

Sugli indici di attività dei filamenti solari

G. FORTI (*) - G. GODOLI (*) - G. NOCI (*)

Ricevuto il 22 Gennaio 1965

RIASSUNTO. — Dopo aver brevemente esaminato gli indici utilizzati per la descrizione dell'attività dei filamenti solari, viene esposto ed applicato un metodo statistico che permette di individuare gli indici migliori.

SUMMARY. — The indices used for the description of the solar filaments activity are briefly examined. A statistical method for choosing the better indices is explained and applied.

1. - INTRODUZIONE.

Il problema dell'analisi degli indici di attività solare ha due aspetti:

a) si possono ricercare quali sono quei fenomeni solari che presentano una maggiore correlazione con un determinato fenomeno geofisico;

b) si possono ricercare quelle grandezze che meglio descrivono un determinato fenomeno solare.

Ovviamente la seconda ricerca, di carattere strettamente metrologico, è propedeutica alla prima.

Nel presente lavoro ci siamo proposti di analizzare gli indici utilizzati per la descrizione dell'attività dei filamenti solari.

Per una accurata descrizione morfologica e fisica del fenomeno delle protuberanze e dei filamenti solari rimandiamo ad altra sede (¹). Qui ci preme ricordare soltanto che i filamenti oscuri, osservati sul disco in radiazione monocromatica, altro non sono che protuberanze generalmente quiescenti. Si possono occasionalmente osservare sul disco come filamenti anche protuberanze attive ma in questo caso i filamenti sono poco estesi e molto variabili.

(*) Osservatorio Astrofisico di Arcetri - Firenze. I Sezione del Centro di Astrofisica del C.N.R.

2. MATERIALE DI OSSERVAZIONE.

Per la descrizione dell'attività dei filamenti vengono utilizzati i seguenti indici:

a) *Numero giornaliero di fenomeni N.*

Il numero di fenomeni visibile giornalmente sul disco è senza dubbio l'indice più immediato. Questo indice può essere ricavato direttamente dal materiale di osservazione originale.

Medie semestrali del numero giornaliero di fenomeni, secondo le osservazioni di Kodaikanal, sono state pubblicate dall'Osservatorio di Kodaikanal dal 1912 con le sole lacune dell'anno 1914 e del primo semestre del 1935. Dal 1924 al 1937 e dal 1941 in poi sono state pubblicate dall'osservatorio di Kodaikanal anche le medie semestrali del numero giornaliero dei fenomeni secondo le osservazioni di Kodaikanal, integrate da quelle di altri osservatori collaboranti (2).

Le medie annuali di questo indice, secondo le osservazioni di Kodaikanal e secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori collaboranti, sono riportate nella Tabella I. Data la sufficiente uniformità della distribuzione delle osservazioni durante l'anno, le medie annuali sono state dedotte mediante quelle semestrali.

b) *Numero di fenomeni per rotazione Nr.*

Il numero di fenomeni presenti sul Sole durante una rotazione sinodica equivale, statisticamente, alla metà della media rotazionale del numero giornaliero di fenomeni, dato che la durata dei filamenti non varia molto, in media, da un oggetto all'altro.

Il numero di fenomeni per rotazione è facilmente ricavabile dai cataloghi di Meudon per il periodo Marzo 1919-Dicembre 1963 (3).

Le medie annuali del numero di fenomeni per rotazione sono riportate nella terza colonna della Tabella I. Le medie annuali sono state eseguite attribuendo ad ogni anno le rotazioni che in esso hanno avuto inizio. La media relativa al 1919, sebbene sia stata eseguita a partire dalla rotazione iniziata il 15 Marzo, non dovrebbe essere troppo diversa dalla media completa: nel periodo 1918-1920 l'attività dei filamenti si è infatti mantenuta abbastanza costante.

Tabella I. — MEDIE ANNUALI DEL NUMERO GIORNALIERO DI FILAMENTI N SECONDO LE OSSERVAZIONI DI KODAIKANAL (K) E SECONDO LE OSSERVAZIONI DI KODAIKANAL INTEGRATE DA QUELLE DI ALTRI OSSERVATORI COLLABORANTI (C).

MEDIE ANNUALI DEL NUMERO DI FILAMENTI PER ROTAZIONE N_r

Anno	N		N_r	Anno	N		N_r
	K	C			K	C	
1912	1.53			1938	51.47		81.5
1913	0.69			1939	49.26		67.5
1914	—			1940	41.68		56.9
1915	8.95			1941	27.47	28.27	42.9
1916	11.78			1942	23.68	24.76	35.1
1917	21.23			1943	15.26	17.24	21.0
1918	24.15			1944	10.12	12.85	17.7
1919	20.10		52.3	1945	18.68	19.54	32.7
1920	28.35		45.6	1946	32.84	33.32	50.1
1921	28.25		37.6	1947	38.17	39.96	55.2
1922	15.00		28.7	1948	30.52	31.62	66.7
1923	8.95		20.2	1949	35.73	34.76	68.0
1924	15.00	14.40	28.7	1950	26.28	28.31	50.7
1925	20.15	19.55	41.6	1951	26.02	26.29	38.3
1926	34.15	33.90	43.1	1952	18.70	19.24	29.0
1927	33.90	33.90	44.1	1953	11.66	11.64	23.3
1928	28.29	30.15	41.1	1954	5.32	5.80	13.8
1929	25.42	25.40	38.2	1955	11.86	13.28	30.9
1930	21.05	21.10	37.8	1956	30.26	29.81	57.2
1931	14.56	14.68	32.2	1957	28.45	27.60	67.0
1932	8.07	8.56	22.0	1958	29.44	29.35	76.3
1933	6.96	7.34	18.8	1959			67.1
1934	10.35	10.38	20.4	1960			59.3
1935	—	23.53	33.6	1961			41.3
1936	46.64	47.76	52.6	1962			31.4
1937	54.60	55.46	74.2	1963			22.2

c) *Numero caratteristico giornaliero N.C.*

Il numero caratteristico giornaliero costituisce una stima, in una scala da 0 a 5, dell'attività giornaliera dei filamenti: 0 significa attività minima; 5 attività massima. Per diminuire la soggettività delle stime, sono stati distribuiti dagli osservatori di Monte Wilson e Meudon degli spettroeliogrammi campione.

I numeri caratteristici per i filamenti, introdotti per convenzione internazionale, sono stati pubblicati nel «Bulletin for character figures of solar phenomena» (successivamente chiamato *Quarterly bulletin on solar activity*) per il periodo 1917-1944: fino al 1941 sono stati pubblicati i valori giornalieri stimati nei singoli osservatori; le medie giornaliere di questi valori; le medie mensili per i singoli e per tutti gli osservatori; dal 1942 al 1944 sono state invece pubblicate soltanto le medie giornaliere e mensili per tutti gli osservatori. In tre riassunti sono date le medie annuali dei numeri caratteristici per tutti gli osservatori (4).

Per il periodo 1932-1949 sono state pubblicate in questa sede (5) le medie mensili ed annuali dei numeri caratteristici stimati ad Arcetri. Dal 1950 al 1960 sono stati pubblicati sempre in questa sede (6) anche i valori giornalieri. Dal 1961 i valori giornalieri dei numeri caratteristici dei filamenti stimati ad Arcetri sono stati pubblicati nel bollettino delle osservazioni eseguite all'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (7).

È stato dimostrato (5) che i numeri caratteristici dei filamenti non sono proporzionali né all'area coperta giornalmente dai fenomeni, né al logaritmo dell'area. È possibile ottenere invece una serie di numeri proporzionali all'area coperta dai fenomeni qualora si alteri la scala dei numeri caratteristici come è indicato nel seguente schema:

Numero caratteristico <i>N.C.</i>	Numero caratteristico alterato (<i>N.C.</i>) _a
0	0
1	0.5
2	1
3	2
4	3
5	4

Tabella II - MEDIE ANNUALI DEL NUMERO CARATTERISTICO GIORNALIERO $N.C.$ E DEL NUMERO CARATTERISTICO GIORNALIERO ALTERATO $(N.C.)_a$ DEI FILAMENTI SECONDO IL QUARTERLY BULLETIN (Q) E SECONDO ARCE TRI (A).

Anno	Q		A		Anno	Q		A	
	$N.C.$	$(N.C.)_a$	$N.C.$	$(N.C.)_a$		$N.C.$	$(N.C.)_a$	$N.C.$	$(N.C.)_a$
1917	2.43	1.43			1941	1.70	0.85	1.60	0.80
1918	2.51	1.51			1942	1.40	0.70	0.90	0.45
1919	2.11	1.11			1943	1.00	0.50	0.90	0.45
1920	1.80	0.90			1944	0.90	0.45	0.70	0.35
1921	1.38	0.69			1945			1.30	0.65
1922	0.78	0.39			1946			2.00	1.00
1923	0.43	0.22			1947			2.70	1.70
1924	0.84	0.42			1948			2.30	1.30
1925	1.15	0.58			1949			2.50	1.50
1926	2.38	1.19			1950			2.26	1.26
1927	2.00	1.00			1951			1.11	0.56
1928	2.64	1.64			1952			0.81	0.40
1929	2.55	1.55			1953			0.35	0.18
1930	1.92	0.96			1954			0.29	0.14
1931	1.23	0.62			1955			1.50	0.75
1932	0.51	0.26	0.30	0.15	1965			2.87	1.87
1933	0.35	0.18	0.20	0.10	1957			2.59	1.59
1934	0.61	0.30	0.40	0.20	1958			2.23	1.23
1935	1.37	0.68	0.90	0.45	1959			2.15	1.15
1936	2.61	1.61	3.10	2.10	1960			1.89	0.94
1937	2.98	1.98	2.80	1.80	1961			1.52	0.76
1938	2.96	1.96	3.20	2.20	1962			0.89	0.44
1939	2.60	1.60	2.90	1.90	1963			0.85	0.42
1940	2.50	1.50	2.40	1.40					

Le medie annuali del numero caratteristico giornaliero e del numero caratteristico giornaliero alterato, secondo il *Quarterly Bulletin* e secondo Arcetri, sono riportate nella Tabella II.

d) Indice rotazionale di attività I secondo Meudon.

All'osservatorio di Meudon viene rilevato dalle carte solari un indice rotazionale di attività, separatamente per le diverse zone eliografiche di 5° di ampiezza (3). Di ciascun filamento viene determinata la lunghezza compresa fra i paralleli che delimitano la zona considerata. La lunghezza

Tabella III - MEDIA ANNUALE DELL'INDICE ROTAZIONALE DI ATTIVITÀ I DEI FILAMENTI.

Anno	I	Anno	I	Anno	I
1919	1244	1932	321	1945	895
1920	1016	1933	260	1946	1449
1921	809	1934	353	1947	1729
1922	624	1935	750	1948	1634
1923	387	1936	1424	1949	1557
1924	548	1937	1735	1950	1243
1925	858	1938	1969	1951	858
1926	1278	1939	1494	1952	568
1927	1057	1940	1029	1953	448
1928	1099	1941	803	1954	272
1929	1151	1942	627	1955	763
1930	930	1943	397	1956	1555
1931	560	1944	377	1957	1592

viene poi moltiplicata per 1, 2, 3, rispettivamente a seconda che sulle carte il filamento sia lasciato in bianco, tratteggiato o tinto in nero. (Ricordiamo che ciò equivale a dare peso 1, 2, 3 rispettivamente a quei fenomeni la cui durata sia stata inferiore ad un terzo della durata della visibilità della regione interessata, oppure compresa fra un terzo e due

terzi, oppure superiore a due terzi). Il valore pesato della lunghezza viene poi moltiplicato per il coseno della latitudine media della zona considerata al fine di tener conto della deformazione delle lunghezze sulle carte. Il numero così ottenuto viene poi sommato ai numeri ottenuti per gli altri filamenti nella zona considerata.

Sommando opportunamente gli indici relativi alle varie zone si ottengono indici rotazionali per i filamenti polari o per quelli equatoriali; per un emisfero o per tutto il globo.

Questi indici sono ricavabili dai cataloghi di Meudon per il periodo 15 Marzo 1919 - 30 Giugno 1957.

Le medie annuali dell'indice rotazionale di attività I per tutto il globo sono riportate nella Tabella III. Come abbiamo già osservato la media relativa al 1919, sebbene sia stata eseguita a partire dalla rotazione iniziata il 15 Marzo, non dovrebbe essere troppo diversa da quella completa, invece la media relativa al 1957, eseguita sulla base delle rotazioni iniziate nel primo semestre dell'anno, potrebbe anche essere molto diversa dalla media completa: per questo essa è riportata fra parentesi.

e) Area coperta giornalmente.

L'indice, la cui determinazione richiede senza dubbio il massimo impegno, è l'area coperta giornalmente dai fenomeni.

È noto che l'area coperta da un fenomeno solare, misurata sul disco, viene chiamata « area proiettata ». Moltiplicando l'area proiettata per la secante dell'angolo centro disco-centro Sole-baricentro del fenomeno, si ottiene l'« area corretta ». Evidentemente, l'« area corretta » coincide con l'« area vera » del fenomeno solo se questo giace sulla superficie solare. Per questo, quando è stata scoperta la costituzione spaziale dei filamenti solari, ci si è limitati a determinarne l'area proiettata.

Medie semestrali dell'area corretta coperta giornalmente dai filamenti secondo le osservazioni di Kodaikanal sono state pubblicate dall'Osservatorio di Kodaikanal dal 1912 al 1940 con le sole lacune dell'anno 1914 e del primo semestre del 1935. Dal 1924 al 1938 sono state pubblicate dall'Osservatorio di Kodaikanal anche le medie semestrali secondo le osservazioni di Kodaikanal, integrate da quelle di altri osservatori collaboranti (2).

Dal 1929, l'Osservatorio di Kodaikanal ha pubblicato anche le medie semestrali dell'area proiettata coperta giornalmente dai filamenti secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori collaboranti (2).

Tabella IV - MEDIE ANNUALI DELL'AREA PROIETTATA (*p*) E CORRETTA (*c*) COPERTA GIORNALMENTE DAI FILAMENTI SECONDO LE OSSERVAZIONI DI KODAIKANAL (*K*); SECONDO LE OSSERVAZIONI DI KODAIKANAL INTEGRATE DA QUELLE DI ALTRI OSSERVATORI COLLABORANTI (*C*) E SECONDO LE OSSERVAZIONI DI ARCETRI (*A*). LE AREE SONO ESPRESSE IN MILIONESIMI DELL'EMISFERO.

Anno	<i>K</i>		<i>C</i>		<i>A</i>	Anno	<i>K</i>		<i>C</i>		<i>A</i>
	<i>p</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	<i>c</i>	<i>p</i>		<i>p</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	<i>c</i>	<i>p</i>
1912		386				1936		8928	4850	9064	3550
1913		94				1937		9320	5114	9420	4550
1914		—				1938		10916	6037	10562	4200
1915		2542				1939		9716	5414		4200
1916		1844				1940		7795	4432		2950
1917		3246				1941	3146		3024		1200
1918		3610				1942	2735		2990		900
1919		3496				1943	1686		1796		650
1920		4816				1944	1032		1340		200
1921		3584				1945	2122		2184		550
1922		1758				1946	4372		4358		3200
1923		1044				1947	4605		4672		3750
1924		2009		1920		1948	3384		3354		3250
1925		2532		2532		1949	4531		4304		4050
1926		4734		4672		1950	3143		3336		
1927		3731		3885		1951	2808		2917		
1928		4132		4261		1952	1812		1935		
1929		4238	2542	4336		1953	1123		1142		
1930		3350	1998	3396		1954	559		609		
1931		2138	1226	2184		1955	1866		1987		
1932		1256	682	1301	450	1956	4906		4820		
1933		1058	610	1080	450	1957	5018		4924		
1934		2036	1037	2062	250	1958	4854		4802		
1935		—	2293	4737	900						

Medie mensili ed annuali di questo indice secondo le osservazioni di Arcetri, sono state pubblicate dall'Osservatorio di Arcetri per il periodo 1932-1949 (*).

Le medie annuali delle aree coperte giornalmente secondo le osservazioni disponibili di Kodaikanal; di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori collaboranti; di Arcetri, sono riportate nella Tabella IV. Data la sufficiente uniformità della distribuzione delle osservazioni durante l'anno, le medie annuali per Kodaikanal e per Kodaikanal ed osservatori collaboranti sono state dedotte mediando quelle semestrali.

3. - ANALISI DEGLI INDICI DISPONIBILI.

Per individuare quali siano, fra quelli disponibili, gli indici più adatti per la descrizione dell'attività dei filamenti solari, abbiamo preso in considerazione il periodo 1919-1956 per cui sono disponibili tutti gli indici.

I dati analizzati sono stati riportati nella Tabella V.

Per il numero giornaliero di filamenti N sono state considerate le medie annuali secondo le osservazioni di Kodaikanal per il periodo 1919-1923 e le medie annuali secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori collaboranti per il periodo 1924-1956.

Per il numero di filamenti per rotazione N_r sono state considerate le medie annuali secondo Meudon. Per quanto abbiamo detto al n. 2b è stata considerata anche la media relativa al 1919.

Per il numero caratteristico giornaliero $N.C.$ e per il numero caratteristico giornaliero alterato $(N.C.)_a$ sono state considerate le medie annuali secondo il Quarterly Bulletin per il periodo 1919-1944 e le medie annuali secondo Arcetri per il periodo 1945-1956.

Per l'indice di attività I sono state considerate le medie annuali secondo Meudon. Per quanto abbiamo detto al n. 2d è stata considerata la media relativa al 1919 ma non quella relativa al 1957.

Per l'area coperta giornalmente sono state considerate le medie annuali delle aree proiettate secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori per il periodo 1919-1956. Per i periodi 1919-1923 e 1924-1928 le medie considerate sono state ottenute dalle medie annuali delle aree corrette rispettivamente secondo le osservazioni di Kodaikanal e secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori collaboranti, applicando il fattore di riduzione 0.553. Questo fattore è stato ricavato mediando per il periodo

Tabella V. - INDICI ANALIZZATI DEI FILAMENTI.

Anno	N	N_r	$N.C.$	$(N.C.)_a$	I	A
1919	20.10	52.3	2.11	1.11	1244	1933
1920	28.35	45.6	1.80	0.90	1016	2664
1921	28.25	37.6	1.38	0.69	809	1982
1922	15.00	28.7	0.78	0.39	624	972
1923	8.95	20.2	0.43	0.22	387	578
1924	14.40	28.7	0.84	0.42	548	1062
1925	19.55	41.6	1.15	0.58	858	1395
1926	33.90	43.1	2.38	1.19	1278	2584
1927	33.90	44.1	2.00	1.00	1057	2148
1928	30.15	41.1	2.64	1.64	1099	2356
1929	25.40	38.2	2.55	1.55	1151	2542
1930	21.10	37.8	1.92	0.96	930	1998
1931	14.68	32.2	1.23	0.62	560	1226
1932	8.56	22.0	0.51	0.26	321	682
1933	7.34	18.8	0.35	0.18	260	610
1934	10.38	20.4	0.61	0.30	353	1037
1935	23.53	33.6	1.37	0.68	750	2293
1936	47.76	52.6	2.61	1.61	1424	4850
1937	55.46	74.2	2.98	1.98	1735	5114
1938	53.98	81.5	2.96	1.96	1969	6037
1939	49.26	67.5	2.60	1.60	1494	5414
1940	41.68	56.9	2.50	1.50	1029	4432
1941	28.27	42.9	1.70	0.85	803	3024
1942	24.76	35.1	1.40	0.70	627	2990
1943	17.24	21.0	1.00	0.50	397	1796
1944	12.85	17.7	0.90	0.45	377	1340
1945	19.54	32.7	1.30	0.65	895	2184
1946	33.32	50.1	2.00	1.00	1449	4358
1947	39.96	55.2	2.70	1.70	1729	4672
1948	31.62	66.7	2.30	1.30	1634	3354
1949	34.76	68.0	2.50	1.50	1557	4304
1950	28.31	50.7	2.26	1.26	1243	3336
1951	26.29	38.3	1.11	0.56	858	2917
1952	19.24	29.0	0.81	0.40	568	1935
1953	11.64	23.3	0.35	0.18	448	1142
1954	5.80	13.8	0.29	0.14	272	609
1955	13.28	30.9	1.50	0.75	763	1987
1956	29.81	57.2	2.87	1.87	1555	4820

1929-1938 i rapporti fra le medie annuali delle aree proiettate e di quelle corrette secondo le osservazioni di Kodaikanal integrate da quelle di altri osservatori.

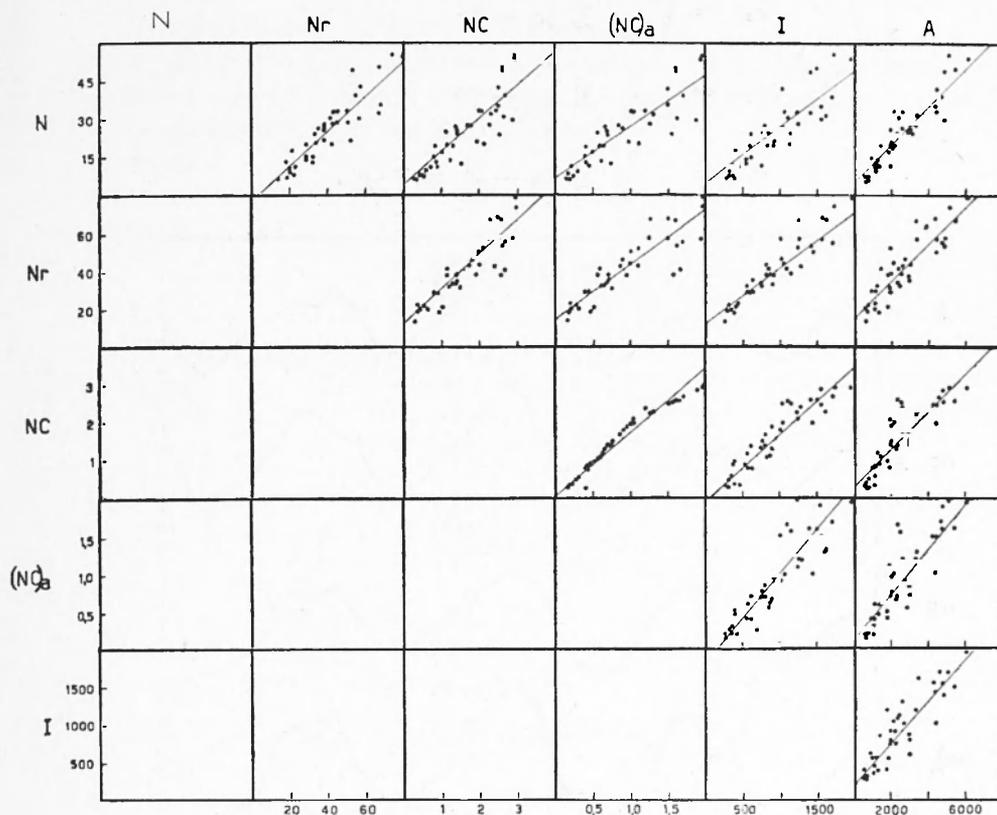


Fig. 1 - Confronto tra gli indici analizzati.

Nei grafici di Fig. 1 gli indici analizzati sono confrontati a due a due per il periodo 1919-1956. Nel grafico di Fig. 2 vengono invece confrontati per lo stesso periodo le variazioni degli indici con il tempo.

Indichiamo ora con $(x_1, y_1), \dots, (x_r, y_r), \dots, (x_n, y_n)$ le 38 coppie di valori che due indici assumono nei 38 anni studiati. Siano:

- 1) X_t ed Y_t i valori « veri » di x_t ed y_t (^{9, 10});
- 2) $\bar{x} = \sum x_i/n$;
- 3) $\bar{y} = \sum y_i/n$;

4) σ_x^2 , σ_y^2 , σ_{xy} rispettivamente la varianza delle x_t , delle y_t e la covarianza delle coppie x_t, y_t :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_t - \bar{x})^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_t - \bar{y})^2}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{n} \sum (x_t - \bar{x}) (y_t - \bar{y}).$$

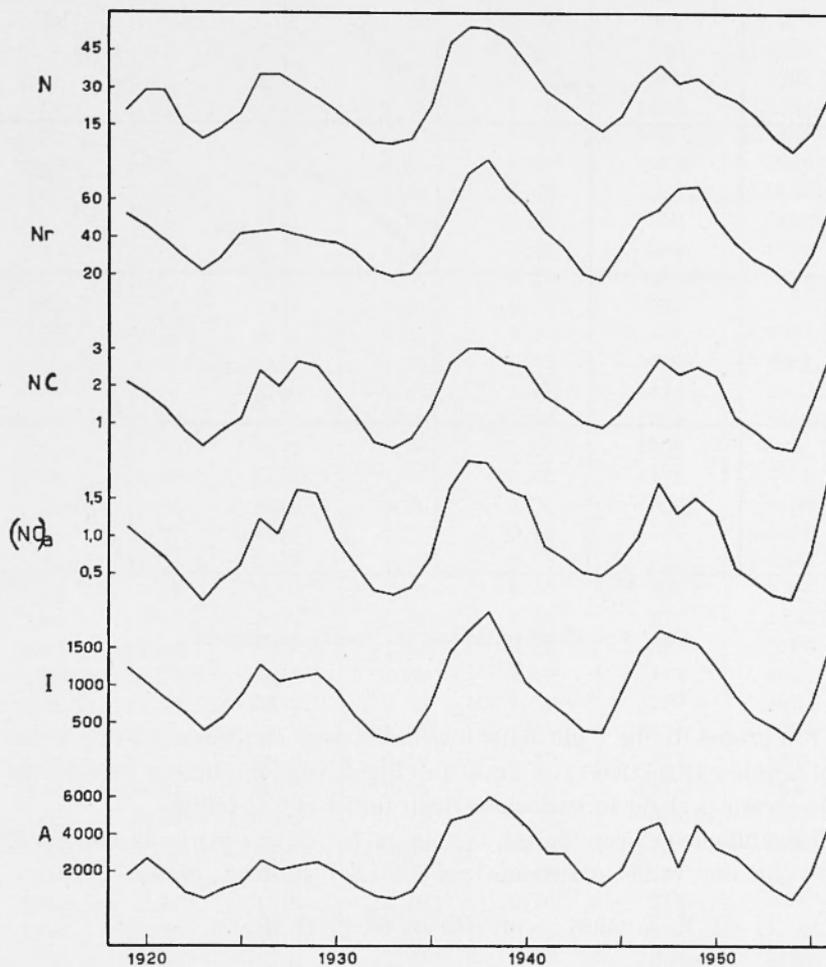


Fig. 2 - Variazioni col tempo degli indici analizzati.

Definiamo « errori » δ_i e Δ_i le quantità

$$\begin{aligned}\delta_i &= x_i - X_i \\ \Delta_i &= y_i - Y_i \quad (9, 10).\end{aligned}$$

Seguendo A. Wald (9, 10) supponiamo che:

- 1) gli errori δ_i abbiano distribuzioni identiche e non siano correlati;
- 2) gli errori Δ_i abbiano distribuzioni identiche e non siano correlati;
- 3) gli errori δ_i e Δ_i non siano correlati;
- 4) sia

$$Y_i = a X_i + \beta;$$

- 5) sia

$$\left| \sum_1^{n/2} x_i - \frac{\sum_1^n x_i}{\frac{n}{2}+1} \right| / n$$

una quantità maggiore di zero.

Posto

$$a_1 = \left[\sum_1^{n/2} x_i - \frac{\sum_1^n x_i}{\frac{n}{2}+1} \right] / n ;$$

$$a_2 = \left[\sum_1^{n/2} y_i - \frac{\sum_1^n y_i}{\frac{n}{2}+1} \right] / n ;$$

$$a = \frac{a_2}{a_1} ;$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x} ;$$

si ha, per la legge dei grandi numeri (9, 10),

$$a \approx a \quad [3.1]$$

$$\beta \approx b \quad [3.2]$$

Indicando con σ_δ^2 e σ_Δ^2 le varianze dei δ_i e Δ_i si ha, sempre per la legge dei grandi numeri (9, 10),

$$\sigma_\delta \approx \sqrt{\frac{n}{n-1} (\sigma_x^2 - \frac{\sigma_{xy}}{a})} \quad [3.3]$$

$$\sigma_\Delta \approx \sqrt{\frac{n}{n-1} (\sigma_y^2 - a \sigma_{xy})} \quad [3.4]$$

Indicando infine con r il coefficiente di correlazione fra gli x_i e gli y_i si ha

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad [3.5]$$

Tabella VI. - MATRICE DEI COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE.

$y \backslash x$	N	N_r	$N.C.$	$(N.C.)_a$	I	A	Σ
N		0.90	0.88	0.88	0.88	0.93	4.47
N_r	0.90		0.89	0.89	0.95	0.90	4.53
$N.C.$	0.88	0.89		0.98	0.93	0.86	4.54
$(N.C.)_a$	0.88	0.89	0.98		0.92	0.88	4.55
I	0.88	0.95	0.93	0.92		0.89	4.57
A	0.93	0.90	0.86	0.88	0.89		4.46
Σ	4.47	4.53	4.54	4.55	4.57	4.46	

Tabella VII. - MATRICE DELLE RADICI QUADRATE DELLE VARIANZE DEGLI « ERRORI » δ_i DELLE x .

$y \backslash x$	N	N_r	$N.C.$	$(N.C.)_a$	I	A
N		3.1	i	i	i	120
N_r	1.9		0.026	0.11	i	i
$N.C.$	4.2	3.7		0.13	150	420
$(N.C.)_a$	3.7	1.8	i		130	350
I	3.7	3.1	0.059	0.12		120
A	1.5	i	i	i	i	
$\Sigma \sigma_i$	15.0	11.7	0.085	0.36	280	1010
$\bar{\sigma}_i$	3.0	2.9	0.042	0.12	140	250
\bar{x}	25	41	1.6	0.92	950	2600
$100 \frac{\sigma_i}{x}$	12%	7%	3%	13%	15%	10%

Tabella VIII - MATRICE DELLE RADICI QUADRATE DELLE VARIANZE DEGLI « ERRORI » Δ_i DELLE y .

$y \backslash x$	N	N_r	$N.C.$	$(N.C.)_a$	I	A	$\Sigma\sigma_{\Delta}$	$\bar{\sigma}_{\Delta}$	\bar{y}	$100 \frac{y \bar{\sigma}_{\Delta}}{y}$
N		5.1	6.6	6.1	6.5	4.7	29.0	5.8	25	23%
N_r	6.9		7.7	7.1	6.4	7.7	35.8	7.2	41	18%
$N.C.$	0.32	0.35		i	0.18	0.37	1.22	0.31	1.6	19%
$(N.C.)_a$	0.22	0.25	0.13		0.16	0.24	1.00	0.20	0.92	22%
I	190	120	170	150		210	840	170	950	18%
A	530	670	820	760	770		3350	710	2600	27%

La ricerca degli indici più adatti per la descrizione dell'attività dei filamenti solari è stata eseguita applicando due metodi statistici diversi.

Il primo metodo è consistito nel calcolo dei coefficienti di correlazione r di ciascun indice rispetto a tutti gli altri. Diremo un indice I_1 migliore (peggiore) di un indice I_2 quando la somma dei coefficienti di correlazione fra l'indice I_1 e gli altri indici è maggiore (minore) della somma dei coefficienti di correlazione fra l'indice I_2 e gli altri indici.

Il secondo metodo si è basato invece sull'analisi dei σ_δ e σ_A . Naturalmente σ_δ non dipende dall'indice y considerato; analogamente σ_A non dipende dall'indice x considerato. Si potrebbe quindi dire che un indice I_1 è migliore (peggiore) di un indice I_2 quando le quantità $\sigma_\delta/\bar{x} = \sigma_A/\bar{y}$ relative all'indice I_1 siano minori (maggiori) delle quantità $\sigma_\delta/\bar{x} = \sigma_A/\bar{y}$ relative all'indice I_2 . Quando però si assumano come valori dei σ_δ e σ_A i valori dei secondi membri delle [3.3] e [3.4] introducendo una approssimazione tanto più grossolana quanto più piccolo è n (ricordiamo che, nel nostro caso, $n = 38$), i σ_δ potranno dipendere anche dall'indice y considerato ed i σ_A potranno dipendere dall'indice x considerato. Si dirà allora che un indice I_1 è migliore (peggiore) di un indice I_2 quando la somma delle quantità σ_δ/\bar{x} dell'indice I_1 calcolate rispetto a tutti gli altri indici è minore (maggiore) della somma delle σ_δ/\bar{x} dell'indice I_2 calcolate rispetto a tutti gli altri indici. Anche la somma delle quantità σ_A/\bar{y} dell'indice I_1 calcolate rispetto a tutti gli altri indici dovrà essere minore (maggiore) della somma delle quantità σ_A/\bar{y} dell'indice I_2 calcolate rispetto a tutti gli altri indici.

Nella Tabella VI è riportata la matrice dei coefficienti di correlazione r . Gli elementi della matrice sono stati calcolati tutti per controllo. Dall'esame della matrice si deduce che, in prima approssimazione, i vari indici impiegati per la descrizione dell'attività dei filamenti solari sono in pratica equivalenti. L'indice migliore sembra essere l'indice rotazionale I secondo Meudon e gli indici peggiori sembrano essere il numero giornaliero di fenomeni N e l'area coperta giornalmente A .

Nelle Tabelle VII e VIII sono riportate le radici quadrate delle varianze rispettivamente degli « errori » δ_i delle x e degli errori Δ_i delle y . Il fatto che alcuni valori siano immaginari può essere attribuito alla non completa validità delle ipotesi formulate. Nelle Tabelle VII ed VIII sono riportate anche le somme e le medie delle radici quadrate delle varianze degli errori; le medie degli indici considerati e le medie percentuali delle radici quadrate delle varianze degli errori. Il fatto che i valori dell'ultima riga della Tabella VII siano notevolmente diversi da quelli dell'ultima colonna di Tabella VIII, attribuibile anch'esso alla

non completa validità delle ipotesi, impedisce l'applicazione del nostro secondo metodo.

La Fig. 1, in cui sono state riportate le rette definite dalla [3.1] e [3.2], e la Fig. 2 mostrano le buone correlazioni esistenti fra i diversi indici.

Possiamo quindi concludere che tutti gli indici utilizzati per la descrizione dell'attività dei filamenti solari sembrano essere in pratica equivalenti anche se vi è qualche debole ragione per preferire l'indice rotazionale I secondo Meudon e scartare il numero giornaliero di fenomeni N e l'area coperta giornalmente A .

Firenze - Osservatorio Astrofisico di Arcetri,
Dicembre 1964.

BIBLIOGRAFIA

- (1) K. O. KIEPENHEUER, *The Solar System*. (Ed. Kuiper) **1** (1953).
C. DE JAGER, *Handb. Phys.* (Ed. Flugge) **52** (1959).
R. G. ATHAY and C. S. WARWICK, *Advanc. Geophys.* **9** (1962).
- (2) *Kodaikanal Obs.*, Bulletin N° 62 e segg.
- (3) *Paris-Meudon Obs.*, Ann. 6° e successivamente *Cartes Solaires*.
- (4) *Character figures of solar phenomena* e successivamente *Quarterly Bulletin on Solar Activity*, 1-5.
- (5) G. RIGHINI, G. GODOLI, *Sui numeri caratteristici dell'attività solare*. « *Ann. Geophys.* », **3**, 501 (1950).
- (6) G. GODOLI, *Numeri caratteristici dei flocculi d'idrogeno e di calcio e dei filamenti d'idrogeno*. « *Ann. Geophys.* », **7** (1954 e segg.).
- (7) *Osservatorio Astrofisico di Arcetri*. Oss. e Mem. Fasc. 77 e segg.
- (8) G. RIGHINI e G. GODOLI, *Riduzione del materiale spettroeliografico raccolto alla torre solare di Arcetri nel periodo 1932-1949*. *Mem. SAI.*, **21**, 333 (1950).
- (9) Y. V. LINNIK, *Method of least squares and principles of the theory of observations*. Pergamon Press, 309 (1961).
- (10) A. WALD, *The fitting of straight lines if both variables are subject to errors*. « *Ann. Math. Statistics* », **11**, 284 (1940).