۳۹ به دست آمده است. از آن جا که عدد به دست آمده نزدیک به عدد مثبت یک است بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

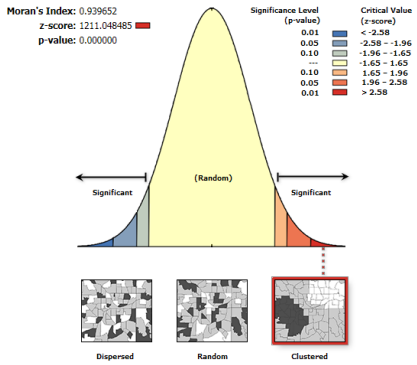
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم در شکل (۳۴) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی ملایم این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۹ درصد به صورت بسیار پراکنده در قسمتهایی از مناطق شمال غربی، شمال ، غرب و جنوب کشور و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمتهایی از مناطق شمالی، شمال غربی و مرکز مشاهده می‌شود شکل (۳۵).



شکل (۳۵)



شکل (۳۴)

تحلیل فضایی خشکسالی متوسط ۴۸ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی متوسط با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۴۳ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

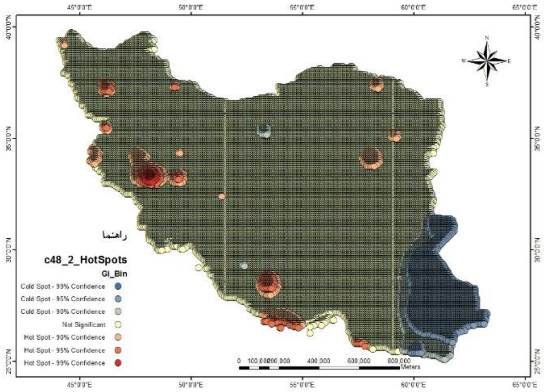
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

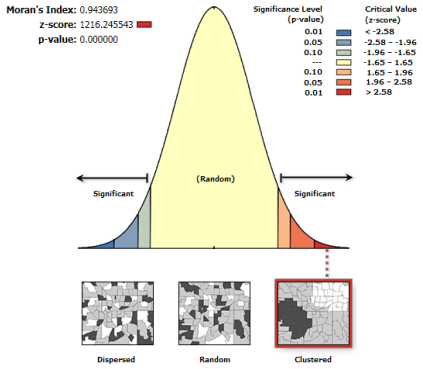
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط در شکل (۳۶) نشان داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی متوسط این نتایج به دست می‌آید که خوشه‌های خشکسالی با احتمال ۹۵ درصد در قسمتهایی از مناطق جنوب شرقی و شرقی کشور مشاهده می‌شود و همچنین خوشه‌های ترسالی در قسمت‌هایی از مناطق شمال غربی، غرب و جنوبی مشاهده می‌شود شکل (۳۷).



شکل (۳۷)



شکل (۳۶)

تحلیل فضایی خشکسالی شدید ۴۸ ماهه در ایران

در تحلیل خشکسالی شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۵۵ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

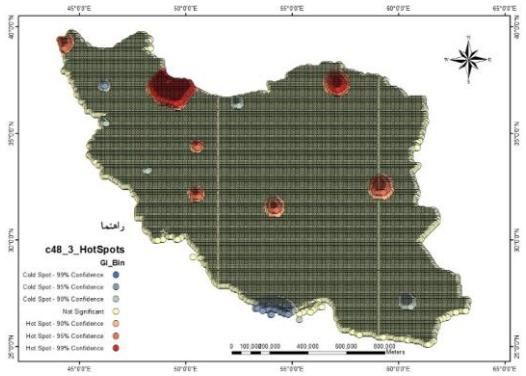
فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

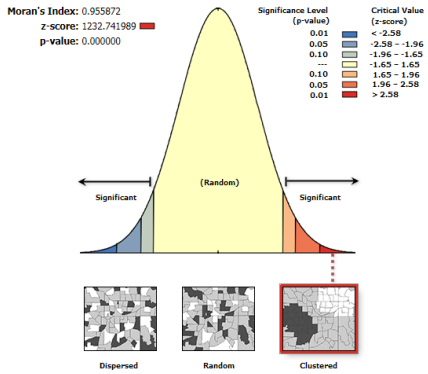
از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید در شکل (۳۸) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارۀ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق شمالی کشور مشاهده می‌شود. همان طور که در شکل (۳۹) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور با احتمال ۹۹ درصد مشاهده نمی‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]



شکل (۳۹)



شکل (۳۸)

تحلیل فضایی خشکسالی بسیار شدید ۴۸ ماهه در ایران

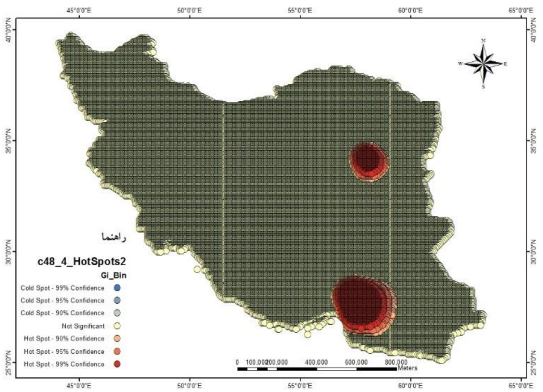
در تحلیل خشکسالی بسیار شدید با آماره موران مقدار شاخص ۰/۹۴۳ به دست آمده است. بنابراین داده‌های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای است. این آماره بر اساس این فرضیه استوار است که به صورت:

فرضیه صفر (H_0): هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود ندارد.

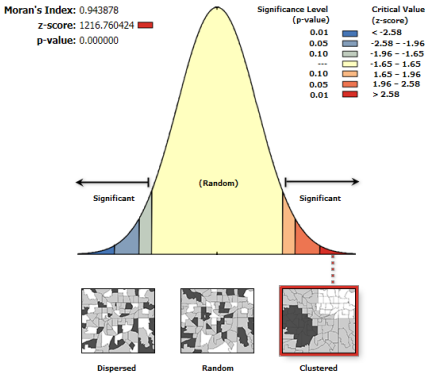
فرضیه مقابل (H_1): خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر شاخص خشکسالی SPI مورد نظر وجود دارد.

از آن جا که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ است، آن گاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. نوع الگوی خوشه‌ای با شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید در شکل (۴۰) نشان داده شده است.

مطابق نقشه تهیه شده به کمک آمارهٔ موران محلی برای شاخص خشکسالی SPI در خشکسالی بسیار شدید این نتیجه به دست می‌آید که خوشه‌های ترسالی با احتمال ۹۹ درصد فقط در قسمتهایی از مناطق جنوبی، شرقی کشور مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۴۱) مشاهده می‌شود، خوشه‌های خشکسالی در هیچ جای کشور مشاهده نمی‌شود.



شکل (۴۱)



شکل (۴۰)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

نتیجه گیری

ایران به دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی، وجود پیکربندی ناهمواری ها و قرارگیری در معرض یورش توده های هوا، ازنظر بارشی شرایط ویژه ای دارد. ساختار کلی بارش در ایران، تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد، به طوریکه با تغییر هر یک از این عوامل بارش نیز تغییر خواهد کرد. به عبارت دیگر، شرایط کلی بارش تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است و عوامل دیگری مانند پهنه های آبی و پوشش سطح زمین که از آنها با عنوان عوامل محلی یاد میشود، در شکل گیری بارش ایران نقش دارند. با توجه به وجود نوسانات شدید در بارش‌های منطقه و کشور، خشکسالی‌ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی یا به عبارتی کاهش بارشهای جوی نسبت به میانگین درازمدت رخ می‌دهند و اثرات زیانباری بربخش کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی خواهند گذاشت. در پژوهش حاضر به تحلیل آمار فضایی خشکسالی با استفاده از روش نوین آمار فضایی پرداخته شده است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های بارندگی ۸۴ ایستگاه منتخب سینوپتیک در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴) در ایران، به بررسی و تحلیل فضایی خشکسالی پرداخته‌شده است. ابتدا با استفاده از مقادیر SPI (مقیاس‌های زمانی ۳ ، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه)، دوره‌های خشکسالی و ترسالی منطقه شناسایی شدند و با استفاده از افزونه Geostatistic Analyst اقدام به پهنه‌بندی خشکسالی با روش‌های درونیابی شد. به‌منظور تبیین الگوی حاکم بر خشکسالی در ایران از آماره موران استفاده شد. نتایج شاخص موران در مورد خشکسالی نشان داد که مقادیر مربوط به سال‌های مختلف در طول دوره آماری دارای ضریب مثبت و نزدیک به یک می باشند که نشان دهنده ی این است که داده های شاخص خشکسالی SPI دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه ای می باشد. همچنین نتایج حاصل از مقادیر امتیاز استاندارد Z و مقدار P-Value، خوشه ای بودن توزیع فضایی خشکسالی را مورد تائید قرارداد.

منابع

حکیم دوست، سید یاسر؛ پورزیدی، علی محمد؛ گرامی، محمد صالح، ۱۳۹۳، **تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ۲۶(۱۰۲)**: ۲۰۳-۱۹۱.

خسروی، یونس؛ لشکری، حسن؛ متکان، علی اکبر؛ عساکره، حسین (۱۳۹۴)، **تحلیل فضایی فشار بخارآب در جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از تکنیک های خودهمبستگی فضایی با تاکید بر مراکز و کانون های جمعیتی،** مدیریت شهری، شماره ۳۹، تابستان ۱۳۹۴.

داداشی رودباری، عباسعلی؛ فلاح قالهری، غلام عباس؛ کرمی، مختار؛ باعقیده، محمد ،۱۳۹۴، **تحلیل تغییرات بارش حوضه‌ی آبریز هراز با استفاده از روش های آماری و تکنیک تحلیل طیفی،** سامانه مدیریت نشریات علمی، ۲(۷): ۸۶-۵۹.

عساکره، حسین، سیفی پور، زهره (۱۳۹۲)، **توصیف ساختار مکانی بارش سالانه ایران،** فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴(۲۸): ۱۲۵-۱۴۰.

عسگری، ع.، (۱۳۹۰)، **تحلیل‌های آمار فضایی با Arc GIS**، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]

[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]

قالهردی، غ. ع.، اسدی، م، و داداشی رودباری، ع.(۱۳۹۴). **تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران**. پژوهشهای جغرافیای طبیعی.۴۷(۴): ۶۳۷-۶۵۰.

قهرودی، م.، و بابایی، ا.، (۱۳۹۳)، **درآمدی بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی (رشته جغرافیا)**. انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

کرمی، م. و داداشی رودباری، ع. (۱۳۹۳). **ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده از روش‌های نوین آمار فضایی**، مجلهٔ علمی- ترویجی سامانه وسطوح آبگیرباران، ۴(۳): ۶۱ ـ ۷۲.

گرینبرگ ماروین جی، (۱۳۸۹)، **هندسه‌های اقلیدسی و نااقلیدسی**، ترجمه م. ه. شفیعیها، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

Allard, D. and Soubeyrand, S. (2012). **''Skew-normality for climatic data and dispersal models for plant epidemiology: when application fields drive spatial statistics''**. Spatial Statistics, 1, 50-64.

Anselin, L. (1988), **Spatial Econometrics: Methods and Models**, Kluwer, Boston.

Anselin, L. (1995a), **SpaceStat Version 1.80 Users Guide Research Institute. West Virginia University**. Morgantown, WV.

Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J. and Tošić, I. (2014). **''Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010''**. Theoretical and Applied Climatology. 1-13.

Bruce, J.P. (1994), **Natural disaster reduction and global change.** Bulletin of the American Metrological society, **75(10),** 181-1835.

Chao-bing, H.L. M.D. and Ning, L.I. (2011). **''A review on the hotspot issues of urban heat island effect**''. Journal of Meteorology and Environment. 4. 011.

Diffenbaugh, N.S., Giorgi, F. and Pal, J.S. (2008). **"Climate change hotspots in the United States".** Geophysical Research Letters. **35 (16),** 140-150.

Jia, S., Zhu, W., Lű, A. and Yan, T. (2011). **''A statistical spatial downscaling algorithm of TRMM precipitation based on NDVI and DEM in the Qaidam Basin of China''**. Remote sensing of Environment. **115 (12),** 3069-3079.

Killeen, T.J., Douglas, M., Consiglio, T., Jorgensen, P.M. and Mejia, J. (2007). **"Dry spots and wet spots in the Andean hotspot''.** Journal of Biogeography. **34 (8),** 1357-1373.

Matkan, Ali Akbar. Shahri, Matin. Mirzaie, Mojgan (2013). **Bivariate moran's i and Lisa to explore the crash risky locations in urban areas**. N-aerus xiv Enschede 12 - 14th September 2013.

Mckee, T.B., Doesken, N.J and Kleist, J., (1993), **The relationship of drought frequency and duration to time scales,** 8th conference on Applied Climatology, 17-22 January , Anaheim, CA, pp. 176- 184.

Moran, P. A. P. (1948), **the interpretation of statistical maps**. Journal of the Royal Statistical Society, 10: 243–51

Obasi, G. O. P. 1994. **WMO's Role in the international decade for natural disaster reduction.** Bulletin of the American Meteorological Society, **75**, 1655-1661.

Ohayon, B. (2011). **Statistical Analysis of Temperature Changes in Israel: An Application of CHange Point Detection and Estimation Techniques**.170-189.

Wilhite D.A. 1997. **Responding to Drought: Common threads from the past, Vision for the future.** Journal of the American Water Resources Association, **33(5):** 951-959.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.14.2]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.251]