

تجزیه و تحلیل راجع به ضریب شکست رادیوئی نزدیک سطح زمین در ایران

(گزارش تحقیقاتی بخش مایکروویو مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

نوشته :

مرحوم مهندس هادی جوادی

۱- مقدمه :

در سال‌های اخیر شاهد افزایش استفاده عملی از طیف رادیوئی بالای فرکانس ۳ مگاسیکل بوده‌ایم. این امر موجب شد که به مکانیسم‌های انتشار امواج رادیوئی توجه خاصی مبذول گردد. از آنجائیکه انرژی رادیوئی در این فرکانس‌ها بطور قائل بوسیله یونوسفر منعکس نمیگردد، تغییرپذیری خصوصیات حوزه‌های دریافتی را ناشی از تغییرات تروپوسفر و بخصوص ضریب انکسار رادیوئی میدانند. نظریه ضریب انکسار رادیوئی یکی از مهمترین نظریه‌های انتشار امواج رادیوئی در تروپوسفر میباشد. در حالت عادی جو زمین باعث میگردد که امواج رادیوئی که بخط مستقیم از فرستنده خارج شده‌اند انحنائی به سمت پائین پیدا کنند. معذالک در تحت شرایط غیر عادی جوی انرژی رادیوئی ممکن است در لایه نازکی نزدیک سطح زمین محدود گردد و در نتیجه در خارج از افق معمولی امواج رادیوئی حوزه‌های قوی دیده شود. در شرایط دیگر یک لایه متغیر بین دو طبقه جو با جرهای متفاوت هوا باعث انعکاس امواج رادیوئی میگردد. علاوه بر این پدیده‌ها، جو زمین کم‌وبیش توربلان (Turbulent) است و در نتیجه انرژی امواج رادیوئی در خارج از پرتوی عادی آنتن پخش میگردد.

البته منظور از این بحث بررسی مکانیسم‌های مختلف انتشار نیست. بلکه هدف آنست که نشان داده شود ضریب انکسار رادیوئی تروپوسفر یکی از مهمترین عوامل در انتشار امواج رادیوئی با فرکانس‌های بالای ۳ مگاسیکل برثانیه است. زیرا تغییرات افت انتقال در باند مایکروویو که روی قابلیت اعتماد (Reliability) سیستم تأثیر دارد ناشی از شکست رادیوئی است. بنابراین تحقیق راجع به رفتار کتیوتنه

هوا برای طرح سیستم‌های میکروویو اهمیت حیاتی دارد و چون تابحال این مسأله در ایران بررسی نگردیده و راجع به خصوصیات رفر اکتیویته اطلاعاتی در دست نیست لذا این گزارش مربوط به تحقیق راجع به رفر اکتیویته رادیوئی در ایران میباشد.

۲- تئوری قابلیت شکست یا رفر اکتیویته (Refractivity)

طبق رابطه Debye پلاریزاسیون، P ، یک مایع قطبی تحت اثر یک حوزه رادیوئی فرکانس زیاد بدینصورت است^(۱):

$$(۲-۱) \quad P(\omega) = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{\epsilon \pi N}{3} \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \cdot \frac{1}{1 + j\omega\tau} \right]$$

که در این رابطه:

ϵ ثابت دی الکتریک

M وزن ملکولی

ρ چگالی مایع

N عدد آووگادرو

α_0 متوسط قابلیت پلاریزه شدن ملکول‌ها در مایع بفرض آنکه

اثر متقابل بین ملکول‌ها نباشد.

μ گشتاور دی پل دائمی

K ثابت بولتزمن

T درجه حرارت مطلق

τ زمان لازم برای اینکه ملکول‌ها بعد از حذف حوزه الکتریکی

خارجی از حالت منظم ایجاد شده به وسیله حوزه فوق بحالت غیر منظم درآیند.

$$\omega = 2\pi f$$

f فرکانس حوزه خارجی است.

برای حوزه‌های خارجی با فرکانس کمتر از 100 GC/S ، $\omega\tau \ll 1$ است و در نتیجه:

$$(۲-۲) \quad \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{\epsilon \pi N}{3} \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right]$$

برای گازهای غیر قطبی ($\mu=0$) معادله فوق بصورت ذیل درمیآید:

$$(۲-۳) \quad \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{\varepsilon \pi N \alpha_0}{3}$$

که برای فشارهای کم گاز با تقریب خوب بدین صورت نوشته میشود :

$$(۲-۴) \quad \varepsilon - 1 \approx \frac{\rho}{M} \times \varepsilon \pi N \alpha_0$$

معادله فوق با در نظر گرفتن قانون گازهای کامل بدین صورت درمی آید :

$$(۲-۵) \quad \varepsilon - 1 = K'_{\rho} \frac{P}{T}$$

که K'_{ρ} ثابت معادله میباشد.

معادله ۲-۲ برای گازهای قطبی بدین صورت است :

$$(۲-۶) \quad \varepsilon - 1 \approx \frac{\rho}{M} \varepsilon \pi N \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right]$$

که آنرا نیز میتوان بصورت معادله (۵) نوشت یعنی :

$$(۲-۷) \quad \varepsilon - 1 = K'_{\rho} \frac{P}{T} \left(A + \frac{B}{T} \right)$$

که در این جا نیز K'_{ρ} و A و B ثابت میباشند.

برای مخلوط گازها با در نظر گرفتن قانون فشارهای جزئی دالتون میتوانیم اثر گازهای قطبی و غیر

قطبی را بهم بیفزائیم و در نتیجه :

$$(۲-۸) \quad \varepsilon - 1 = \sum_i K'_{\rho i} \frac{P_i}{T} + \sum_j K'_{\rho j} \frac{P_j}{T} \left(A_j + \frac{B_j}{T} \right)$$

برای تروپسفر کافیت فقط اثر CO_2 و هوای خشک (گازهای غیر قطبی) و بخار آب (گاز قطبی) را در نظر

بگیریم :

$$(۲-۹) \quad \varepsilon - 1 = K'_{\rho 1} \frac{P_d}{T} + K'_{\rho 2} \frac{e}{T} \left(A + \frac{B}{T} \right) + K'_{\rho 3} \frac{P_c}{T}$$

که در معادله فوق P_d فشار هوای خشک ، e فشار جزئی بخار آب و P_c فشار جزئی CO_2 میباشد. حال

با بدست آوردن ثابت دی الکتریک (ε) میتوانیم ضریب شکست ، n ، (Refractive index) را از رابطه

$n = \sqrt{\mu \varepsilon}$ بدست آوریم که در این جا μ قابلیت نفوذ مغناطیسی بوده و برای هوا میتوان آنرا واحد فرض

نمود ، لذا :

$$(2-10) \quad n = \sqrt{1 + (\mu\epsilon - 1)}$$

و با تقریب :

$$(2-11) \quad n - 1 \approx \frac{\mu\epsilon - 1}{2}$$

* طبق تعریف Refractivity N ، از رابطه ذیل بدست میآید :

$$(2-12) \quad N = (n - 1) \times 10^6$$

ولذا :

$$(2-13) \quad N = (n - 1) \times 10^6 = K_1 \frac{P_d}{T} + K_2 \frac{e}{T} + K_3 \frac{e}{T^2} + K_4 \frac{P_c}{T}$$

در معادله فوق K_1 و K_2 و K_3 و K_4 ثابت هستند.

با قرار دادن مقادیر عددی مربوط به مشخصات هوا، بخار آب و CO_2 ثابت‌های فوق معین

شده و رابطه نهائی برای رفر اکتیویته بصورت ذیل درمیآید :

$$(2-14) \quad N = 77.76 \frac{P_d}{T} + 72 \frac{e}{T} + 3.75 \times 10^6 \frac{e}{T^2}$$

برای ساده شدن عبارت فوق فرض میکنیم :

$$P_t = P = P_d + e$$

لذا معادله ۴-۱۲ بدین صورت خلاصه میشود :

$$(2-15) \quad N = 77.76 \frac{P}{T} - 0.76 \frac{e}{T} + 3.75 \times 10^6 \frac{e}{T^2}$$

۳- رفر اکتیویته سطحی یا N_s

چنانکه ملاحظه شد رفر اکتیویته تابعی از درجه حرارت هوا (T)، فشار کلی هوا (P) و فشار

جزئی بخار آب (e) موجود در هواست یعنی :

$$N = f(P, T, e)$$

برای محاسبه e روش‌های مختلفی موجود است که در هر مورد خاص بسته به معلومات قابل دسترس یکی از

* توجه شود که من بعد منظور ما از حرف N رفر اکتیویته است و این علامت دیگر برای نشان دادن عدد

آووگادرو بکار نخواهد رفت.

این روش ها ساده تر است. مثلاً اگر رطوبت نسبی در دسترس باشد بطریق ذیل میتوان e یا فشار جزئی بخار آب در هوا را بدست آورد.

طبق تعریف نسبت فشار جزئی بخار آب به فشار اشباع بخار آب را رطوبت نسبی مینامند. یعنی:

$$(۳-۱) \quad U = \frac{e}{e_{sat}} \times 100 \text{ (درصد)}$$

که در رابطه فوق e فشار جزئی بخار آب و e_{sat} فشار بخار اشباع و U درصد رطوبت نسبی است. از رابطه فوق میتوان e را بدست آورد.

روش دیگری برای محاسبه فشار جزئی بخار آب روش $Sprung$ است:

$$(۳-۲) \quad e = e_{sat} - \frac{4}{3} A (t_d - t_w) \frac{P}{750}$$

در رابطه فوق:

e	فشار جزئی بخار آب
e_{sat}	فشار بخار اشباع (mb)
A	ضریبی که برای آب حدود $1/2$ است
t_d	درجه حرارت هوای خشک
t_w	درجه حرارت هوای مرطوب
P	فشار هوا (mmHg)

اگر در رابطه (۳-۲) واحد P را میلی باری اختیار کنیم رابطه (۳-۲) بصورت ذیل درمی آید:

$$(۳-۳) \quad e = e_{sat} - A (t_d - t_w) \frac{P}{750}$$

البته این روش موقعی قابل استفاده است که درجه حرارت هوای مرطوب یعنی t_w در اختیار باشد. باید دانست که بین رطوبت نسبی و درجه حرارت های هوای خشک (t_d) و هوای مرطوب (t_w) رابطه ای وجود دارد.

چنانکه ملاحظه میشود در هر دو روش مذکور در بالا باید مقدار e_{sat} یعنی فشار بخار اشباع معلوم

باشد. این کمیت فقط تابعی از درجه حرارت است و از رابطه $Goff-Gratch$ بدست می آید:

$$\begin{aligned}
 (3-4) \quad \log_{10} e_s = & -779.0298 \left(\frac{273.16}{T} - 1 \right) + 0.2808 \log_{10} \frac{273.16}{T} \\
 & - 11244 \left(1 - \frac{T}{273.16} \right) \\
 & - 13816 \times 10^{-7} (10^{-1}) \\
 & - 349149 \left(\frac{273.16}{T} - 1 \right) \\
 & + 81328 \times 10^{-3} (10^{-1}) \\
 & + \log_{10} 1.013246
 \end{aligned}$$

اگر در تابع $N=f(P, T, e)$ کمیات e و T و P مربوط بسطح زمین باشند (این کمیات را در سطح زمین با e_s و T_s و P_s نمایش می‌دهیم) رفتار کتیویته بدست آمده متعلق به سطح زمین بوده و با N_s نمایش داده میشود:

$$N_s = f(P_s, T_s, e_s)$$

اداره هواشنامی در سه نقطه از کشور ایستگاه‌هایی دارد که عوامل سه‌گانه درجه حرارت (T) رطوبت نسبی (U) و فشار (P) را در سطح زمین روزانه اندازه‌گیری میکند. پس در وحله اول برای محاسبه رفتار کتیویته از رابطه (۲-۱۵) باید بوسیله (U) و با استفاده از رابطه (۳-۱) و (۳-۴) مقدار e را بدست آورد و سپس از روی آنها N را محاسبه نمود. اما باید دانست مورد نظر متوسط ماهیانه مقدار رفتار کتیویته (\bar{N}) برای هر ایستگاه در عرض چند سال میباشد. در این مورد دو روش وجود دارد یکی آنکه مقادیر متوسط P_s و T_s و U_s یعنی \bar{P}_s و \bar{T}_s و \bar{U}_s در هر ماه محاسبه شده و سپس مقدار متوسط N_s که در این مورد آنرا با \bar{N}_s^* نمایش می‌دهیم محاسبه شود یعنی:

$$(3-5) \quad \bar{N}_s^* = f_1(P_s, \bar{T}_s, \bar{U}_s)$$

روش دیگر اینکه مقدار N_s برای هر روز محاسبه شده و سپس متوسط N_s که در این مورد با \bar{N}_s نمایش داده میشود در هر ماه محاسبه شود یعنی:

$$(3-6) \quad N_s = f_1(P_s, T_s, U_s)$$

$$(3-7) \quad \bar{N}_s = \frac{\sum_{i=1}^m N_{si}}{m}$$

که m تعداد روزهای ماه میباشد. (توجه شود من بعد منظور از N_s متوسط N_s در عرض یکماه میباشد).

البته باید دانست که مقدار متوسط N_s بدست آمده از رابطه (۳-۷) دقیق تر از مقدار متوسطی است که از رابطه (۳-۵) بدست میآید. منتها محاسبه \bar{N}_s^* ساده تر میباشد بخصوص آنکه اطلاعات راجع به \bar{P}_s و \bar{T}_s و \bar{U}_s یعنی متوسط فشار و حرارت و رطوبت در ماه در اداره هواشناسی محاسبه شده است. پس ملاحظه میشود که محاسبه روزانه N_s برای هر ایستگاه هواشناسی در مدت پانزده سال (یعنی مدتی که برای قضاوت راجع به خصوصیات رفرکتیویته در هر منطقه مورد نیاز است) و سپس محاسبه \bar{N}_s در هر ماه با توجه به طولانی بودن محاسبات و بخصوص بلحاظ اجبار در استفاده از رابطه Goff-Gratch کاری مشکل و خسته کننده و طولانی میباشد. لذا برای محاسبه مقادیر N_s و \bar{N}_s در هر ماه از کامپیوتر استفاده شده است. این کمیات هم اکنون برای تمام اطلاعات راجع به ۳۵ ایستگاه موجود محاسبه شده است.

با استفاده از مقادیر \bar{N}_s برای هر ماه متوسط این مقدار در عرض پانزده سال محاسبه شده و سپس کنتورهای \bar{N}_s ثابت، برای ایران در ماههای مختلف رسم شده است. در صفحات بعد نمونه ای از مقادیر محاسبه شده برای N_s در چند شهر و کنتور \bar{N}_s ثابت در یک ماه و متوسط آن در سال برای ایران نشان داده شده است.

RMLISAR

Lat. 37° 54' N Long. 50° 40' E Elevation - 20 meters
 Years of Observation 1956 to 1965

Month of the Year	TEMPERATURE					PRECIPITATION					REL HUM			OTHER DATA			REFRACTIVITY N			
	Av. Aax	Av. Min	Abs. Max	Abs. Min	Average	Total	Days > 1mm	Days > 10mm	Max in a day	GMT	09 GMT	Average	Frost	Av. Pressure	Dry Term of M _s	Wet Term of N _s	N _s	N _o		
	19.3	12.6	36.0	-10.3	15.9	1261	96.3	31.6	252.0	90	77	83.5	7.6	1017.8	273.1	67.4	340.5	339.30		
Jan.	11.4	4.4	22.4	-10.3	7.9	72	7.5	2.6	65.2	89	78	83.3	4.8	1020.3	281.9	42.0	323.9	322.92		
Feb.	11.3	4.7	25.5	-3.5	8.3	63	8.0	2.0	30.0	91	78	89.5	1.0	1017.6	280.2	43.6	323.8	322.80		
Mar.	11.7	6.5	24.9	-1.5	9.1	81	12.8	2.3	38.7	93	83	88	0.2	1019.9	280.1	47.4	327.5	326.54		
Apr.	15.6	9.5	28.0	0.0	13.6	65	9.8	2.6	39.5	92	81	86.3	0.0	1017.8	276.1	57.7	333.8	332.67		
May.	21.9	14.6	31.9	6.0	18.3	42	6.3	1.0	55.9	90	79	84.5	0.0	1016.2	270.2	78.1	348.3	346.95		
June.	25.9	18.7	51.5	10.9	22.3	67	6.4	1.8	85.8	88	76	82	0.0	1013.6	266.0	94.4	360.4	398.70		
Jul.	28.6	21.0	33.0	16.4	24.8	23	3.8	0.8	34.1	85	72	78.5	0.0	1010.9	563.2	103.1	366.3	364.51		
Aug.	28.6	21.3	36.0	16.0	25.0	80	7.2	1.4	66.2	89	76	82.5	0.0	2012.1	263.2	109.8	373.0	371.13		
Sep.	25.5	20.2	33.4	-11.8	22.9	204	9.2	4.8	1721	92	79	85.5	0.0	1016.7	266.6	101.8	368.4	566.60		
Oct.	21.3	14.6	30.0	6.5	18.0	239	10.3	5.0	208.3	92	78	85	0.0	1021.2	272.0	77.1	349.1	347.72		
Nov.	16.9	9.3	26.1	-1.0	13.1	322	7.9	4.6	252.0	90	76	83	0.0	1013.3	277.0	56.8	333.8	332.70		
Dec.	13.5	5.9	25.3	-2.4	9.7	103	7.1	2.7	99.2	89	76	82.5	1.0	1021.1	280.0	46.4	326.4	319.44		

HAMADAN

Lat. 39° 47' N Long. °48 30 E" Elevation 1877 meters H/HA 1754
Years of Observation 1951 to 1965

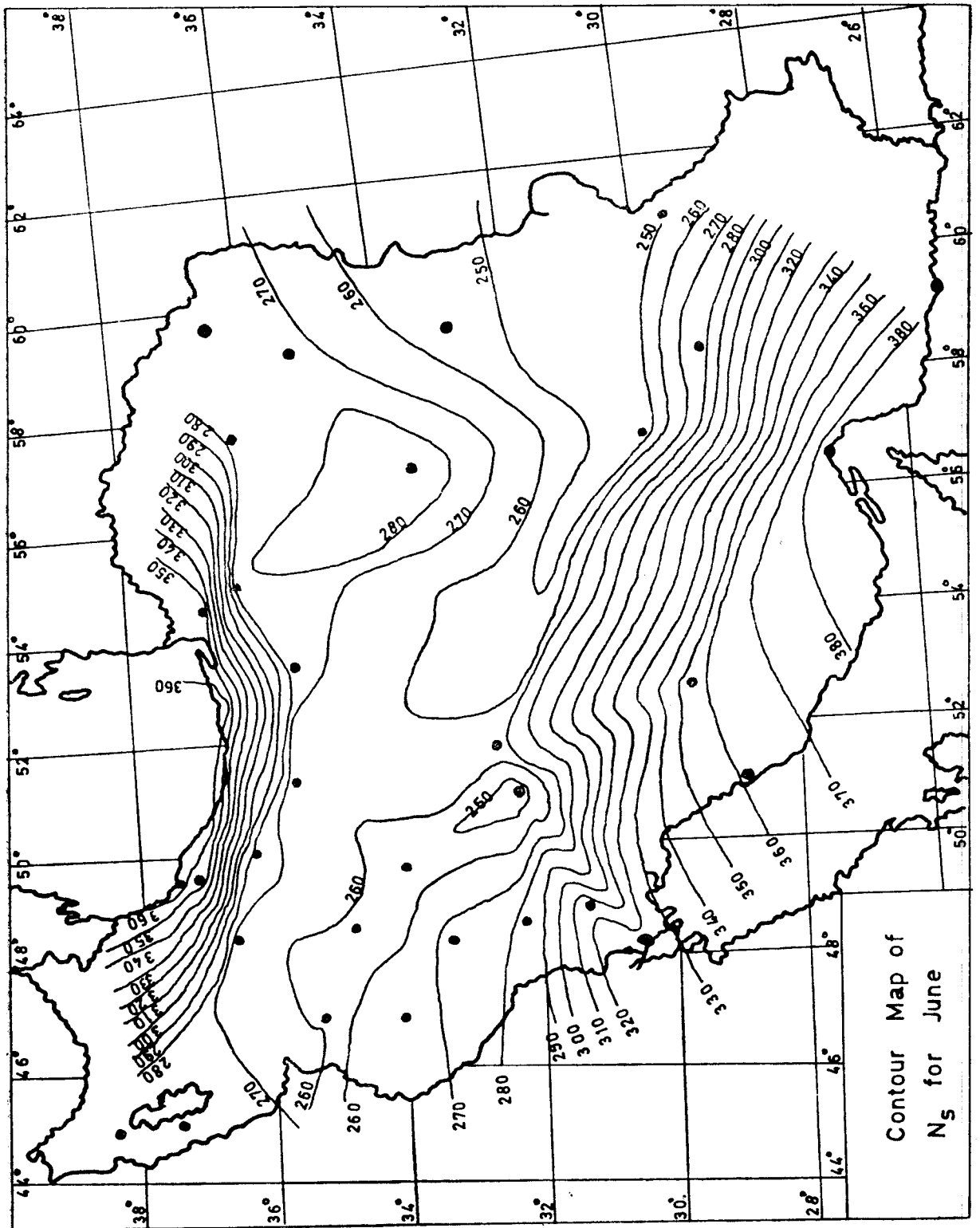
Month of the Year	TEMPERATURE					PRECIPITATION			REL HUN			OTHER DATA			REFRACTIVITY N			
	Av. Max	Av. Min	Ahs. Max	Ahs. Min	Average	Total	Days > 1mm	Days > 10mm	Max in a day	03 GMT	09 GCT	Average	Frost	Av. Pressure	Dry Term of N _s	Wet Term of N _s	N _s	N _o
	18.6	4.5	39.9	-33.7	11.5	34.8	50.6	9.8	57.9	67	41	54	124.2	821.2	224.0	33.7	257.7	359.25
Jan.	3.6	-6.7	14.5	-33.7	-1.6	39	6.7	0.9	39.6	85	72	78.5	27.8	820.2	234.2	21.6	255.8	339.55
Feb.	6.5	-3.7	18.0	-24.0	1.4	48	61.0	1.6	40.5	81	62	71.5	22.6	819.4	231.4	23.9	255.3	311.51
Mar.	10.6	0.6	25.0	-13.9	5.6	57	9.0	1.6	30.4	75	47	61	14.8	816.8	227.3	26.6	253.9	343.81
Apr.	16.5	4.7	27.2	-7.2	10.6	81	9.8	2.6	57.9	70	43	56.5	6.0	818.3	223.8	33.5	257.3	354.08
May	22.7	7.8	30.8	-2.6	15.3	31	5.7	0.8	16.6	65	34	49.5	0.0	818.9	220.1	36.6	258.7	372.34
June.	28.9	11.3	38.0	3.5	20.1	4	1.0	0.1	15	54	25	39.5	0.0	817.9	216.3	40.2	256.5	399.53
Jul.	33.1	14.9	39.7	6.7	24.0	1	0.4	0.0	3.8	51	23	73.0	0.0	817.6	213.3	46.7	260.0	411.88
Aug.	33.4	14.0	39.0	5.8	23.7	1	0.1	0.0	4.5	48	21	34.5	0.0	819.5	214.1	42.8	256.9	411.50
Sep.	28.8	9.6	36.2	-1.2	19.2	1	0.0	0.0	5.8	50	21	35.5	0.6	823.9	218.3	34.5	252.8	399.95
Oct.	21.2	5.1	29.2	-7.0	13.2	10	2.0	0.1	16.7	62	29	45.5	8.4	826.6	223.8	31.4	255.2	370.28
Nov.	12.1	0.2	22.1	-13.6	6.2	38	5.0	0.9	22.6	77	49	63	16.6	831.0	230.7	28.6	259.3	353.63
Dec.	6.1	-4.3	17.0	-28.5	0.9	37	4.9	1.1	40.0	85	63	74	27.4	824.1	233.4	24.6	251.4	332.71

TEHRAN MEHRABAD

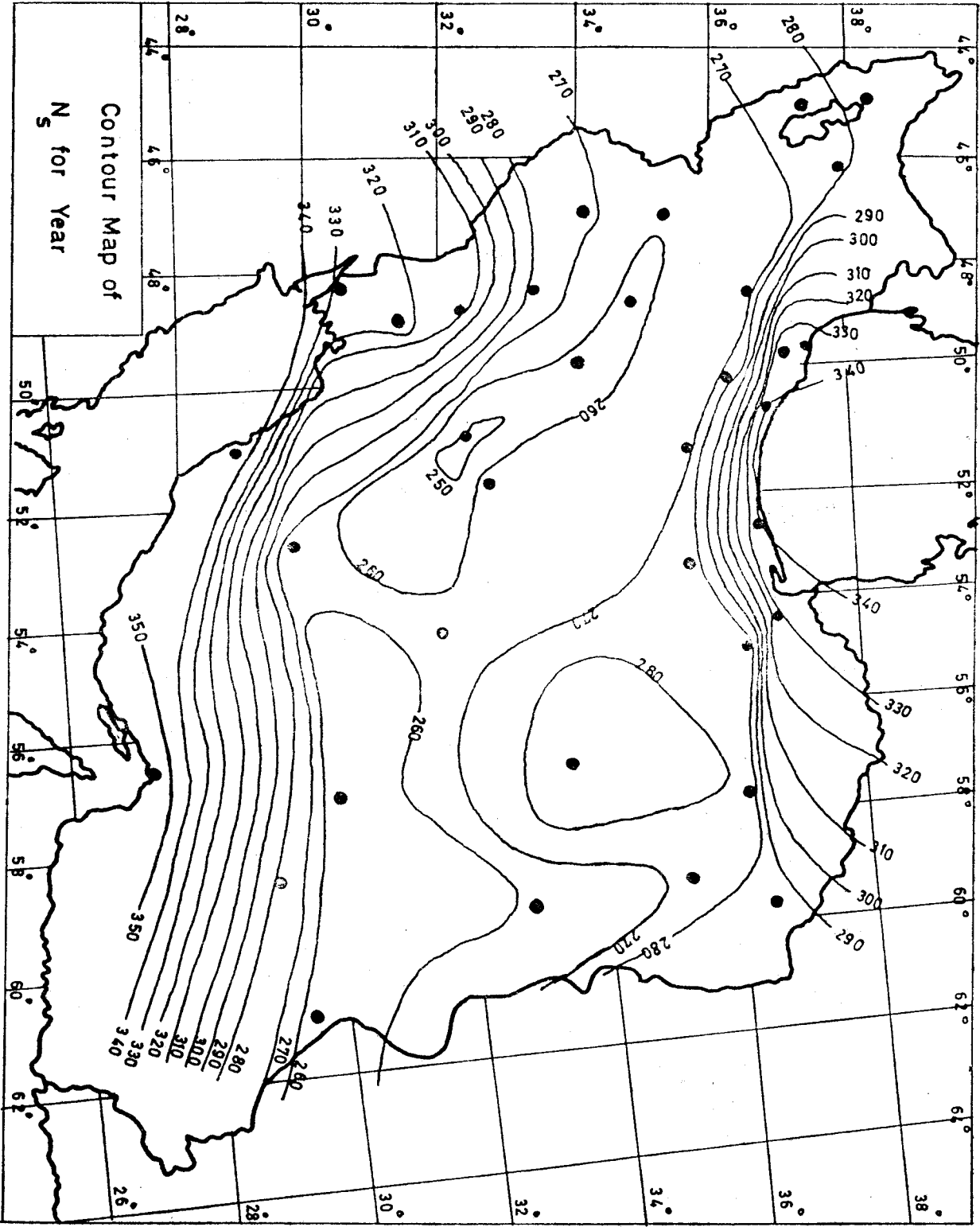
Lat. 35° 41' N Long. 51° 19' E Elevation 1191 meters

Years of Observation 1951 to 1965

Month of the Year	TEMPERATURE				PRECIPITATION				HUM			OTHER DATA			REFRACHIVITY N			
	Av. Mas	Av. Min	Abs. Max	Abs. Min	Average	Total	Days > 1mm	Days > 10mm	Max in a day	03 HNT	09 GMT	Average	Frost	Ar. Pressure	Dry Term of N _s	Wet Term of N _s	N _s	N _o
	22.5	10.7	42.5	-14.3	16.6	215	36.0	5.2	49.7	51	30	40.5	33.8	880.9	235.9	31.3	269.9	330.03
Jan.	8.2	-1.4	18.6	-14.3	3.5	33	3.3	0.9	39.0	78	55	66.5	40.0	383.2	247.7	25.2	272.9	326.15
Feb.	11.2	0.6	23.0	-15.4	5.9	33	4.4	0.8	39.7	66	41	53.3	12.6	881.7	245.1	23.8	268.9	322.82
Mar.	15.6	4.7	26.1	-8.7	10.2	28	4.9	0.5	16.5	61	35	48.5	4.2	879.8	240.3	29.1	269.9	325.20
Apr.	21.5	9.6	32.0	-4.0	15.6	37	6.0	1.2	39.0	57	30	43.5	0.9	879.4	236.3	34.5	270.8	330.51
May.	28.3	15.0	36.2	2.0	21.7	13	3.2	0.2	13.5	42	21	31.5	0.0	879.9	231.3	35.1	266.4	334.89
June.	33.2	19.7	40.1	5.7	26.5	3	1.0	0.0	5.3	34	18	26	0.0	877.2	227.0	37.4	264.4	348.80
Jul.	36.2	22.5	42.5	14.7	29.4	1	0.3	0.0	3.6	32	17	24.5	0.0	876.0	224.5	41.0	265.5	354.56
Aug.	35.2	21.8	42.2	11.7	28.5	3	0.1	0.1	21.5	32	17	24.5	0.0	878.1	225.6	39.1	264.7	356.52
Sep.	32.3	18.1	38.0	9.0	24.7	2	0.9	0.1	13.0	32	18	25	0.0	881.0	229.4	32.8	262.2	350.52
Oct.	24.2	12.0	32.4	3.3	18.1	8	1.8	0.1	18.7	43	26	34.5	0.0	884.4	235.7	41.4	267.1	337.24
Nov.	15.4	4.9	24.4	-7.5	10.2	29	3.8	0.8	49.7	60	35	47.1	2.6	886.3	242.5	27.2	269.7	329.11
Dec.	10.0	0.6	19.4	-13.4	5.3	25	1.8	0.5	38.8	73	47	90	14.0	884.0	246.2	25.4	271.6	324.92



Contour Map of
N₅ for June



۴- رابطه بین حدود تغییرات N_s و متوسط \bar{N}_s در سال .

حدود تغییرات \bar{N}_s عبارتست از اختلاف ماکزیمم و می نیمم \bar{N}_s در عرض سال :

$$(۴-۱) \quad \Delta \bar{N}_s = (\bar{N}_s)_{\max} - (\bar{N}_s)_{\min}$$

(واضح است \bar{N}_s برای دوازده ماه سال یکسان نبوده و برای یکماه N_s ماکزیمم و برای یکماه دیگر \bar{N}_s می نیمم خواهد بود . البته باید توجه شود که همواره ماه معینی می نیمم و یا ماکزیمم نمی باشد بلکه این بستگی به شهر مورد نظر دارد .)

متوسط \bar{N}_s در عرض سال

منظور از متوسط N_s در عرض سال برای هر ایستگاه میانگین متوسط ماهانه $(N_s)N_s$ در عرض

سال میباشد که آنرا با علامت N_s نمایش میدهیم :

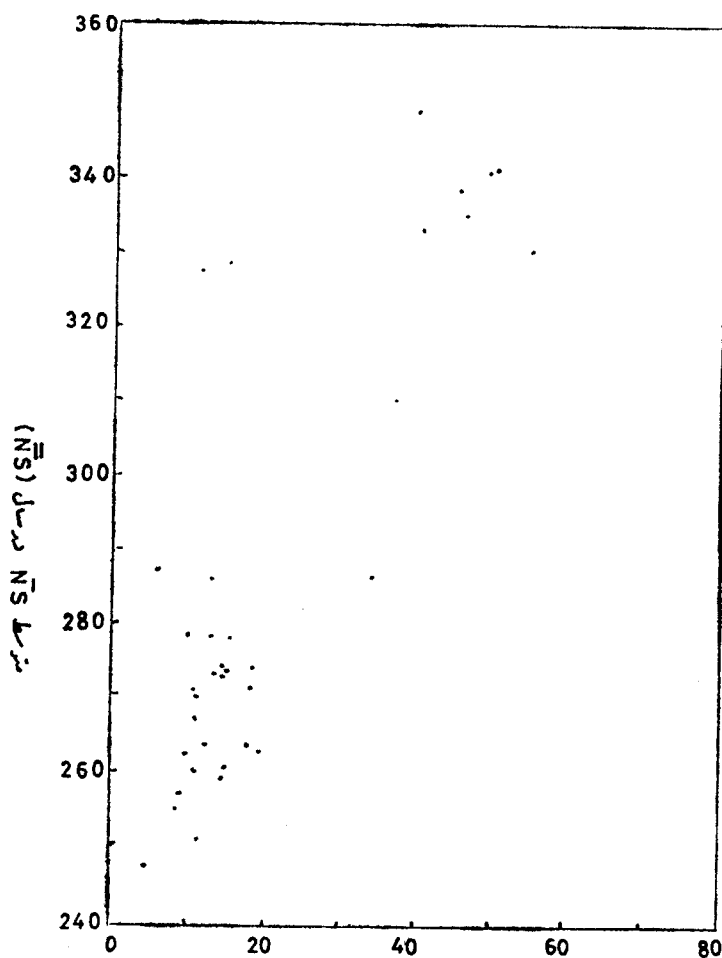
$$(۴-۲) \quad \bar{N}_s = \frac{\sum_{i=1}^{12} \bar{N}_{si}}{12}$$

اگر روی یک صفحه مختصات نقاطی بطول $\Delta \bar{N}_s$ و عرض \bar{N}_s (برای هر ایستگاه یک نقطه که بطور کلی ۳۰ نقطه برای ایران بدست می آید) اختیار کنیم ، مجموعه این نقاط حدود یک خط را نشان میدهند . یعنی میتوان نتیجه گرفت که تغییرات \bar{N}_s برحسب $\Delta \bar{N}_s$ خطی است و یا بزبان دیگر میتوان گفت که هرچه در یک منطقه متوسط رفر اکتیویته در سال بیشتر باشد اختلاف بین ماکزیمم و می نیمم آن یعنی حدود تغییرات آن در سال بیشتر خواهد بود . در صفحه بعد تغییرات \bar{N}_s برحسب $\Delta \bar{N}_s$ نشان داده شده است .

۵- تغییرات N_s با ارتفاع محل

چنانکه جداول صفحات ۱، ۴، ۱۰ و ۲۰ نشان میدهد مقادیر N_s در شهری مانند رامسر که ارتفاع آن ۲ متر پائین تر از سطح دریاهای آزاد است بیش از مقادیر N_s برای شهری مانند همدان است که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۷۷ متر میباشد و بطور کلی در شرایط نرمال با ازدیاد ارتفاع \bar{N}_s کم میشود . که اگر تغییرات \bar{N}_s برحسب ارتفاع در مورد ۳۰ ایستگاه موجود رسم گردد مجموعه نقاطی که بدست می آید از منحنی معین و ساده ای تبعیت نمیکند لذا لازمست در کمیت محورها تغییراتی ایجاد شود تا مجموعه نقاط بدست آمده از منحنی ساده ای تبعیت کند . بهترین تغییر استفاده از $\log \bar{N}_s$ بجای N_s میباشد و در اینصورت تغییرات $\log \bar{N}_s$ با ارتفاع (h) تقریباً از خط مستقیمی تبعیت میکند . البته برای پیدا کردن مناسب ترین خط برای نشان دادن توزیع نقاط فوق از روش تقریب درجه دوم استفاده شده و مناسب ترین خط از بین نقاط فوق گذرانده شده است با معلوم شدن ضریب زاویه این خط میتوان مدل ریاضی تغییرات \bar{N}_s برحسب ارتفاع را بدست آورد .

این خط برای هر دوازده ماه سال و همچنین متوسط تغییرات \bar{N}_s برحسب h در سال رسم شده و برای نمونه در صفحات بعد خط مربوط به دو ماه و خط مربوط به سال نشان داده شده است.



تغییرات \bar{N}_s در سال $(\Delta \bar{N}_s)$

معادله خط فوق را چنین میتوان نوشت :

$$(۵-۱) \quad h = A \log \bar{N}_s + B$$

که برای ساده شدن فرم ریاضی فرض میکنیم :

$$(۵-۲) \quad A = -\frac{1}{b_s}$$

و :

$$(۵-۳) \quad B = \frac{1}{b_s} \log N_0$$

در این صورت :

$$(۵-۴) \quad h = -\frac{1}{b_s} \log N_s + \frac{1}{b_s} \log N_0$$

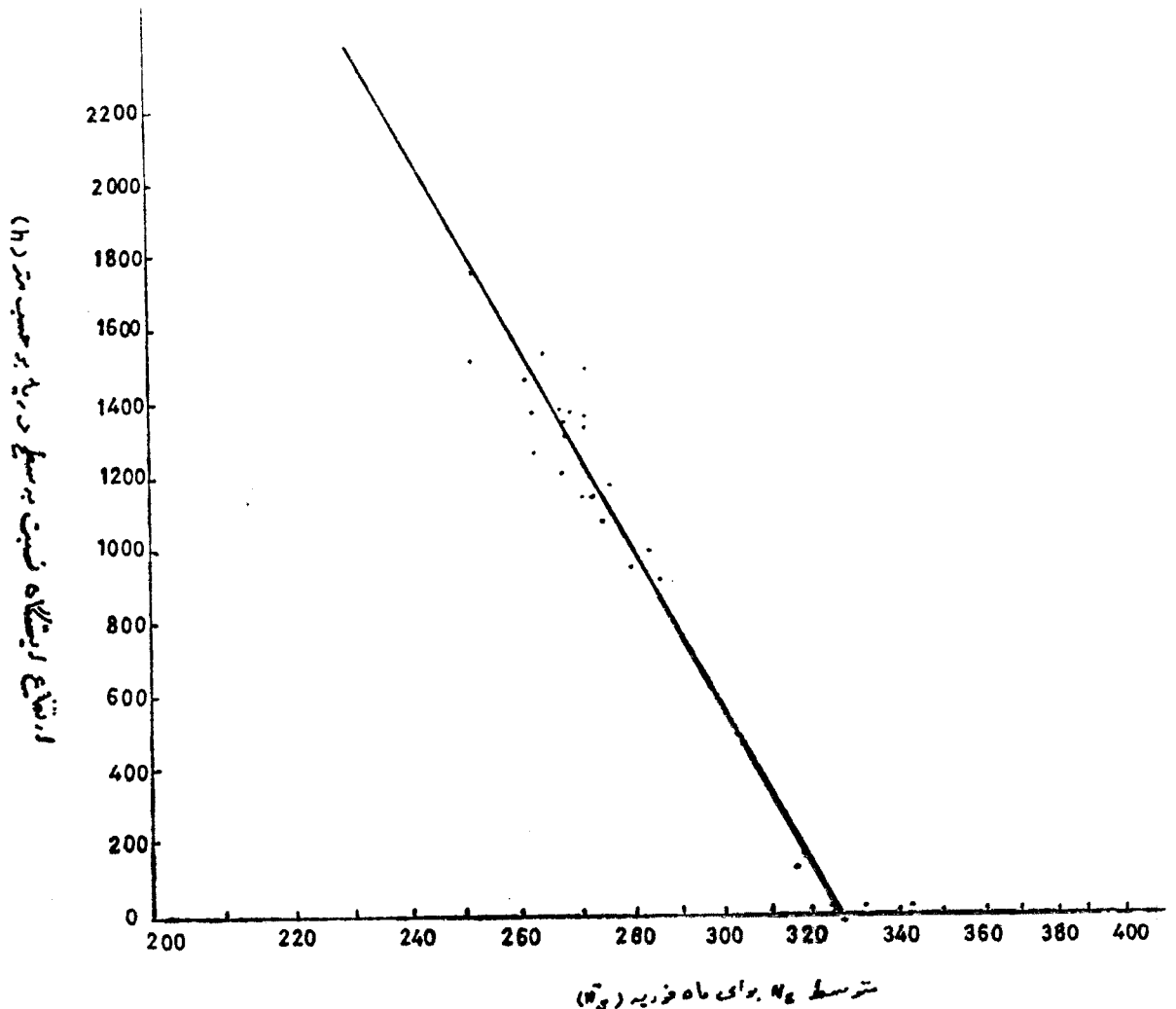
و یا :

$$(۵-۵) \quad N_s = \bar{N}_0 e^{-b_s h}$$

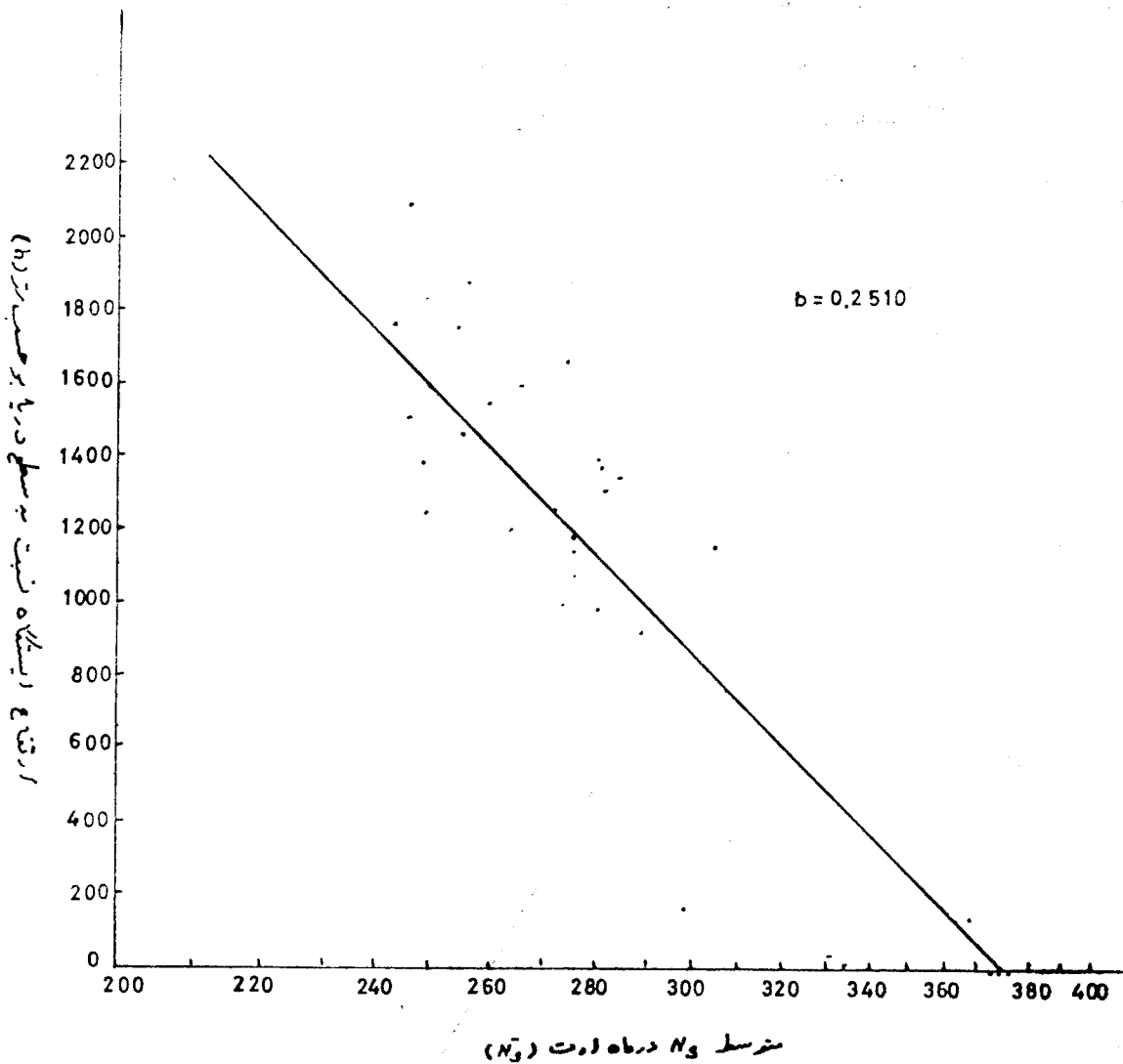
پس ملاحظه میشود که تغییرات \bar{N}_s برحسب ارتفاع زمین از فرم نمائی تبعیت میکنند. کمیت \bar{N}_0 که نشان دهنده N_s در ارتفاع صفر یعنی در سطح دریاست به فرم اکتیویته در سطح دریا معروف است که بوسیله خطوط فوق و یا معادله اخیر این کمیت را میتوان برای هر یک از ۳۰ ایستگاه موجود و نیز برای هر یک از ۱۲ ماه سال بدست آورد. برای این کمیت نیز مانند \bar{N}_s میتوان کنتورهای \bar{N}_0 ثابت رسم کرد. در صفحات بعد نمونه‌ای از این کنتورها برای یکی از ماهها و همچنین متوسط آنها برای سال نشان داده شده است.

باید توجه داشت که در مسائل مربوط به فرم اکتیویته \bar{N}_0 بیش از \bar{N}_s اهمیت دارد. زیرا اگر

$$b = 0.1553$$



نقطه‌ای بین دو کنتور \bar{N}_s ثابت واقع شده و فراکتیویته آن مجهول باشد بدو روش میتوان \bar{N}_s را حساب کرد یکی خواندن مستقیم رقوم این نقطه که بین دو کنتور N_s ثابت واقع است. روش دیگری خواندن رقوم \bar{N}_0 مربوط به این نقطه بوسیله دو کنتور \bar{N}_0 که در طرفین آن قرار گرفته‌اند و سپس محاسبه \bar{N}_s مربوطه بکمک رابطه (o-o). و استفاده از روش اخیر عدد دقیق‌تری برای N_s بدست میدهد.



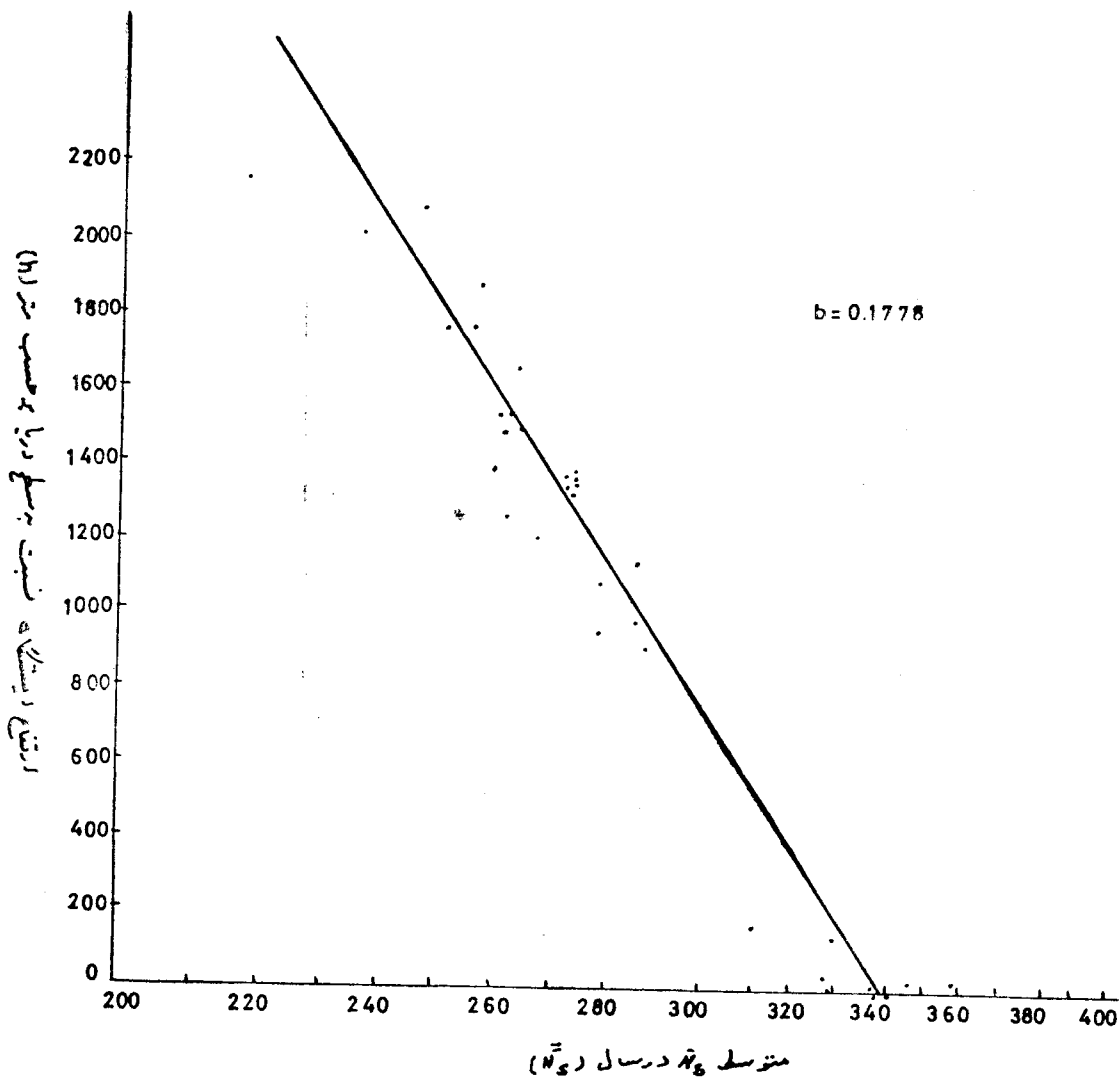
۶- طبقه بندی اقلیمی \bar{N}_s

بمنظور طبقه بندی \bar{N}_s از نظر آب و هوایی و اقلیمی منحنی‌های تغییرات متوسط N_s در ماه‌های مختلف سال رسم شده است و این تغییرات بوسیله کمیته CCIR به شش گروه تقسیم بندی شده است. در جدول (۶-۱) مشخصات هر گروه آمده است (۲):

یک طبقه بندی فراکتیویته ممکن است متعلق به شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت باشد مثلاً در جدول فوق

جدول ۶-۱

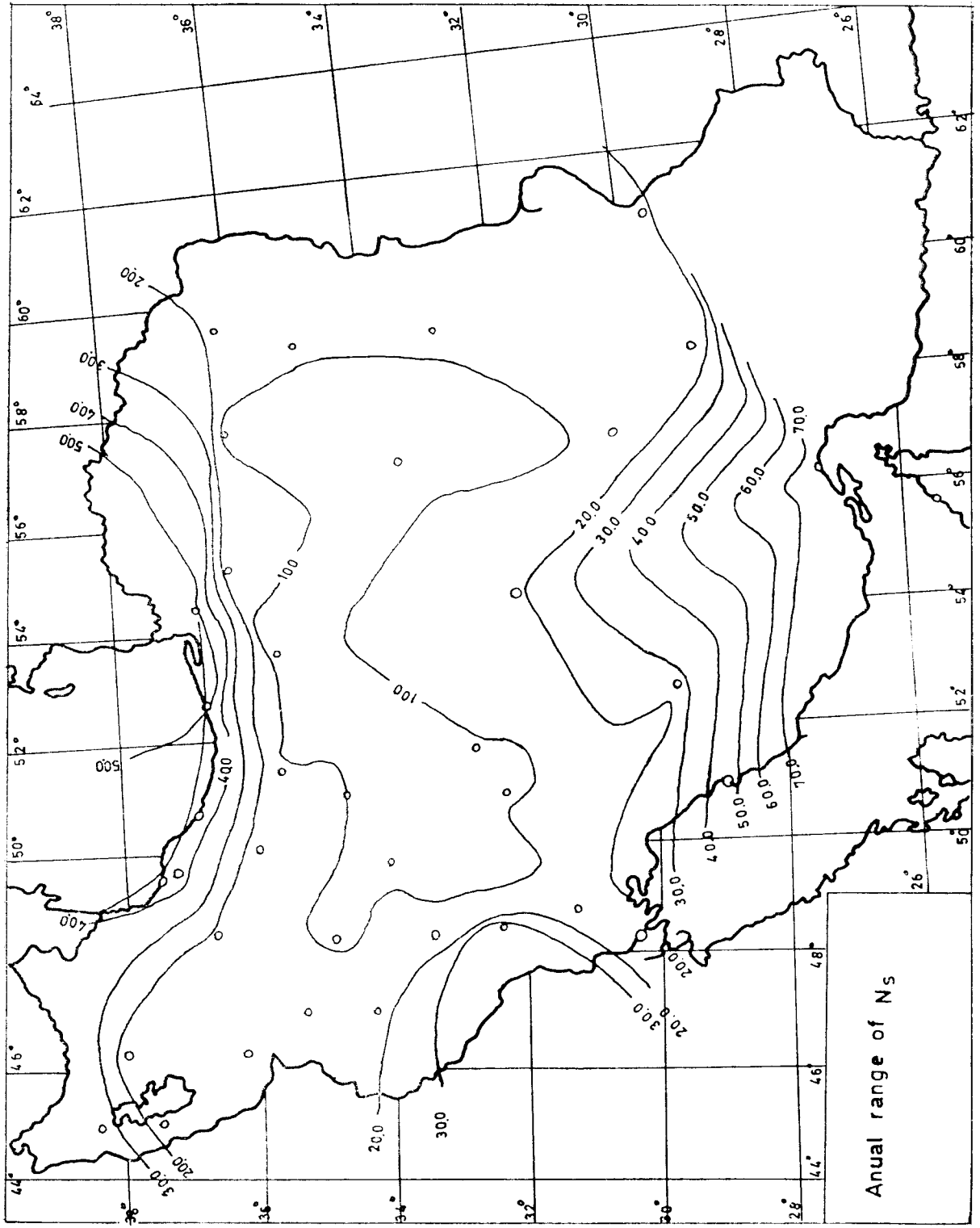
خصوصیات	حدود تغییرات N _g (واحد)	متوسط سالیانه N _g (واحد)	محل	نوع
آب و هوای دریا زیر خط استوائی	۶۰ تا ۳۰	۳۰۰ تا ۳۵۰	نزدیک دریا و یا زمین های پست کنار دریاچه ها و رودخانه ها ، بین مدار ۲۰° و ۵۰°	I. Midlatitude coastal
بارندگی زیاد و گرم	۶۰ تا ۳۰	۴۰۰ تا ۳۵۰	زمین های پست بین عرض شمالی ۳۰° و عرض جنوبی ۲۵° که بندرت دور از اقیانوس است.	II. Subtropical savana
فصول مشخص بارانی و خشک مثل آب و هوای ساوانا	۱۰۰ تا ۶۰	۴۰۰ تا ۲۸۰	نقاط با بادهای موسمی - بطور کلی بین عرض جغرافیائی ۲۰° و ۴۰° شمالی مثل سودان و افریقای مرکزی	III. Monsoon sudan
آب و هوای خشک در سرتاسر سال	۶۰ تا ۰	۳۰۰ تا ۲۴۰	نقاط کویری و جلگه های مرتفع و همچنین مناطق کوهستانی با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر	IV. Semiarid mountain
درجه حرارت متوسط سالیانه معتدل و یا کم	۳۰ تا ۰	۳۰۰ تا ۲۴۰	در عرض های متوسط جغرافیائی و نواحی قطبی (آب و هوای مدیترانه ای نیز بلحاظ داشتن تابستانهای خشک بشمول این قسمت میشود).	V. Continental polar
آب و هوای بارانی یکنواخت	۳۰ تا ۰	۴۰۰ تا ۳۴۰	ایستگاههای حاوای در ارتفاعات کم بین عرض ۲۰° شمالی و ۲۰° جنوبی که غالباً در سواحل دریا و یا در جزایر قرار دارند	VI. Isothermal equatorial

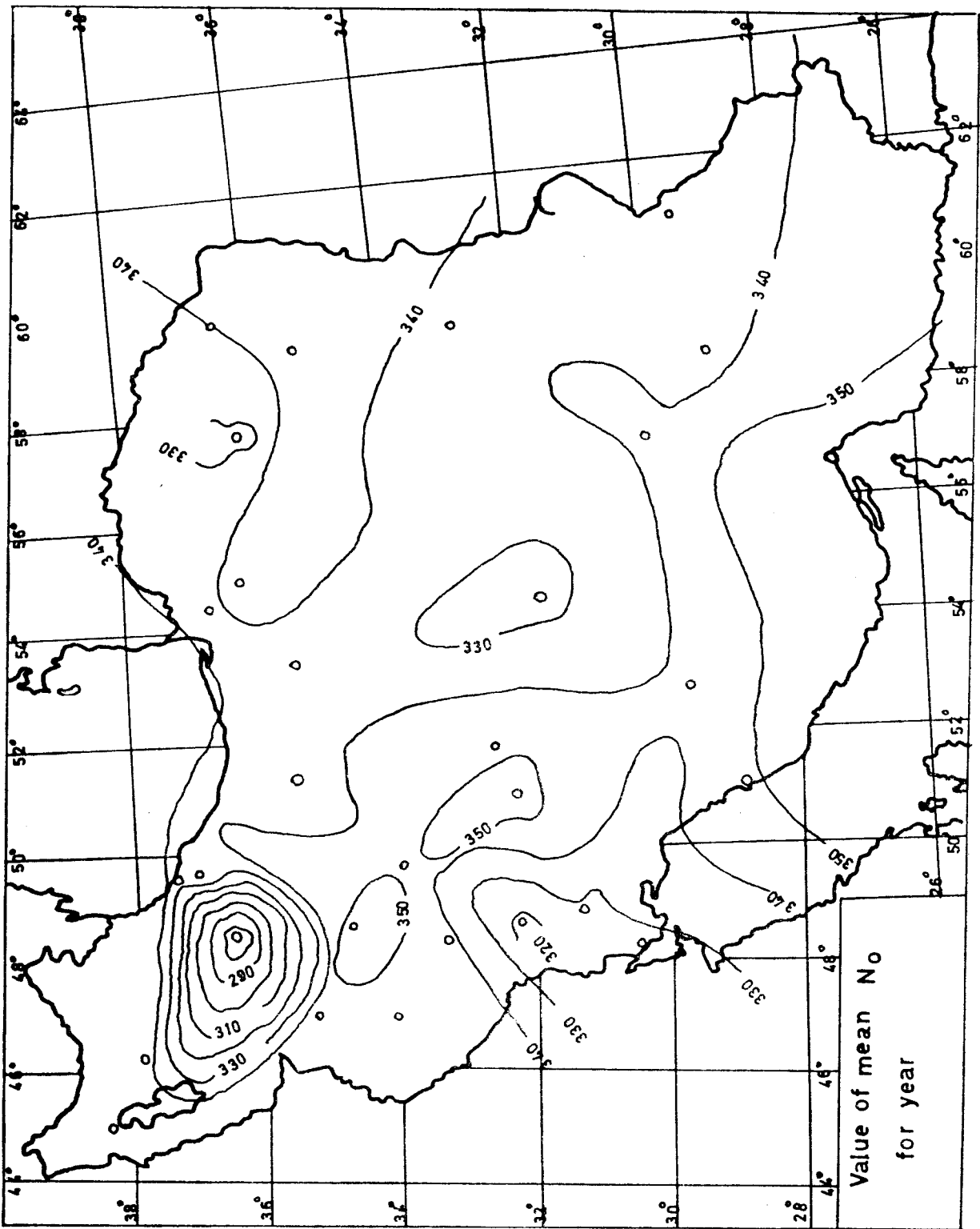


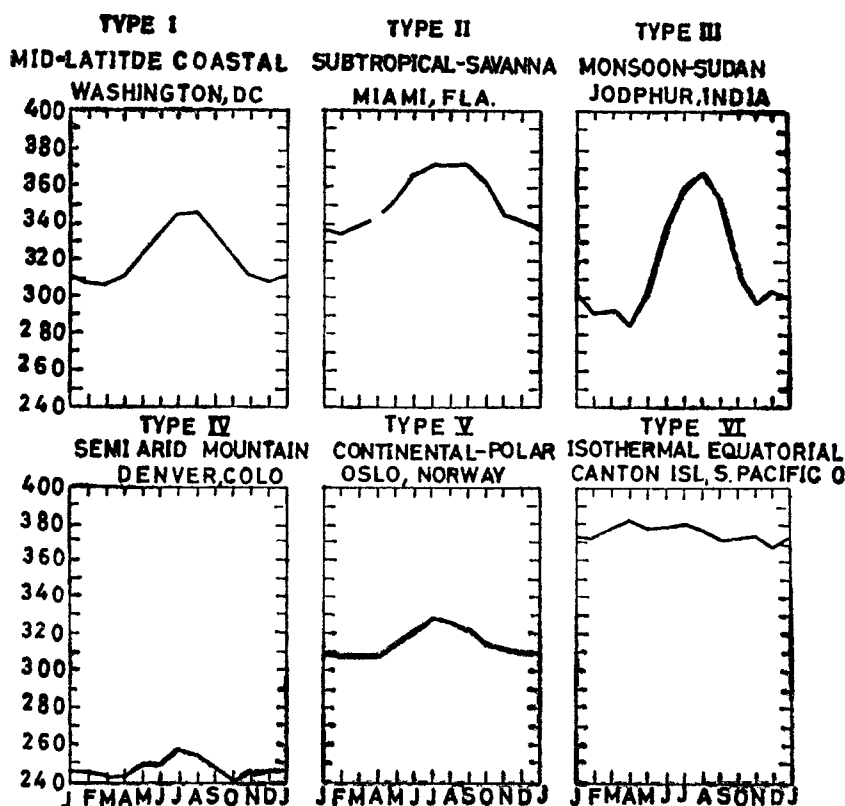
نوع پنجم هم مربوط به ایستگاههای واقع در نقاط با آب و هوای مدیترانه‌ای و دریائی و هم مربوط به آب و هوای قطبی میشود. در ایستگاههای مدیترانه‌ای علت کم بودن تغییرات سالیانه \bar{N}_s خصوصیات خشک و حاره‌ای و فشار زیاد هوا در ماههای تابستان میباشد. اما در نقاط قطبی علت کم بودن تغییرات محدود بودن اثر رطوبت است که این خود از پائین بودن و یا معتدل بودن حرارت متوسط سالیانه ناشی میگردد.

در شکل (۶-۱) نمونه‌هایی از تغییرات N_s برای هر یک از شش نوع طبقه‌بندی اقلیمی نشان داده شده است.

منحنی‌های فوق برای ۳۰ ایستگاه در شهرهای مختلف که اطلاعات لازم جهت محاسبه \bar{N}_s برای آنها موجود بوده رسم شده است. البته برای هر ایستگاه N_s برای هر ماه حساب شده و سپس متوسط مقدار







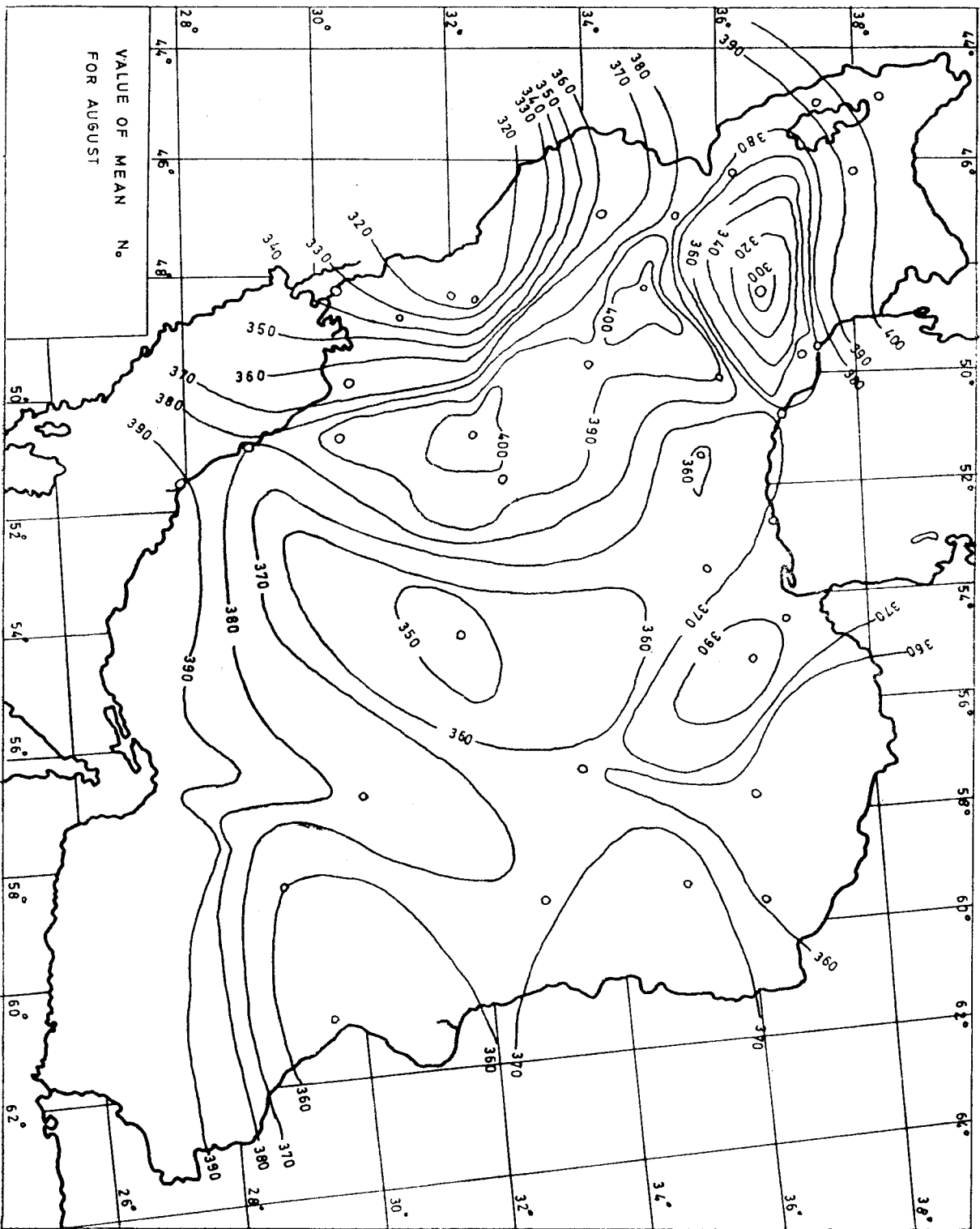
(شکل ۶-۱)

N_s یعنی N_s مربوط به ماه فوق در پانزده سال محاسبه شده است. در بیشتر موارد منحنی های بدست آمده مطابق تقسیم بندی اقلیمی شش گانه است که بوسیله CCIR تعیین گردیده است. بطور مثال:

I	بندر پهلوی در طبقه
II	» بندر بوشهر
III	» بندر عباس
IV	» همدان
V	» آبادان

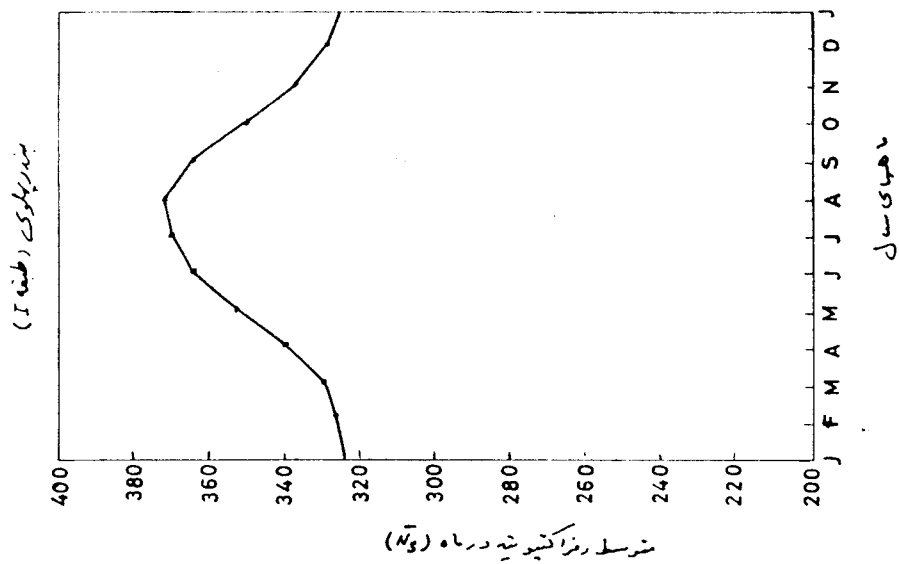
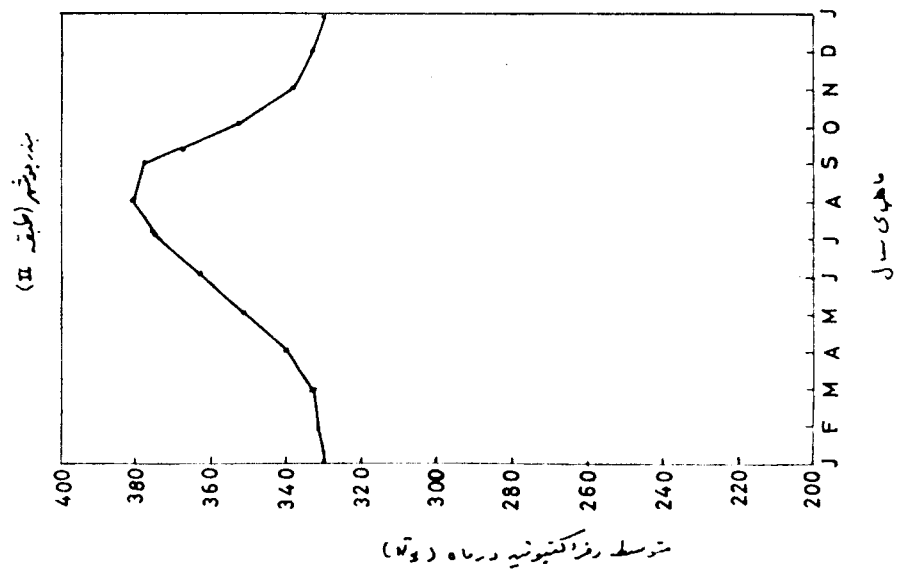
برای طبقه VI در مورد ایران مثالی موجود نبوده است. البته برای بعضی نقاط دیگر نظیر دزفول و یا زاهدان تغییرات \bar{N}_s با هیچیک از طبقه بندی های فوق مطابقت ندارد.

بطور کلی در مورد ایران از نظر حدود تغییرات سالیانه \bar{N}_s میتوان دو طبقه مجزا تشخیص داد. طبقه اول شامل ایستگاههایی است که در آن حدود تغییرات \bar{N}_s بین ۰.۳۵ و ۷ است یعنی تغییرات سالیانه \bar{N}_s زیاد میباشد. بیشتر ایستگاههایی که این خصوصیت را دارند ایستگاههای ساحلی میباشند. برای نمونه میتوان بندرعباس - بندر پهلوی و بندر بوشهر را نام برد.

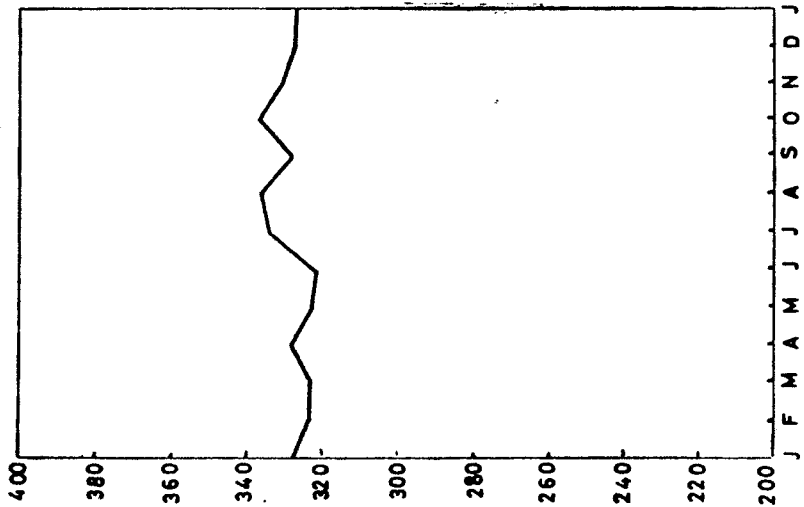


طبقه دوم شامل ایستگاه‌هایی است که در آنها حدود تغییرات N_s کمتر از ۲ می‌باشد برای اینکه موضوع بیشتر مفهوم باشد در صفحات بعد کنتورهای ثابت تغییرات \bar{N}_s رسم شده است (منظور کنتورهایی است که روی آنها \bar{N}_s در عرض مال ثابت است).

همچنین منحنی‌های تغییرات \bar{N}_s برای پنج ایستگاه نمونه‌ای که قبلاً ذکر شد و هر یک مطابق با یکی از پنج طبقه تقسیم‌بندی CCIR بود و همینطور منحنی مربوط به دزفول و زاهدان که با تقسیم‌بندی CCIR مطابقت ندارد نشان داده شده است.

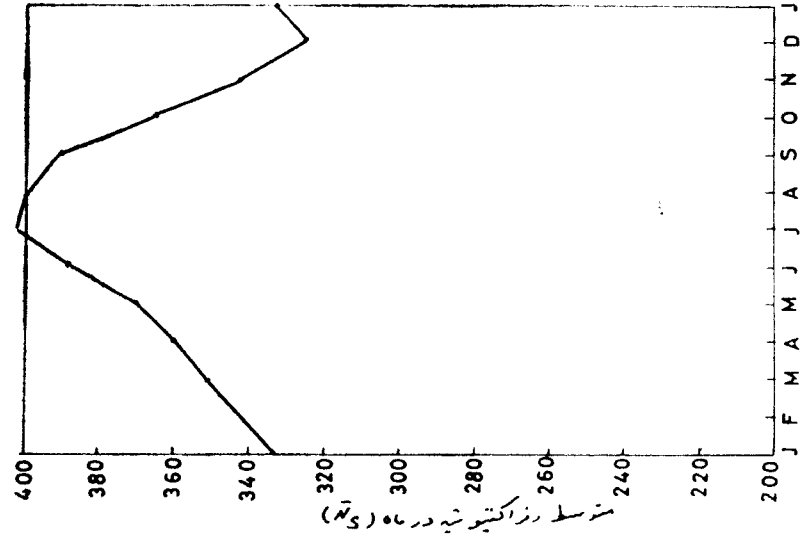


آبادان (طهه V)



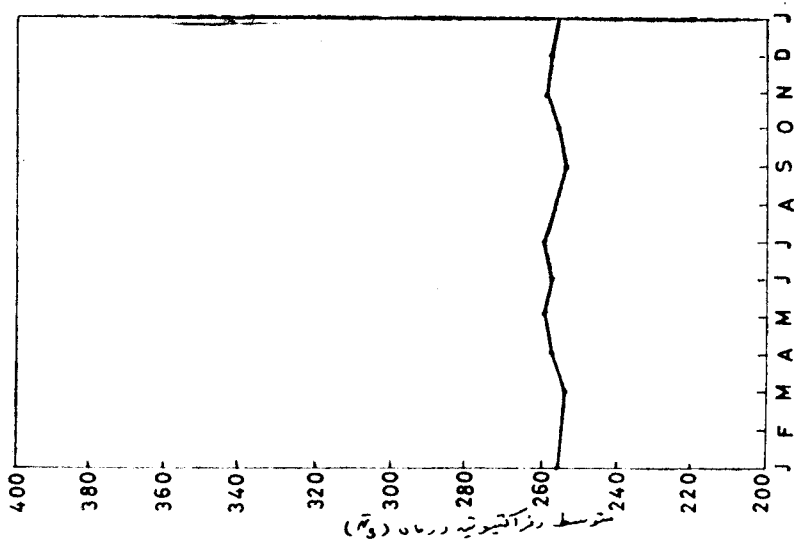
متوسط فراکتیویته در ماه (\bar{N}_s)

بندر بوشهر (طهه VI)



متوسط فراکتیویته در ماه (\bar{N}_s)

همدان (طهه VII)

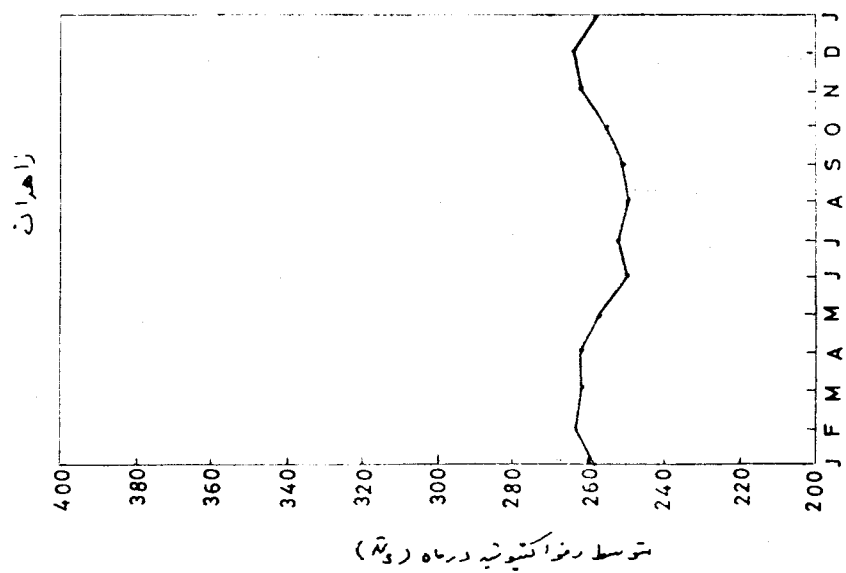
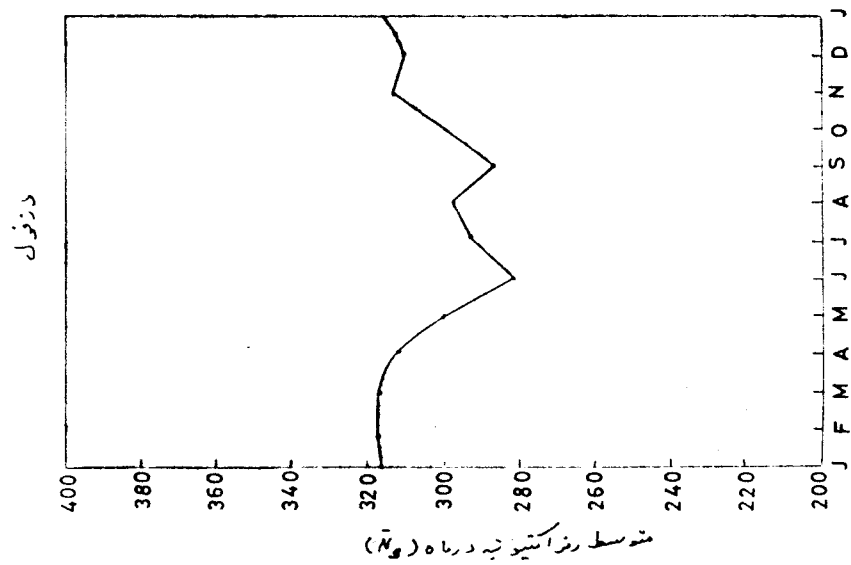


متوسط فراکتیویته در ماه (\bar{N}_s)

دهه سال

دهه سال

دهه سال



منابع

- 1—B.R. Bean : The Radio Rerfractive Index of Air , Proc. IER , 50,3 , P. 260 , 1962 .
- 2—B.R. Bean and J. D. Horn : Radio - Refractive - Index Climate Near the Ground , J. Res. NBS , 63 D , 3 , P. 250 , Nov. Dec. , 1959.