

مطالعه همبستگی فراوانی و مساحت لکه ها در چرخه فعالیت های خورشیدی

بهمن حسین زاده¹، علیرضا خصالی²، حمید جدیری خدشناس¹

¹ موسسه پژوهشی سایه، تهران

² دانشکده فیزیک، دانشگاه مازندران، بابلسر

چکیده

در این تحقیق داده های مربوط به تعداد و مساحت لکه ها را از پایگاه های اطلاعاتی NOAA، SDO، LISERO و GONG تهیه نموده و پس از دسته بندی به مطالعه همبستگی دو کمیت مساحت (AR) و فراوانی (SN) در چرخه فعالیت های خورشیدی پرداختیم. به این منظور در ابتدا همبستگی داده های چرخه اخیر 24 و سپس داده های همه دوره ها در بازه زمانی سال های (1875-2020) را مورد بررسی قرار دادیم. هر دو نوع وابستگی خطی و غیر خطی بین این دو کمیت را مورد مطالعه و نتایج حاصله را مورد مقایسه قرار دادیم.

Study of Correlation Between the Sunspot Number and Area in the Solar Activity Cycle

B. Hosseinzadeh¹, A. Khesali², H.J. Khodashenas¹

¹ SAYEH Research Institute, Tehran

² Department of Physics, University of Mazandaran, Babolsar

Abstract

In this study, the data related to the sunspot number and sunspot area were obtained from NOAA, SDO, LISERO and GONG databases. We studied the correlation between two quantities of sunspot area (AR) and its number (SN) in the solar activity cycle. Actually For this purpose, at first we study the correlation of the recent cycle24 and then all periods from 1875 to 2020. We studied both linear and nonlinear dependencies between these two quantities and compared the results.

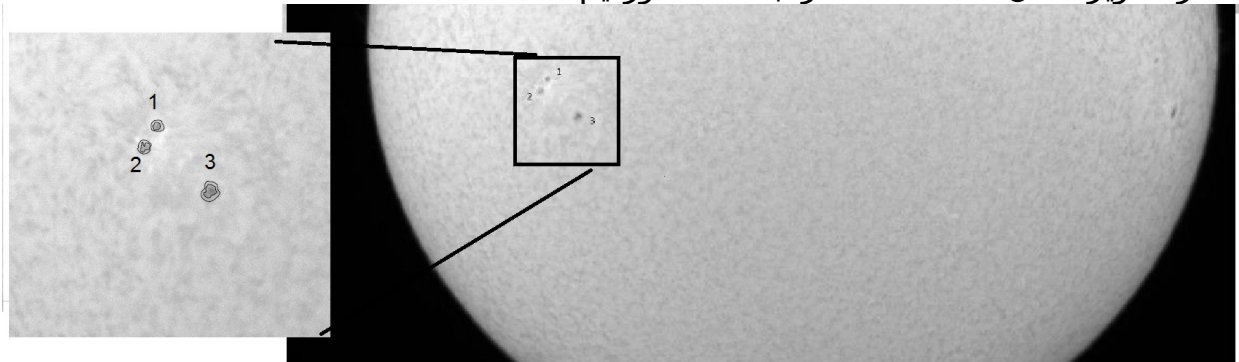
مقدمه

لکه های خورشیدی شاخص تغییر پذیری تابش خورشید هستند به طوریکه در اکثر مطالعات برای تجزیه و تحلیل تغییرات لکه های خورشیدی عمدتاً از تعداد نسبی لکه ها استفاده می گردد. دانشمندان از لکه های خورشید برای ردیابی روند چرخه خورشیدی استفاده می کنند. اندازه گیری مساحت لکه های خورشید نیز نقش مهمی در مطالعات فراوانی لکه ها و تغییرات تابش خورشید دارد و پارامترهای مهمی برای بسیاری از مطالعات در زمینه های مختلف فیزیک خورشیدی از جمله ایجاد و محو شدن لکه ها، خروج شار در نقاط لکه، تکامل گروه های لکه های خورشید و تعامل بین آنها، سرعت چرخش گروه ها، دوره های فعالیت خورشیدی، تکه تکه شدن لوله های شار و تغییرات تابش هستند [1]. در چرخه های فعالیت خورشید، مساحت لکه ها در نیمکره جنوبی خورشید تغییرات ناگهانی بیشتری را در یک چرخه مشخص نشان می دهد، ناگهان افت می کند و دوباره افزایش می یابد، اما در نیمکره شمالی تغییرات تدریجی تر است [

[2]. مساحت لکه ها در سال هایی که به حداکثر مقدار خود در چرخه ها می رسند در نیمکره شمالی و جنوبی متفاوت از هم هستند در حالیکه در حداقل وقوع دارای مقادیر یکسان می باشند. در طبیعت میزان همبستگی کمیت های مختلفی را می توان دو به دو و بدون در نظر گرفتن روابط علت و معلولی بین آنها مورد مطالعه قرار داد. در این پژوهش در نظر داریم میزان همبستگی تعداد (فراوانی) لکه ها و مساحت آنها را بررسی نماییم.

محاسبه مساحت لکه ها با استفاده از نرم افزار

شکل (1) مربوط به تعدادی لکه می باشد که در مهر ماه 1400 (اکتبر 2021) توسط تلسکوپ خورشیدی اچ آلفا با قطر دهانه 152 میلیمتر و از نوع لونت ال اس متعلق به موسسه پژوهشی سایه تهیه شده است. این تلسکوپ در حال حاضر بزرگترین تلسکوپ خورشیدی فعال در کشور است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. برای ثبت این تصویر از نوع CCD نوع ZWO 174 monochrome استفاده شده است. در این بخش به عنوان یک نمونه، اندازه مساحت چند لکه که در تصویر نشان داده شده اند را به دست آوردیم.



شکل(1): تصویر لکه های تهیه شده توسط تلسکوپ خورشیدی اچ آلفا موسسه پژوهشی سایه در مهر ماه 1400 (اکتبر 2021). [3]

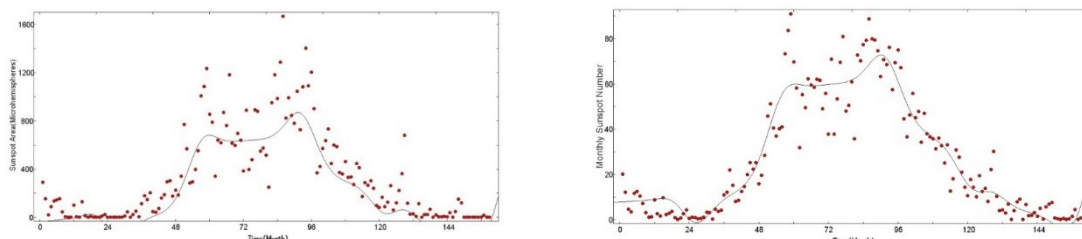
پس از تهیه تصاویر خام، مراحل کاهش داده ها جهت افزایش سیگنال به نویز توسط نرم افزار کاهش داده نجومی Registax6 انجام شده است. در این تصویر با استفاده از نرم افزار Helio v2.0 مساحت تقریبی لکه های شماره 1 ، 2 و 3 را به ترتیب برابر با 400 ، 500 و 950 کیلومتر مربع به دست آوردیم.

همبستگی مساحت لکه ها و فراوانی لکه های خورشیدی

نمودارهای شکل(2) تعداد و مساحت لکه های خورشید در چرخه اخیر 24 (2007-2020) را نشان می دهد که این داده ها با استفاده از نور سفید خورشیدی و تصاویر مگنتوگرام تولید شده

توسط شبکه ای متشکل از شش ایستگاه در سراسر کره زمین تولید و توسط شبکه جهانی رصدخانه خورشیدی (GONG) تنظیم و نگهداری شده است. همچنین از داده های مشاهده ای سری زمانی

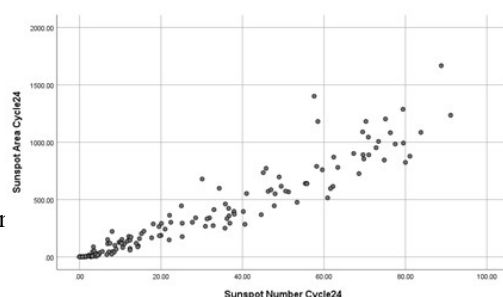
پایگاه های اطلاعاتی NOAA ، SDO ، LISERO نیز در این تحقیق استفاده نمودیم. تعداد متوسط لکه های خورشید (بدون بعد) و مساحت کل لکه های خورشید بر حسب میکروهمیسفر¹ (1 میکروهمیسفر = $04/3$ میلیون کیلومتر مربع می باشد) برای هر روز تعیین می شود. مطابق مقالات بازه تغییرات آن بین $5/4$ تا 6100 میکروهمیسفر (MSH) اندازه گیری شده است.



کل (2): نمودار حاصل از تحلیل سری زمانی مساحت (شکل راست) و فراوانی (شکل چپ) لکه های خورشید در چرخه 24 (2020-2007)

با برآزش نمودار فراوانی (SN) و مساحت لکه ها (AR) در شکل (2)، دوره تناوب فراوانی و مساحت در چرخه 24 به ترتیب برابر با 10/76 و 10/91 سال به دست آمده است. مطابق با این محاسبات مقدار متوسط دامنه تغییرات فراوانی لکه ها برابر با 4/91 و بیشترین مقدار آن در این چرخه 7/102 می باشد. همچنین مقدار متوسط به دست آمده برای مساحت لکه ها برابر با 39/869 میکروهمیسفر در حالیکه بیشترین مقدار آن در این چرخه 22/1667 میکروهمیسفر می باشد. در ادامه رابطه و همبستگی بین فراوانی لکه های خورشیدی و مساحت آنها در چرخه 24 را نیز با استفاده از نرم افزار SPSS مورد مطالعه قرار دادیم که نتایج در جدول (1) گزارش شده است. با توجه به نتایج میزان همبستگی این داده ها با ضریب $0/951^{***}$ به دست آمده که بیانگر ضرایب همبستگی بالا بین آنها می باشد. یعنی افزایش یکی، افزایش دیگری را نیز در پی دارد. البته برای $SN < 100$ وابستگی کاملاً خطی وجود دارد در حالیکه برای بیش از 100 لکه وابستگی غیر خطی داشته که در ادامه به برخی از مدل بندی های غیر خطی می پردازیم.

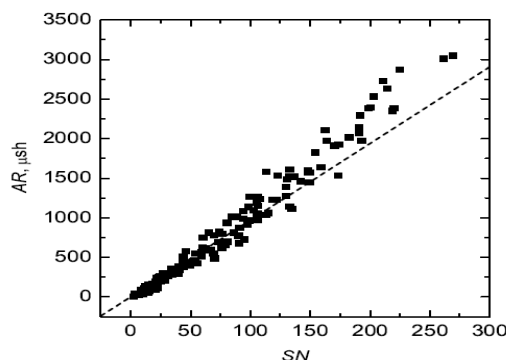
جدول (1): همبستگی بین فراوانی لکه های خورشیدی و مساحت آنها در چرخه 24



¹ Microher

	Area24	SN24
Area24 Pearson	1	.951**
Correlation		
Sig. (2-tailed)		.000
N	159	159
SN24 Pearson	.951**	1
Correlation		
Sig. (2-tailed)	.000	
N	159	159

برخلاف فراوانی، مساحت لکه ها به عنوان یک کمیت فیزیکی در خورشید محسوب می شود. بنابراین رابطه همبستگی بین آنها ممکن است غیر خطی باشد. در اینجا با تعریف تابع $AR=f(SN)$ یک وابستگی تصادفی و غیر سیستماتیک را بین این دو کمیت برقرار می کنیم. شکل (3) نمودار همبستگی AR بر حسب SN را در کل چرخه های خورشیدی در سال های (1875-2020) نشان می دهد که خط نقطه چین گویای رابطه خطی آنها در $SN < 100$ می باشد که این مدل برای $SN > 100$ صدق نکرده و یک مدل غیر خطی را می طلبد. مطابق مقالات مختلف یک تابع پیشنهادی بصورت قانون توانی و به شکل $AR=a(SN)^b$ می باشد [4] که برای به دست آوردن ثوابت a و b با برآزش نمودار از روش کمترین مربعات (LSM) به صورت $AR=4/51 \pm 0/30 (SN)^{1/177 \pm 0/016}$ به دست آمده که مطابق آن ضریب همبستگی برابر $r_1=0/998$ ، ثابت تصحیح برابر با $k_1=0/9954 \pm 0/0085$ و انحراف معیار $s_1=119$ به دست آمده است.



شکل (3): نمودار همبستگی مساحت لکه ها (AR) بر حسب فراوانی لکه ها (SN) در چرخه های خورشیدی در بازه زمانی سال های (1875-2020). داده های مورد استفاده در سایت مقابل موجود می باشد.

http://www.gaoran.ru/database/csa/derived/AR_NO21y.txt

تابع دیگری که می توان برای همبستگی غیر خطی استفاده نمود یک معادله کثیرال جمله ای به شکل $AR=c(SN)+d(SN)^2$ می باشد. این بار هم با برآزش نمودار با استفاده از روش کمترین مربعات (LSM) مقدار $AR=(9/06 \pm 0/28)SN+(0/0115 \pm 0/0018)(SN)^2$ به دست آمده که مطابق آن ضریب همبستگی برابر $r_2=0/988$ ، ثابت تصحیح برابر با $k_2=1/0008 \pm 0/0089$ و انحراف معیار $s_2=120$ به دست آمده است. با توجه به مقادیر حاصله در دو رویکرد مورد بحث می توان دید که نتایج مشابهی برای ضرایب همبستگی بین SN و AR به دست می آید. از طرفی می توان معادله $AR=f(SN)$ را به فاز و مرحله دوره های چرخه خورشیدی مرتبط دانست. به بیان دیگر با بررسی جزئیات بیشتری از داده ها و با در نظر گرفتن مرحله فعالیت نسبت به نقاط اکسترم چرخه ها می توان از میانگین وزنی داده ها نیز استفاده نمود [5]. نتایج حاصل نسبت به روشهای قبل مقادیر قابل قبول و نسبتاً دقیقتری را نشان می دهد. در این رویکرد مقادیر ضریب همبستگی برابر $r_3=0/990$ ، ثابت تصحیح برابر با $k_3=0/9983 \pm 0/0076$ و انحراف معیار $s_3=107$ به دست آمده است. همانطور که از نتایج مشاهده می شود، انحراف

معیار باقیمانده به اندازه 10 درصد کمتر از سایر موارد بحث شده در قسمت های قبل می باشد که می توان این مدل را برای بررسی دقیقتر میزان همبستگی دو کمیت SN و AR مورد استفاده قرار داد.

نتیجه گیری

در این پژوهش فاکتور ضریب همبستگی بین کمیت های مساحت و فراوانی لکه های خورشیدی را مورد بررسی قرار دادیم که برای $SN < 100$ رابطه کاملاً خطی بین دو کمیت وجود داشته و برای $SN > 100$ رابطه غیر خطی بر اساس مدل توانی و کثیرال جمله ای تعریف کردیم که برای هر دو مورد مقادیر ضرایب همبستگی و انحراف معیار تقریباً یکسان به دست آمده است. در مدل نهایی با در نظر گرفتن فاز و دوره های چرخه خورشیدی و استفاده از میانگین وزنی داده ها، نتایج حاصل نسبت به روشهای قبل مقادیر نسبتاً دقیقتری را نشان می دهد. در این رویکرد مقادیر ضریب همبستگی برابر $r_3 = 0/990$ ، ثابت تصحیح برابر با $k_3 = 0/9983 \pm 0/0076$ و انحراف معیار $s_3 = 107$ به دست آمده است که این انحراف معیار به اندازه 10 درصد کمتر از سایر موارد بحث شده در قسمت های قبل می باشد که می توان نتایج حاصل از این مدل را برای بررسی همبستگی دو کمیت SN و AR قابل قبول دانست.

مرجع ها

- [1] T. Baranyi, L. Gyori, A. Ludmány, H. E. Coffey, Comparison of sunspot area data bases, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 323, Issue 1, May 2001, Pages 223–230,
- [2] A. Akaniru, C. Onuchukwu, STATISTICAL ANALYSIS OF SUNSPOT NUMBER AND AREA, *CJOMS* Vol 1, issue 1 (2017)
- [3] Sayeh Research Institute, <http://shadow-chasers.net/?lang=fa>
- [4] Carrasco V. M. S., Vaquero J. M., Gallego M. C., Sánchez-Bajo F., 2016, *Sol. Phys.*
- [5] Nagovitsyn Yu. A., Pevtsov A. A., 2016, *ApJ*, 833, 94