دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲
تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۲۰۸-۱۹۱

دوست محمد کلیم[۱]
محمد رضا پیشوایی[۲]
پیمان محمودی[۳]

مطالعه امکان تأثیر لکه های خورشیدی بر بارش در ایستگاه های منتخب جنوب ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۰/۰۱

چکیده

در این تحقیق ارتباط بین لکه‌های خورشیدی سالانه[۴] (ASN) و جمع بارش سالانه[۵] (APT) در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از دو روش آماری تابع همبستگی متقاطع و جداول توافقی مورد بررسی قرار گرفته است. ایستگاه های بوشهر، جاسک و شیراز تنها ایستگاه هایی هستند که در نیمه جنوبی ایران دارای داده های بارش بیش از صد سال هستند. داده های بارش این سه ایستگاه به ترتیب از سه منبع سازمان هواشناسی کشور، سازمان آب منطقه ی استان فارس و کتاب اسمیت سونین فراهم شد. شکاف های موجود در داده ها نیز توسط روش های مناسب رگرسیونی پر گردیدند. همچنین اعداد لکه های بین المللی روزانه نیز در دوره ۱۸۷۱ تا ۲۰۰۵ از مرکز ملی داده های ژئوفیزیکی آمریکا اخذ گردید.

نتایج ضرایب همبستگی متقاطع، یک همبستگی منفی معنی دار را بین تاخیرهای سه ساله لکه‌های خورشیدی سالانه (ASN) و جمع بارش سالانه (APT) روی دو ایستگاه بوشهر و جاسک نشان می دهد اما هیچگونه رابطه معناداری

۱ – کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان سیستان E- mail: dmkalim157@yahoo.com
۲ – استادیار دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه شیراز E- mail: mrpishvaei@gmail.com
۳ – استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان E- mail: Paymanasia@yahoo.com

4 - Annual Sunspot Number
5 - Annual Precipitation Total

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برای ایستگاه شیراز در هیچکدام از تاکیرها به دست نیامد. بر این اساس برای تاکیرهای سه ساله دو ایستگاه جاسک و بوشهر، جداول توافقی متعددی در نظر گرفته شد. آزمون کی دو وجود ارتباط میان بارش و لکه‌های خورشیدی با تأخیر ۳ ساله را برای جاسک اثبات نمود و ضریب کندال (تو-ب) نیز میزان شدت ارتباط را ضعیف و جهت آن را معکوس نشان داد؛ اما برای بوشهر و شیراز هرچند از نظر آماری ارتباط معنی‌داری حاصل نشد اما چون ضرایب کندال (تو-ب) برای بیشتر جداول توافقی منفی است لذا ارتباط بسیار ضعیف معکوس را نشان می‌دهد. از آنجا که کمینه‌های لکه‌های خورشیدی در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ میلادی رخ داده است، لذا انتظار می‌رود که بارش سواحل عمان (در جنوب ایران) ظرف سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ میلادی دوره نرمال و یا ترسالی را سپری کند.

کلید واژه ها: بارش، لکه های خورشیدی، همبستگی متقاطع، جدول توافقی، جنوب ایران.

مقدمه

لکه های خورشیدی نشانه شدت فعالیت خورشیدی در هر زمان می باشند. دمای این نقاط نسبت به نواحی مجاور سطح خورشید کمتر بوده و امواج الکترو مغناطیسی به صورت دسته های خیلی قوی در این نواحی خارج می شوند. بنابراین لکه های خورشیدی مناطق نسبتاً تیره یا تاریکی هستند که بر روی سطح خورشید تشکیل می شوند و از یک سایه و یک نیم سایه تشکیل شده اند. قطر نیم سایه حدود ۲/٤ برابر قطر سایه بوده و توسط حلقه های نورانی[1] احاطه شده اند (شکل ۱). دمای لکه های خورشیدی حدود ۳ تا ٤ هزار درجه کلوین بوده و لکه های خورشیدی به طور متوسط تا ۰/۲ درصد از سطح قابل رویت خورشید را به خود اختصاص می دهند. هرچند که لکه های خورشیدی نسبت به سایر مناطق خورشید دمای کمتری دارند ولی حلقه هایی که آنها را احاطه کرده است، تابش و دمای بالاتری نسبت به لکه های خورشیدی و سایر مناطق خورشید داشته و این امر باعث افزایش شدت تابش و در نتیجه باعث افزایش ثابت خورشیدی تا حدود ۰/۳ درصد و همچنین افزایش بسیار کم تابش فرابنفش و بادهای خورشیدی می شوند (ملک پور، ۱۳۷۸). این لکه‌ها اغلب دایره ای شکل و یا بیضوی بوده و اندازه یا ابعاد آنها حدود ۱۰ تا ۲۰ هزار کیلومتر بوده و مدت عمر یا ماندگاری آنها معمولاً از چند روز تا چند ماه می تواند باشد که این مساله به اندازه و تعداد آنها بستگی دارد (کمالی و مرادی، ۱۳۸٤).

لکه های خورشیدی سیکل یا نوسان حدود ۱۱ ساله ای دارند بدین ترتیب که طی مدت حدود ۵ ساله ای مقدار آنها به یک مقدار بیشینه رسیده وسپس طی یک زمانی در حدود ٦ سال به کمینه مقدار خود می رسند و این دوره تناوبی

1 - Fasulae

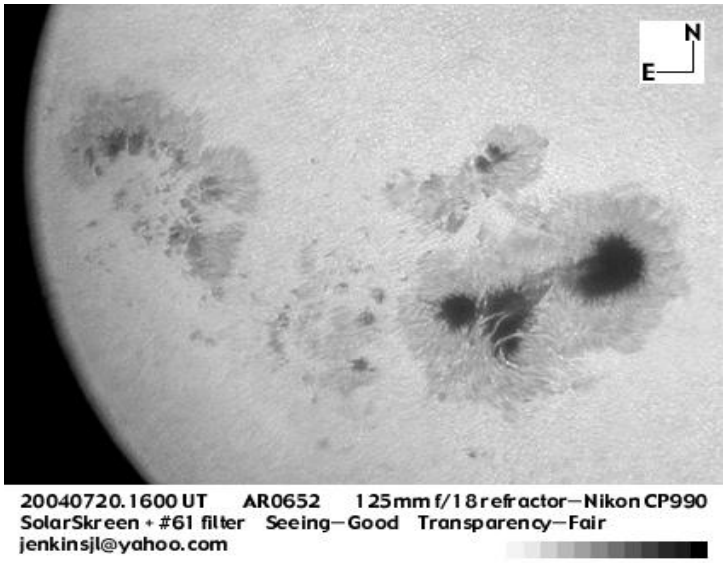
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تکرار می شود. تعداد این لکه‌ها در هر زمان متفاوت بوده و در یک زمان می تواند از صفر تا ۲۵۰ عدد باشد (AMS Glossary, 2008).

تاکنون محققان بی شماری تاثیر فعالیت های خورشیدی بر اقلیم را بررسی کرده اند. شاید هرشل اولین محققی باشد که در سال ۱۷۹۵ فرضیه تاثیر فعالیت های خورشیدی بر اقلیم زمین را مطرح کرد. او سعی نمود که با استفاده از نوسانات سال به سال نرخ گندم (تنها داده بلند مدتی که در دسترس بود) ارتباطی بین شرایط متوسط جوی و تغییرات تعداد لکه های خورشیدی پیدا کند (Meadows, 1975:95-97). از آن زمان به بعد مطالعات متعددی صورت گرفته که نتیجه آنها همبستگی های آماری بین پارامترهای مختلف هواشناسی و تغییرات فعالیت های خورشیدی را نشان داده است. به طوریکه هانکوک و یارگر (Hancock and Yarger,1978:746-753)، گاسپرینی و چیریسی (Gasperini and Chierici,1997) و ساباتینو و لینگهوای (Sabatino and Linghuai, 2000:3) با بررسی رابطه بین لکه های خورشیدی و تغییرات دما، به روابط معناداری بین این دو متغیر دست یافته اند؛ به گونه ای که با افزایش تعداد لکه های خورشیدی دمای سطح زمین افزایش و با کاهش آن دمای هوا کاهش پیدا می کند.

اما در مورد میزان مشارکت لکه های خورشیدی در میزان گرمایش جهانی، بین محققان این حوزه اختلاف نظرهای اساسی وجود دارد به طوری که برخی از اقلیم شناسان عقیده دارند که تغییرات در تابش خورشیدی می تواند بعضی از مولفه های گرم شدن زمین را از سال ۱۸۵۰ میلادی (به خصوص قبل از سال ۱۹۵۰) به خوبی توضیح دهد. اما در بعد از سال ۱۹۵۱ اثر چرخه لکه های خورشیدی را بایستی در کنار عامل مهم انسان ساخت مورد بررسی قرار گیرد (Kristjánsson, 2001). این فرضیه توسط دو محقق دانمارکی یعنی فریس کریستنسن و لاسن (Friis-Christensen and Lassen, 1991:698-700) نیز در سال ۱۹۹۱ مورد توجه قرار گرفت. این محققان همبستگی بالائی بین طول سیکل لکه های خورشیدی و دمای میانگین کره زمین در سال های ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۹ پیدا کردند. آنها چهار سال بعد در ادامه همین کار یعنی در سال ۱۹۹۵، اقدام به بازسازی داده های دمای کره زمین تا سال ۱۵۰۰ میلادی نمودند و باز هم بین لکه های خورشیدی و میانگین دمای کره زمین این همبستگی را تائید کردند (Lassen and Friis-Christensen, 1994:835-845) اما لوت و گاندرمن (Laut and Gundermann, 1998:1719-1728) با اعتقاد به اینکه داده های بازسازی این دو محقق دانمارکی تا سال ۱۵۰۰ میلادی احتمالاً دارای اشکالاتی می باشد، و اظهار می کنند که اگر ما اثرات انسان ساخت گازهای گلخانه ا ی و هواویزها را حذف کنیم، آنگاه اثر گرم شدن جهانی و طول دوره های لکه های خورشیدی می تواند همبستگی بیشتری نشان دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل شماره ۱- نمایشی از لکه های خورشیدی در ۲۰ جولای ۲۰۰٤ ساعت ١٦ گرینویچ برگرفته شده از دایره المعارف دیوید دارلینگ (Encyclopedia of Darling, 2008).

در مورد میزان بارش و رابطه آن با لکه های خورشیدی جان و همکاران (Juan et al., 2003:189-197) ارتباط بین لکه های خورشیدی و میزان بارندگی سالانه پکن را مورد بررسی قرار داده اند. نتیجه مطالعات آنان نشان می دهد که ارتباط نزدیک و پایداری بین تغییرات تعداد لکه های خورشیدی و میزان بارش سالانه پکن وجود دارد.

بیونگ و جانگ (Byung and Jong, 2006:307-312) با بررسی رابطه بین سیکل های ۱۱ ساله لکه های خورشیدی و میزان بارش در عرض های میانی (۳۰ درجه تا ٦۰ درجه) دو نیمکره شمالی و جنوبی به این نتیجه رسیدند که تغییرات معنی دار لکه های خورشیدی با دوره ۲/۷۵ ساله منجر به تغییرات بارش در عرض های میانی می گردد. کالبت و همکاران (Calbet et al, 2006) احتمال ارتباط تعداد لکه های خورشیدی و بارش سالانه دو ایستگاه ایزنا در منطقه ناوارا و ایستگاه تنه ریف واقع در جزایر کاناری اسپانیا را بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که بین بارش سالانه ایستگاه ایزانا و لکه های خورشیدی با تاکیر زمانی سه ساله ارتباط و همبستگی وجود دارد و این ارتباط و همبستگی امکان پیش بینی بارش حداکثر سالانه را در ایزانا امکان پذیر می سازد.

ارتباط بین لکه های خورسیدی و طوفان های تندری نیز بسیار مورد توجه مختلف واقع شده است، به طوری که مطالعات گوناگونی جهت شناسائی این ارتباط صورت گرفته است (پیشوائی، ۱۳۷٦؛ Ermakov and Stozkov,2003 ؛ Schlegel et al, 2001:1705-1713). در تمام این مطالعات یک همبستگی مثبت بین طوفان های تندری و لکه های خورشیدی ثابت شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برخلاف ادبیات اقلیمی بسیار حجیم جهانی در رابطه با فعالیت های خورشیدی و تاثیر آنها بر اقلیم زمین، ادبیات اقلیمی موجود در کشور در این زمینه بسیار فقیر و نارساست. جهانبخش اصل و عدالت دوست (۲٤-۱۳۷۸:۳) نقش لکه های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران را مورد بررسی قرار داده اند. آنها به این نتیجه رسیدند که یک ارتباط و همبستگی متوسط تا قوی بین لکه های خورشیدی و تغییرات بارندگی سالانه در ایران وجود دارد ولی این ارتباط و همبستگی در تمام ایران ثابت نبوده و دربین نواحی ساحلی و داخلی تفاوت های قابل ملاحظه ای وجود دارد، به طوری که تغییرات بارندگی ها در بخشی از نواحی ساحلی ایران از چرخه فعالیت های خورشیدی تبعیت نمی کنند در حالی که نواحی خشک داخلی همزمان با افزایش فعالیت های خورشیدی از میزان بارندگی آنها کاسته می شود. یافته های تحقیق زرین و مفیدی (۱۰٤-۱۳۸٤:۸۳) نیز بین تعداد لکه های خورشیدی با مجموع بارش زمستانه و میانگین دمای فصول حدی در برخی ایستگاه های منتخب ایران روابط معنادار قابل توجهی را نشان نمی دهد.

هدف این پژوهش را می توان جستجو در پاسخ علمی دادن به پرسش زیر بیان نمود: آیا روند تغییرات لکه‌های خورشیدی بر بارش در جنوب کشور اثر دارد یا نه؟ به بیان دیگر آیا بارش جنوب کشور رابطه معنی داری با سیکل های ۱۱ ساله خورشیدی دارد یا نه؟

مواد و روش ها

برای بررسی تاثیر لکه های خورشیدی بر میزان بارش های سالانه جنوب ایران و در جهت دستیابی به یک الگوی مناسب در این زمینه به دو سری از داده ها نیاز است: ابتدا سری زمانی داده های بلند مدت بارش ایستگاه های هواشناسی و دوم سری زمانی تعداد لکه های خورشیدی. داده های مربوط به بارش سالانه ۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بوشهر، شیراز و جاسک که دارای طولانی ترین داده های ممکن در کشور هستند مورد استفاده قرار گرفت. داده های مربوط به بارش سالیانه این سه ایستگاه از سال ۱۹۵۱ به بعد برای دو ایستگاه شیراز و بوشهر و از سال ۱۹٦۸ به بعد برای ایستگاه جاسک از اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد در کامپیوتر سازمان هواشناسی کشور اخذ و بقیه داده ها نیز از داده های کتاب اسمیت سونین[1] (دوره آماری ۱۸۷٦ تا ۱۹۵۰ برای بوشهر و دوره آماری ۱۸۹۳ تا ۱۹۵۰ برای جاسک) و از سازمان آب منطقه ای استان فارس (۱۹۵۱-۱۹۲۵) برای شیراز مورد استفاده قرار

1 - Smithsonian Miscellaneous Collections

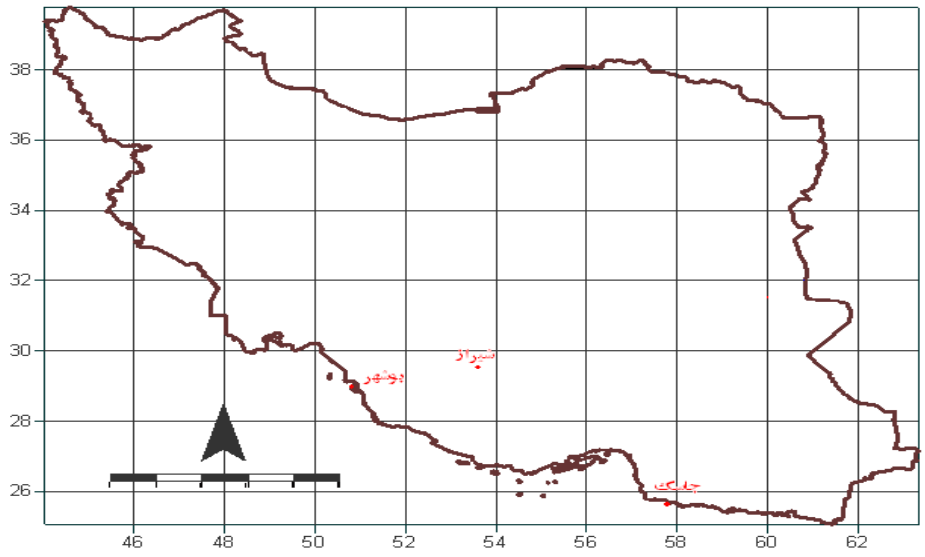
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

گرفت. مشخصات جغرافیایی سه ایستگاه مورد مطالعه در جدول شماره ۱ و پراکنش جغرافیایی آنها در شکل شماره ۲ آورده شده است.

از پایگاه نوآ[1] و از مرکز ملی داده‌های ژئوفیزیکی آمریکا[2] داده‌های مربوط به شاخص‌های مختلف لکه‌های خورشیدی (روزانه و ماهانه) در دسترس قرار گرفت. از میان این داده‌ها، شاخص بین المللی لکه‌های خورشیدی (R_i) انتخاب گردید. آمار تعداد لکه‌های خورشیدی در مقیاس سالیانه از سال ۱۷۰۰ میلادی، در مقیاس ماهیانه از سال ۱۷۴۹ میلادی و در مقیاس روزانه از سال ۱۸۱۸ میلادی در پایگاه نوآ (NOAA, 2008) موجود می باشد

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های هوا شناسی مورد استفاده در مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	سال تاسیس	دوره آماری	نوع ایستگاه
شیراز	۲۹° ۳۶'	۵۲° ۳۶'	۱۴۸۴	۱۹۵۱	۸۱	سینوپتیک
جاسک	۲۵° ۳۸'	۵۷° ۴۶'	۵/۲	۱۹۶۸	۱۱۳	سینوپتیک
بوشهر	۲۸° ۵۹'	۵۰° ۵۰'	۱۹/۶	۱۹۵۱	۱۲۸	سینوپتیک



شکل شماره ۲ – نقشه موقعیت و پراکنش ایستگاه های مورد مطالعه

1 - NOAA
2 - National Geophysical Data Center

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بعد از جمع آوری و تشکیل پایگاه داده ها اقدام به بازسازی و تکمیل داده های مفقود شده بارش گردید. مهم ترین خلاء طولانی مدت در داده های بارش در بین ایستگاه ها، متعلق به ایستگاه بوشهر بود. این ایستگاه از سال ۱۹٤۱ تا ۱۹۵۰ به مدت ده ساله فاقد آمار بود. ایستگاه شیراز به عنوان تنها ایستگاه مجاوری بود که دارای آمار طولانی مدت بود لذا با استفاده از داده های ایستگاه شیراز و با محاسبه ضریب همبستگی و حل معادله رگرسیونی داده های مفقود شده بوشهر بازسازی گردید.

اما برای داده‌های گم شده جاسک، از پایگاه یابگر اقلیمی هلند (KNMI, 2009) داده های بارش سالانه ایستگاه مسقط در دوره ۲۰۰۵-۱۸۹۳ میلادی حاصل گردید (فاصله هوایی آن تا جاسک ۲۳۲/٤ کیلومتر است) و از آن برای پرکردن شکاف داده‌های جاسک (۱۸۹٤، ۱۹۲۳، ۱۹۳۰، ۱۹٤۹ و ۱۹۵۰) مورد استفاده قرار گرفت .همچنین برای پر کردن شکاف داده‌های جاسک در سال های ۱۹۵۹، ۱۹٦۰، ۱۹٦٤، ۱۹۸٤ و برای یک دوره ممتد از ۱۹۸٤-۱۹۷۹ از چهار ایستگاه اطراف جاسک شامل مسقط در جنوب (با فاصله ۲۳۲/٤ کیلومتر)، چابهار در شرق (با فاصله ۲۷۸/۱ کیلومتر)، بم در شمال (با فاصله ۳۸۹/۸ کیلومتر) و بندر عباس در غرب (با فاصله ۲۲٤/٦ کیلومتر) در نظر گرفته شد و از روش میانگین گیری استفاده گردید.

بعد از تکمیل نواقص سری های زمانی بارش های سالانه ایستگاه های مورد مطالعه و با توجه به هدف تحقیق، همبستگی متقاطع[1] بین سری های زمانی بارش به عنوان پارامتر وابسته (y) و لکه‌های خورشیدی به عنوان پارامتر ثابت یا مستقل(x) محاسبه شد. این همبستگی رابطه بین دو سری داده را برای مشخص کردن بهترین تأخیرهای زمانی برای بیشترین ارتباط بین آنها محاسبه می کند. ضریب همبستگی متقاطع با تأخیر زمانی k بصورت معادله ۱ تخمین زده می شود.

$$r_{xy}(k) = C_{xy}(k) / S_x S_t \qquad (۱)$$

که در آن $r_{xy}(k)$، همبستگی متقاطع در تأخیر زمانی k، $C_{xy}(k)$، کوواریانس متقاطع دو سری X و Y در تأخیر k، S_x، انحراف معیار سری X، S_y، انحراف معیار سری Y.

1 - Cross Correlation

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بعد از مشخص نمودن بهترین تاکیر زمانی بین بارش های سالانه و لکه های خورشیدی، اقدام به تهیه جداول توافقی[1] براساس صدک ها گردید. وقتی سری زمانی $X\ (x_1, x_2, ..., x_N)$ و سری زمانی $Y\ (y_1, y_2, ..., y_N)$ هر کدام به تعداد N نمونه در نظر گرفته شوند، بر اساس موضوع مورد تحقیق هر کدام از سری‌های زمانی دسته بندی می شوند (X به m گروه و Y به n گروه). آنگاه چنانچه m گروه را بعنوان ردیف‌های یک جدول قرار داده و n گروه را ب عنوان ستون‌های آن جدول قرار دهیم، جدولی به دست می آید که شامل فراوانی‌های گروه‌های مشترک ردیف و ستون آنها است. به این جدول، جدول توافقی $(m \times n)$ گویند (Agresti, 2002:36-114). برای مثال یک جدول توافقی (2×2) در جدول ۲ آورده شده است.

سری X به دو گروه در ردیف ها (i=1, 2 که در آن m=2 است) و سری Y نیز به دو گروه در ستون‌ها (j=1, 2 که در آن n=2 است) دسته بندی شده اند. این جدول توافقی دارای ٤ سلول برای مقادیر فراوانی است که مجموع مقادیر فراوانی ها همان N یا تعداد کل نمونه ها است.

جدول ۲- جدول توافقی (۲×۲) به همراه ردیف و ستون حاشیه‌ای (Ci, Rj)

Contingency table (2×2)	j=1	j=2	marginal rows (R_i)
i=1	a	b	R_1=a + b
i=2	c	d	R_2=c + d
marginal columns (C_j)	C_1=a + c	C_2=b + d	N= C_1+C_2

در این جدول بارش سالانه در دو گروه قرار می گیرد. سال‌هایی که بارش سالانه کمتر از صدک پنجاهم یا میانه است $(APT\langle 50\%)$ و سال‌هایی که بارش سالانه بیشتر از میانه است $(APT\rangle 50\%)$. این دو گروه با نشانه P_{50} نشان داده می شوند. دسته بندی لکه‌های خورشیدی نیز به طور مشابه $(ASN\rangle 50\%, ASN\langle 50\%)$ خواهد بود و با نشانه S_{50} معلوم شده است. به نظر می‌رسد که برای بارش سالانه به طور طبیعی انتخاب‌های بهتری در تقسیم‌بندی موجود باشد، زیرا سال‌های تر و خشک و نرمال، سه دسته‌بندی برای بارش سالانه با فاصله طبقاتی در آستانه‌های ۲۵٪ و ۷۵٪ مناسب است (P_{25-75}). برای لکه‌های خورشیدی سالانه نیز طبقات دارای مقادیر بالا و پائین و نرمال با فاصله طبقات در آستانه‌های ۲۵٪ و ۷۵٪ مناسب هستند (S_{25-75}). بنابراین یک جدول توافقی (۳×۳) ساخته می‌شود

1 - Contingency Table

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

که از نقطه نظر فیزیکی برای تحلیل مفیدتر است. بر اساس صدک‌های آماری و همچنین کم و زیاد کردن آستانه‌های ردیف و ستون تعداد ۳۲ نوع مختلف جدول توافقی ساخته می‌شود. بنابراین آزمون کایدو (χ^2) برای هر کدام از جدول های توافقی به طور جداگانه انجام می شود. در نظرگیری این ۳۲ جدول به این مفهوم نیست که همگی دارای مفهوم فیزیکی نسبت به موضوع مورد مطالعه هستند بلکه این مسئله دامنه کار پژوهش را گسترده تر کرده و ابعاد آن را آشکارتر می سازد.

میزان شدت پیوند نیز با استفاده از ضریب کندال‌تو–ب[1] (τ_b) محاسبه شد. این ضریب بر اساس مقایسه میان دو زوج با یکدیگر استوار است. تعداد کل جفت زوج ها در دو سری زمانی X و Y به طول N معادل $[N(N-1)/2]$ می باشد. زوج (x_i, y_i) و زوج (x_j, y_j)، زوج های سازگار[2] هستند در صورتی که اگر $x_i \langle x_j$ باشد آنگاه $y_i \langle y_j$ باشد، یا اگر $x_i \langle x_j$ باشد آنگاه $y_i \rangle y_j$ باشد. زوج (x_i, y_i) و زوج (x_j, y_j)، زوج های ناسازگار[3] هستند در صورتی که اگر $x_i \langle x_j$ باشد آنگاه $y_i \rangle y_j$ باشد، یا اگر $x_i \rangle x_j$ اشد، آنگاه $y_i \langle y_j$ باشد. آنگاه ضریب (τ_b) مطابق آگرستی (Agresti, 2002:36-114) از طریق معادله ۲ حاصل می شود.

$$\tau_b = \frac{(P-Q)}{\sqrt{D_R D_c}} \qquad (۲)$$

که در آن τ_b ضریب کندال تو- ب، P تعداد زوج های سازگار، Q تعداد زوج های ناسازگار، D_R دوبل معمول تعداد جفت های سازگار و ناسازگار به علاوه جفت هایی که در ردیف ها گره خورده اند، D_C دوبل معمول تعداد جفت های سازگار و ناسازگار بعلاوه جفت هایی که در ستون ها گره خورده اند.

علامت ضریب کندال تو–ب (τ_b) ، جهت ارتباط را آشکار کرده و مقدار مطلقش بیان کننده میزان شدت ارتباط است. این ضریب بین ۱ تا ۱- تغییر می کند. هر چه میزان مطلق این ضریب بزرگ تر باشد، میزان ارتباط نیز شدیدتر است. مقادیر نزدیک به صفر ارتباط ناچیز یا عدم ارتباط را نشان می دهد. امکان وجود مقادیر ۱ یا ۱- تنها در جدول توافقی (۲×۲) وجود دارد.

1 - Kendall's tau-b
2 - concordant pairs
3 - discordant pairs

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

یافته ها و بحث

لکه‌های خورشیدی یک متغیر مستقل از بارش بوده و با توجه به اینکه دارای روند در سیکل یازده ساله است، لذا مطالعه اثر آن بر بارش با در نظرگیری داده‌ها در مقیاس سالانه مناسب است. برای یافتن بیشترین همبستگی در مقیاس زمانی از تابع همبستگی متقاطع میان داده‌های لکه‌های خورشیدی سالانه و بارش سالانه استفاده شده است. بنابراین برای داده‌های بارش سالانه جاسک و لکه‌های خورشیدی در دوره ۲۰۰۵-۱۸۹۳ نتیجه همبستگی متقاطع به مدت ۱۱۳ سال در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این جدول مشاهده می شود که بیشترین ارتباط منفی در تأخیرهای ۲ ساله (تاحدی)، ۳ ساله و بیشترین ارتباط مثبت در تأخیرهای ٦ ساله (تا حدی)، ۷ ساله (بیشترین ارتباط) و ۸ ساله رخ می‌دهد. اما آنچه که بیشتر از همه مورد توجه است، اثر لکه‌های خورشیدی در سال‌های نزدیک تر است (مثلاً ۳ ساله) است. به بیان دیگر وقتی آمار درازمدت در دسترس باشند آنگاه پیش‌بینی بارش در سال‌های آتی نزدیکتر، اهمیتش بیشتر از سال‌های آتی دور است، به علاوه برای پیش‌بینی بارش در سال‌های آتی دورتر (مثلاً ۷ ساله) فرصت هست تا پس از گذشت چند سال آن را دوباره و با دقت بیشتر و بر اساس همان سال‌های آتی نزدیک تر پیش‌بینی نمود. بنابراین از میان این سال‌های تأخیری همراه با ارتباط، همان تأخیر ۳ ساله‌ی معنی دار، در نظر گرفته می شود که در ساخت جدول توافقی نیز از آن استفاده می‌گردد.

جدول ۳- نتیجه همبستگی متقاطع میان نقاط خورشیدی سالانه با تأخیر (k) و بارش سالانه جاسک در دوره ۲۰۰۵-۱۸۹۳ میلادی با ۱۱۳ نمونه.

ASN	K	CCF [(n-k) samples]	Pearson Correlation [n samples]	P-value
0-YL	۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۸۳۹
1-YL	۱	-۰/۰٦۳	-۰/۰٦٥	۰/٤۹٦
2-YL	۲	-۰/۱۷۳	-۰/۱٦۸	۰/۰۷٦
3-YL	۳	-۰/۲۰٥	-۰/۲۰٦	۰/۰۲۹
4-YL	٤	-۰/۱۰۰	-۰/۱۰۸	۰/۲٥۷
5-YL	٥	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۹۰٦
6-YL	٦	۰/۱۸۰	۰/۱۸۰	۰/۰٥٦
7-YL	۷	۰/۲۲۰	۰/۲۲۹	۰/۰۱٥
8-YL	۸	۰/۱۹۱	۰/۲۰٥	۰/۰۲۹
9-YL	۹	۰/۱۲٥	۰/۱۳٦	۰/۱٥۰
10-YL	۱۰	۰/۰٤۱	۰/۰٥٦	۰/٥٥۳
11-YL	۱۱	-۰/۰٥٦	-۰/۰۳٤	۰/۷۲۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برای داده‌های بارش سالانه بوشهر در دوره ۲۰۰۵-۱۸۷۸ نتیجه همبستگی متقاطع بـه مـدت ۱۲۸ سـال در جـدول ٤ نشان داده شده و همانطور که مشاهده می شود، با توجه به داده‌ها، بـارش و لکـه‌هـای خورشـیدی بـرای بوشـهر در تأخیرهای زمانی ۲، ۳ و ٤ ساله بیشترین همبستگی یا رابطه خطی را دارند. از سه حالت ذکر شده با توجه به نمودار و محاسبات به دست آمده برای بوشهر مقدار CCF تأخیر۳ ساله بهترین همبستگی را نشان می دهد.

جدول ٤- نتایج همبستگی متقاطع میان نقاط خورشیدی سالانه با تأخیر (k) و بارش سالانه بوشهر در دوره ۲۰۰۵-۱۸۷۸ میلادی با ۱۲۸ نمونه.

ASN	k	CCF [(n-k) samples]	Pearson Correlation [n samples]	P-value
0-YL	۰	۰/۱۱٦	۰/۱۱٦	۰/۱۹۱
1-YL	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱٦	۰/۸٦۱
2-YL	۲	-۰/۱۱۳	-۰/۰۹۸	۰/۲۷۱
3-YL	۳	-۰/۱۷۸	-۰/۱۷٤	۰/۰۵۰
4-YL	٤	-۰/۱۵۲	-۰/۱۵۳	۰/۰۸۵
5-YL	۵	-۰/۰٦۰	-۰/۰٦٤	۰/٤۷۲
6-YL	٦	۰/۰۵۷	۰/۰٤۳	۰/٦٦۳
7-YL	۷	۰/۱۳۳	۰/۱۱۰	۰/۲۱٦
8-YL	۸	۰/۱٦۸	۰/۱۲٦	۰/۱۵۸
9-YL	۹	۰/۱۰٤	۰/۰۷۳	۰/٤۱۲
10-YL	۱۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۸۲۵
11-YL	۱۱	-۰/۰۷۹	-۰/۰۷۱	۰/٤۲۳

جدول ۵- نتایج همبستگی متقاطع میان نقاط خورشیدی سالانه با تأخیر (k) و بارش سالانه شیراز در دوره ۱۳۸۲-۱۳۰۳ شمسی با ۸۰ نمونه.

ASN	k	CCF [(n-k) samples]	Pearson Correlation [n samples]	P-value
0-YL	۰	-۰/۰۳۸	-۰/۰۳۸	۰/۷۸۰
1-YL	۱	-۰/۰۷۹	-۰/۰۷۸	۰/۵٦۹
2-YL	۲	-۰/۰۸۷	-۰/۰۸۲	۰/۵۵۰
3-YL	۳	-۰/۱۲۵	-۰/۱۱۷	۰/۳۹٦
4-YL	٤	-۰/۱۵۵	-۰/۱۳۷	۰/۳۲۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

5-YL	۵	-۰/۱۰۲	-۰/۰۸۷	۰/۵۲۶
6-YL	٦	-۰/۰۳٤	-۰/۰۲٦	۰/۸٤۹
7-YL	۷	۰/۰٤۲	۰/۰۱۷	۰/۹۰٤
8-YL	۸	۰/۰۸۹	۰/۰۲۰	۰/۸۸۷
9-YL	۹	۰/۱۳۹	۰/۰۵۱	۰/۷۱۲
10-YL	۱۰	۰/۱۲۷	۰/۰۳٤	۰/۸۰٤
11-YL	۱۱	۰/۰٦۱	۰/۰۱۵	۰/۹۱٤

برای داده‌های بارش سالانه شیراز در دوره ۱۳۸۲-۱۳۰۳ شمسی نیز نتیجه همبستگی متقاطع به مدت ۸۰ سال در جدول ۵ نشان داده شده که با توجه به داده‌ها مشاهده می شود که هیچگونه رابطه معناداری بین بارش سالانه و لکه های خورشیدی با تاکیرهای مختلف در هیچ سطح معناداری مشاهده نشد. لذا در ادامه از تشکیل جداول متقاطع برای ایستگاه شیراز صرفنظر شد.

در ادامه بر اساس سری تأخیری ۳ ساله لکه‌های خورشیدی جداول توافقی متعددی (۲×۲ و ۳×۲ و ۲×۳ و ۳×۳ و ٤×۳ و ۳×٤ و ٤×٤) در نظر گرفته شد و به دلیل تغییر در فاصله طبقات و آستانه آنها بر اساس صدک‌ها برای بارش و لکه‌های خورشیدی، تعداد ۳۲ نوع جدول توافقی ساخته شد. آزمون کایدو وجود ارتباط میان بارش و لکه‌های خورشیدی با تأخیر ۳ ساله را برای جاسک تایید نمود و ضریب کندال (تو-ب) نیز میزان شدت ارتباط را ضعیف و جهت آنرا معکوس بیان داشت (جدول ٦). اما برای بوشهر و شیراز هرچند از نظر آماری ارتباط معنی‌داری حاصل نشد اما چون ضرایب کندال (تو-ب) برای بیشتر جداول توافقی منفی است، لذا ارتباط بسیار ضعیف معکوس را نشان می‌دهد (جداول آورده نشده است).

جدول ٦- آزمون کایدو و ضریب کندال (تو-ب) برای بارش سالانه جاسک و لکه‌های خورشیدی (با تأخیر زمانی ۳ ساله) در دوره ۲۰۰۵-۱۸۹۳

Tab. No.	Cont. Table (i * j)	Categ. Prec. (for rows)	Categ. Sunspot (for col.)	Chi square test (λ)	p-value	Comm. Eij < 5	Depend.	Kendall tau-b	Approx Sig.
۱	2*2	P50	S50	۳/۱۹۸	۰/۰۷۵	-	Slight	-۰/۱٦۸	۰/۰۷۰
۲	2*3	P50	S10-90	۱/۹۳۹	۰/۳۷۹	-	-	-۰/۰۳۷	۰/٦۸٤
۳	2*3	P50	S20-80	۹/۹۰٦	۰/۰۰۷	-	OK	-۰/۱۵۹	۰/۰۷۷
٤	2*3	P50	S25-75	٦/۵۸۸	۰/۰۳۷	-	OK	-۰/۱۷۷	۰/۰٤۳
۵	2*3	P50	S30-70	۱۱/۳۹۵	۰/۰۰۳	-	OK	-۰/۱۹٤	۰/۰۲۷
٦	2*4	P50	S25-75-80	۱۸/٦۱۹	۰/۰۰۰	3 cells	-	-۰/۲۲۰	۰/۰۲۷
۷	2*4	P50	S25-50-75	٦/۸۷۳	۰/۰۷٦	-	Slight	-۰/۱۷٦	۰/۰۳٦
۸	2*4	P50	S30-50-70	۱۲/۰٦٤	۰/۰۰۷	2 cells	-	-۰/۱۵۹	۰/۱۰٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۹	3*2	P10-90	S50	۰/٦٦۹	۰/۷۱٦	-	-	−۰/۰۷۵	۰/٤۱۲
۱۰	3*2	P20-80	S50	٤/۲٦۷	۰/۱۱۸	-	-	−۰/۱۸٦	۰/۰۳۳
۱۱	3*2	P25-75	S50	۵/۳۲٤	۰/۰۷۰	-	Slight	−۰/۰۲۱	۰/۰۲۰
۱۲	3*2	P30-70	S50	٤/۱۹۱	۰/۱۲۳	-	-	−۰/۱۷۲	۰/۰٤۷
۱۳	3*2	P40-60	S50	۳/۲۷۲	۰/۱۹۵	-	-	−۰/۱۵۰	۰/۰۸۷
۱٤	3*3	P10-90	S1090	۲/۰۸۵	۰/۷۲۰	4cells	-	−۰/۰۳۹	۰/۵٦۲
۱۵	3*3	P2050	S2080	۱۹/۹۰٦	۰/۰۰۱	2cells	-	−۰/۲٦۰	۰/۰۰۵
۱٦	3*3	P25-75	S25-75	۱۷/۰۵۹	۰/۰۰۲	-	OK	−۰/۲۷۵	۰/۰۰۲
۱۷	3*3	P25-75	S30-70	۱۵/۱۹۳	۰/۰۰٤	-	OK	−۰/۲۵۰	۰/۰۰٤
۱۸	3*3	P30-70	S30-70	۱۱/٦۸۸	۰/۰۲۰	-	OK	−۰/۲۰۰	۰/۰۱۸
۱۹	3*4	P25-75	S20-50-80	۱۹/۹۳۰	۰/۰۰٤	-	OK	−۰/۲۵۸	۰/۰۰۲
۲۰	3*4	P25-75	S25-50-75	۱۷/۳٤٤	۰/۰۰۸	-	OK	−۰/۲۸۲	۰/۰۰۳
۲۱	3*4	P25-75	S30-50-70	۱۵/۲۰۸	۰/۰۱۹	-	OK	−۰/۲۳٦	۰/۰۰۵
۲۲	3*4	P30-70	S30-50-70	۱۱/۷۳۰	۰/۰٦۸	-	Slight	−۰/۱۹۲	۰/۰۱۹
۲۳	4*2	P20-50-80	S50	٤/٦٤۳	۰/۲۰۰	-	-	−۰/۱۸٤	۰/۰۲۷
۲٤	4*2	P25-50-75	S50	۵/۳۹٦	۰/۱٤۵	-	-	−۰/۱۹۱	۰/۰۲۱
۲۵	4*2	P30-50-70	S50	٤/۳۸۳	۰/۲۲۳	-	-	−۰/۱۷۱	۰/۰٤۲
۲٦	4*3	P25-50-75	S20-80	۲۱/۸۷۵	۰/۰۰۱	-	OK	−۰/۲٤۱	۰/۰۰۵
۲۷	4*3	P25-50-75	S25-75	۱۸/۳۳۳	۰/۰۰۵	-	OK	−۰/۲٤۱	۰/۰۰۵
۲۸	4*3	P25-50-75	S30-70	۱۸/۸٤۸	۰/۰۰٤	-	OK	−۰/۲۳۵	۰/۰۰۵
۲۹	4*3	P30-50-70	S30-70	۱۳/۸۳۸	۰/۰۳۱	-	OK	−۰/۲۰۰	۰/۰۱٤
۳۰	4*4	P25-50-75	S25-50-75	۱۹/۱۹٦	۰/۰۲٤	-	OK	−۰/۲۲۸	۰/۰۰۵
۳۱	4*4	P25-50-75	S30-50-70	۱۸/۹۲۱	۰/۰۲٦	-	OK	−۰/۲۲۲	۰/۰۰٦
۳۲	4*4	P25-50-75	S20-50-80	۲۳/۳٤۷	۰/۰۰۵	-	OK	−۰/۲۲۹	۰/۰۰۵

تیجه گیری

در این مطالعه امکان تأثیر لکه های خورشیدی بر میزان بارش سالانه با در نظرگیری ۳ ایستگاه بوشهر، جاسک و شیراز که دارای داده‌های دراز مدت بارش سالانه بیش از صد سال هستند، مطالعه شد. برای یافتن بیشترین همبستگی در مقیاس زمانی از تابع همبستگی متقاطع میان داده‌های لکه‌های خورشیدی سالانه و بارش سالانه استفاده شد و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بیشترین همبستگی در تأخیرهای ۳ ساله برای جاسک و بوشهر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار به دست آمد. اما برای ایستگاه شیراز رابطه معناداری در تاکیرهای زمانی مختلف حاصل نشد. لذا از میان این سال‌های تأخیری همراه با ارتباط، همان تأخیر ۳ ساله‌ی معنی دار، در نظر گرفته می شود که در ساخت جدول توافقی نیز از آن استفاده می-گردد.

بر اساس سری تأخیری ۳ ساله لکه‌های خورشیدی جداول توافقی متعددی در نظر گرفته شد و آزمون کایدو وجود ارتباط میان بارش و لکه‌های خورشیدی با تأخیر ۳ ساله را برای جاسک اثبات نمود و ضریب کندال (تو-ب) نیز میزان شدت ارتباط را ضعیف و جهت آنرا معکوس بیان داشت. اما برای بوشهرو شیراز هرچند از نظر آماری ارتباط معنی‌داری حاصل نشد، اما چون ضرایب کندال (تو-ب) برای بیشتر جداول توافقی منفی است لذا ارتباط بسیار ضعیف معکوس را نشان می‌دهد.

از نتایج حاصله استنباط می‌شود که ساحل عمان (با عرض‌های جغرافیایی حدود ۲۵ درجه شمالی) تأثیرپذیرترین منطقه در جنوب ایران است. اما سواحل خلیج فارس (با عرض‌های جغرافیایی بالاتر تا حدود ۳۰ درجه شمالی) به دلیل آنکه عوامل دیگری همچون جریانات گردش جوی تعیین کننده هستند، لذا اثر لکه‌های خورشیدی در مقایسه با آن عوامل ضعیف و ناچیز جلوه می کند. به طوری که سواحل خلیج فارس بدلیل عرض جغرافیائی بالاتر نسبت به سواحل عمان، بیشتر در مسیر جریانات جوی غربی در دوره سرد سال قرار می‌گیرند و بنابراین می‌توان گفت که عامل لکه‌های خورشیدی برای بارش، یک عامل غیر غالب است. اما در سواحل دریای عمان از آنجا که دلایل دیگر بارش غالباً ضعیف هستند، لذا عامل لکه‌های خورشیدی به عنوان یک عامل نسبتاً غالب شناخته می‌شود.

جدول ۷ پیشنهادی است برای سواحل عمان که در آن لکه‌های خورشیدی در سه طبقه مقادیر پائین، نرمال و بالا دسته بندی شده‌اند. همچنین سایر دلایل بارش، مثل حرکت کمربند جنب حاره طی فصل پاییز به سمت جنوب و طی فصل بهار به سمت شمال و یا جریان جنوب غربی دریای سرخ و غیر آن، در سه طبقه با شدت ناچیز، میانه و غالب قرار گرفته‌اند. وضعیت بارش سالانه نیز در ۷ گروه شامل دوره خیلی خشک، خشک، پائین نرمال، نرمال، بالای نرمال، تر و خیلی تر در نظر گرفته شده است. چنانچه ارزیابی از میزان غلبه سایر دلایل بارش در دسترس باشد، جدول ٦ از وضعیت بارش سالانه عمان خبر می‌دهد. در زمانی که میزان لکه‌های خورشیدی پائین باشد، وضعیت بارش سالانه، نرمال و یا بالاتر از آن است که بستگی به شدت سایر دلایل بارش دارد که اگر شدت آنها غالب باشد، این منطقه بهره‌مند از بارش بالا و دارای دوره خیلی تر است. برعکس در زمانی که میزان لکه‌های خورشیدی بالا باشد، وضعیت بارش سالانه، نرمال و پائین‌تر از آن است که باز هم بستگی به شدت سایر دلایل بارش دارد که اگر شدت آنها ناچیز باشد، این منطقه از خشکسالی رنج می‌برد. از آنجا که کمینه‌های لکه‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

خورشیدی در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ میلادی رخ داده است، لذا انتظار می‌رود که بارش سواحل عمـان (در جنـوب ایران) ظرف سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ میلادی دوره نرمال و یا ترسالی را سپری کنـد. در اینجـا روشـن مـی‌شـود کـه ارزیابی سایر دلایل بارش در منطقه لازم است تا نتیجه قطعی از جدول ٦ حاصـل شـود، در غیـر ایـن صـورت تنهـا محدوده کلی بارش سالانه معلوم می‌گردد.

جدول ۷- وضعیت بارش سالانه در سواحل دریای عمان (جنوب ایران) نسبت به مقادیر لکه‌های خورشیدی (با تأخیر ۳ ساله) و درنظرگیری سایر دلایل بارش.

لکه های خورشیدی بالا	لکه های خورشیدی نرمال	لکه های خورشیدی پائین	سایر دلایل بارش
دوره خیلی خشک	دوره خشک	بالای نرمال	ناچیز
پائین نرمال	نرمال	دوره تر	میانه
بالای نرمال	دوره تر	دوره خیلی تر	غالب

بنابراین اثر لکه‌های خورشیدی بر بارش در جاهایی بیشترین نمود را پیدا می کند که سایردلایل بارش مثل جریانـات جوی جهانی و منطقه‌ای گردش جوی (منظور گردش جوی بیرونی که متعلق به منطقه مـورد بررسـی نباشـد هسـت مثل جریان غربی مدیترانه‌ای و یا جریان جنوب غربی دریای سرخ) اثر کمتری داشته باشند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

۱- جهان بخش اصل، سعید؛ عدالت دوست، معصومه (۱۳۸۷)، «تاثیر فعالیت های خورشیدی بر تغییرات بارندگی های ایران»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۸۸، صص ٤٧-۳۳.

۲- پیشوایی، محمدرضا (۱۳۷٦)، «بررسی تغییرات دراز مدت وقوع طوفانهای تندری و تغییر اقلیم در ایران»، پایان نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

۳- زرین، آذر و مفیدی، عباس (۱۳۸٤)، «وردش پذیری فعالیت خورشیدی و اثر آن بر اقلیم زمین (مطالعه موردی: اقلیم خاورمیانه و ایران)». ***فصلنامه جغرافیایی سرزمین***، شماره ۸، صص ۱۰٤-۸۳.

٤- سازمان هواشناسی کشور، ۱۹٦٦ تا ۲۰۰۵، سالنامه های هواشناسی، تهران، انتشارات اداره کل آمار و فن آوری اطلاعات هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.

۵- سازمان هواشناسی کشور، ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳، شناسنامه اقلیمی ایستگاههای سینوپتیک کشور، تهران، مرکز خدمات ماشینی و کاربرد در کامپیوتر هواشناسی کشور.

٦- کمالی، غلامعلی، مرادی، اسحاق (۱۳۸٤)، «***تابش خورشید، اصول و کاربرد ها در کشاورزی و انرژی های نو***»، تهران: انتشارات پژوهشکده هواشناسی.

۷- ملک پور، ایرج (۱۳۷۸)، «***خورشید و تلسکوپ خورشیدی***»، تهران، انتشارات موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

1- Agresti, A., (2002), "***Categorical data analysis***"., Wiley & Sons.

2- Glossary,Ams. (2008),"***Glossary of American Meteorological Society***" Available from:. http://amsglossary. allenpress.com/glossary/search, [accessed 26 september 2007].

3- Byung, K., M., Jung-Ghap J., (2006). "The Relation between 11-Year Solar Cycle and Midlatitude Precipitation," ***Journal of the Korean Meteorological Society***, 42, (5): 307-312.

4- Calbet, X., Romero, M.C., Sancho, J.M., Ripodas, P., Quintero.,V.J., (2006) "Relationship between sunspot number and total annual precipitation at Izana

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(Tenerife): Maximum precipitation prediction with three year lagged sunspot", Physics.ao-ph, 10 pp (Arxiv: Physics 0110083 V1, 29 Oct. 2001 website).

5- "Encyclopedia of Darling", (2008), Available from: http://www.daviddarling.info /encyclopedia/R/relative _sunspot.html. [accessed 22 jan 2008].

6- Ermakov,S., Stozkov,D., (2003), "Thunderclouds in the Solar-terrestrial Weather-Climate Relationship", Available from: http://radarmet.atmos.colostate.ddui[accessed 25 september2010]

7- Friis,C., E., Lassen,K., (1991) "Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate", ***Science,*** 254: 698-700.

8- Gasperini, M ., Chierici,F., (1997) "Short-term periodic climatic change: a combined effect between the sunspot cycle and the lunar nutation", Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Geologia Marina, ***Via Gobetti***, 101, 40129 Bologna.

9- Hancock, D. J., Yarger,D.N., (1978) "Cross-spectral analysis of sunspot and monthly mean temperature and precipitation for the contiguous United States, "***Journal of the Atmospheric Sciences***, 36: 746-753.

10- Juan, Z., Yan-Ben,H., Zhi,A.L., (2003), "The effect of solar activity on the annual precipitation in the Beijing area.,"***Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics***. 4 (2):189-1970.

11- KNMI., (2009)," Royal netherlands meteorological institute.Avaiblable from: www.knmi.nl.

12- Kristjánsson, J. E., (2001), "On the length of the solar cycle and the Earth's climate, University of Oslo"

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

13- Lassen, K. ,. Friis, C.E., (1995), "Variability of the solar cycle length during the past five centuries and the apparent association with terrestrial climate", ***J. Atm. Terr. Phys***., 57: 835-845.

14- Laut, P., Gundermann, J.,(1998)," Solar cycle length hypothesis appears to support the IPCC on global warming", ***Journal of Atmospheric and Solar-Terrstrial Physics***, 60:1719-1728.

15- Meadows, A., (1975), "A hundred years of controversy over sun spots and weather", ***Nature***, 256: 95-97.

16- NOAA, (2008)" National Oceanic and Atmospheric Administration (USA). Available from: http:www. ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html.[accessed 12 jan 2008].

17- Sabatino, S., H. L. Linghuai,H.L., (2000), "Solar variability and climate", Department of Astronomy, Yale University, New Haven.

18- Schlegel, K., Diendrof, G.,. Thern, S., Schmidt.,M., (2001)," Thunderstorms, lightning and solar activity-Middle Europe", ***Journal of Atmopheric and Solar-Terrestrial Physics*** 63: 1705-1713.

19- Smithsonian Miscellaneous Collections, (1944), "World Weather Record", Vol. 90 Assembled by H. H. Clayton, . 139-141-342-343-359.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]