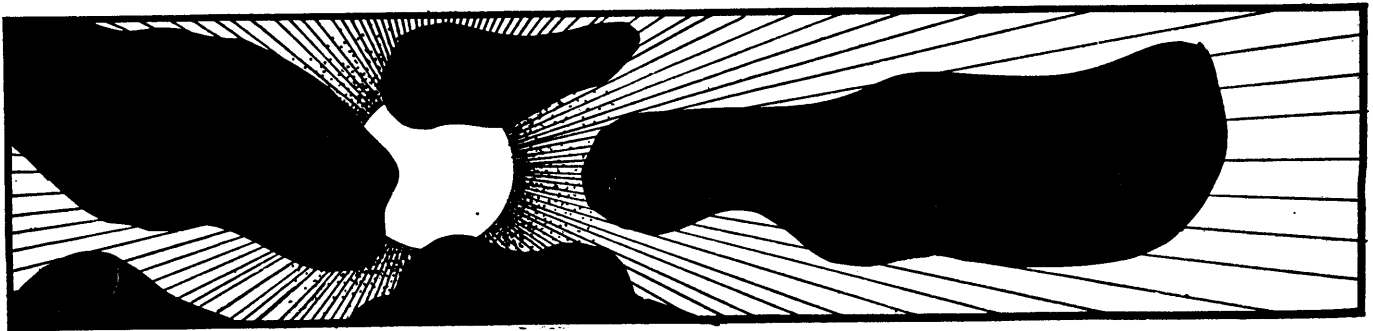
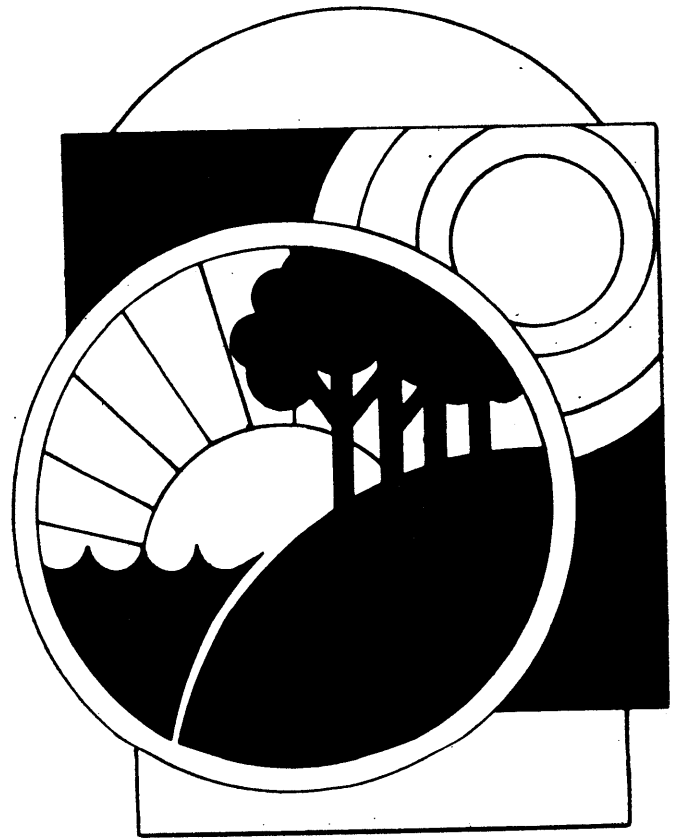


بررسی تأثیر آلودگی هوا بر روی شدت نور خورشید و شفافیت هوا در تهران

دکتر احمد زندنیابور ، مهندس واروژان سیرونیان و مهندس
علیرضا مشرف رضوی



خلاصه : آلودگی هوا بر روی شدت نور مرئی خورشید و شفافیت هوا تأثیر می‌گذارد شدت نور خورشید در مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و دید افقی که میزانی جهت شفافیت هوا میباشد در سازمان هوا شناسی کشور اندازه‌گیری میشود . در این مقاله با استفاده از اندازه‌گیریهای یکساله شدت نور خورشید و شفافیت هوا ، تأثیر آلودگی هوا بر روی این دو فاکتور بررسی شده است .

علاوه بر آن با استفاده از تئوریهای موجود شدت نور خورشید در تهران محاسبه گردید و نتیجه آن با نتایج اندازه‌گیری شده مقایسه گردیده است .

۱- ارتباط آلودگی هوا با شدت نور خورشید و شفافیت هوا

انرژی الکترومغناطیس خورشید بدو طریق سطح زمین میرسد . (۱) انرژی مستقیم خورشید که مستقیماً از اتمسفر عبور نموده و بسطح زمین میرسد . (۲) انرژی پخش شده خورشید (diffuse radiation) که بعلاوه پخش شدن انرژی الکترومغناطیس خورشید بوسیله مولکولها و ذرات شناور در هوا ایجاد شده و از جهات مختلف بسطح زمین میرسد .

بغیر از پخش انرژی الکترومغناطیس خورشید بوسیله اتمسفر ، بعضی از گازهای اتمسفر مثل ازن (O_3) اکسید کربنیک (CO_2) و بخار آب (H_2O) انرژی خورشید را جذب میکنند . ولی چون انرژی خورشید اکثراً در طول موجهای کوتاه تشعشع میشود مقدار جذب انرژی بوسیله اتمسفر بسیار کم میباشد .

در اثر آلودگی هوا ذرات شناور و بعضی از گازهای اتمسفر مقدارشان زیاد شده و در نتیجه انرژی مستقیم خورشید که کار مؤلفه اصلی آن انتقال انرژی خورشید بسطح زمین میباشد تضعیف میشود .

شفافیت هوا همچنین بستگی دارد به مقدار ذرات شناور و مه در اتمسفر . در يك روزی که هوا شفاف است اجسام از فاصله دور دیده میشوند . دیدن يك جسم در فاصله دور بازبستگی بدو مؤلفه دارد . انرژی الکترومغناطیس خورشید که از جسم بطرف دیده‌بان منعکس میشود و انرژی خورشید که از اتمسفر مابین جسم و دیده‌بان بطرف دیده‌بان پخش میشود. هر قدر آلودگی هوا کمتر باشد ذرات شناور مابین جسم و دیده‌بان کمتر میشود در نتیجه انرژی‌هایی که از جسم بطرف دیده‌بان منعکس میشود (مؤلفه اول) مقدارش نسبت به انرژی پخش شده خورشید از اتمسفر مابین جسم و دیده‌بان (مؤلفه دوم) بیشتر شده تفاوت بین انرژی که از جسم و از اتمسفر نزدیک جسم Background radiation بما میرسد از دیاد میباشد و جسم از فاصله دورتری دیده میشود .

۱-۱ پخش نور : مولکولها و ذرات شناور هوا قادرند

که نور خورشید را پخش کنند . در نقاطی که هوا آلوده است نور خورشید به شدت بیشتری پخش میگردد و باعث تضعیف شدت اشعه خورشید و دید میگردد .

۲-۱ جذب نور : ذرات و گازهای تولید شده در اثر آلودگی هوا قادر هستند که نور خورشید را جذب کنند البته تأثیر جذب بر روی شفافیت و شدت نور خورشیدی میتواند متفاوت باشد . بعضی از گازها اشعه ماوراء بنفش و بعضی اشعه مادون قرمز و بعضی دیگر اشعه مرئی خورشید را جذب می‌نمایند. جذب اشعه خورشید در قسمت ماوراء بنفش و مادون قرمز تأثیری بر روی شفافیت هوا نمی‌گذارد بلکه فقط باعث تضعیف نور خورشید میگردد . اگر جذب نور بوسیله گازها یا ذرات در طول موج مرئی اشعه خورشید صورت گیرد هم شفافیت هوا و هم شدت نور خورشیدی تضعیف می‌گردد .

۲ : روشهای اندازه‌گیری .

۲-۱ : اندازه‌گیری شدت نور خورشید : شدت نور خورشید بطرق مختلف اندازه‌گیری میشود و در مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران تشعشع کلی خورشید بکمک يك Dome Solarimeter اندازه‌گیری میگردد . در این دستگاه از تأثیر اشعه خورشیدی بر روی دوترموپیل استفاده شده و بدینوسیله يك جریان الکتریکی تولید می‌شود . شدت این جریان الکتریکی با شدت نور خورشید رابطه مستقیم دارد و مقدار انرژی تشعشع شده در يك ساعت در آخر هر ساعت ثبت میشود .

۲-۲ : اندازه‌گیری شفافیت هوا : یکی از عواملی که شفافیت هوا را تعیین مینماید دید افقی است . دید افقی فاصله ایست که با چشم اشیاء را تشخیص میدهیم . معمولاً برای اندازه‌گیری دید افقی دستگاه اندازه‌گیری بکار برده نمیشود بلکه از چشم غیر مسلح استفاده میگردد . بدین ترتیب بناهای مرتفعی را که فاصله آنها از محل دیده‌بانی قبلاً تعیین شده است در رأس ساعات مختلف روز دیده‌بانی شده و مشخص میگردد که کداميك از بناها دیده میشوند و چون بناها معین است بنابراین میزان تقریبی دید معلوم میشود .

اندازه‌گیری‌های دید افقی مورد استفاده در این مقاله در ایستگاه سنوبیتیک سازمان هواشناسی در مهرآباد انجام شده که فاصله آن با مؤسسه ژئوفیزیک که محل اندازه‌گیری شدت خورشید است در حدود ۸ کیلومتر میباشد .

۳ : محاسبه شدت اشعه خورشید در تهران

شدت اشعه خورشید بکمک فرمول

$$I = I_0 e^{-t/n}$$

محاسبه شده که در این فرمول I_0 شدت اشعه خورشید در خارج از اتمسفر زمین برای طول موج مورد نظر و I شدت اشعه خورشید برای همان طول موج در سطح زمین و t ضخامت اپتیکی اتمسفر و $n = \cos Z$ است که Z زاویه سمت الرأس میباشد. برای محاسبات انجام شده در این مقاله مقادیر I_0 برای فاصله متوسط سالیانه زمین از خورشید از مقاله (۱) و ضخامت اپتیکی از مقاله (۲) استخراج شده است.

بدین ترتیب شدت نور خورشید برای طول موجهای مابین ۰.۲۹ تا ۱ میکرون بفاصل ۱۰۰ Å و از ۱ تا ۵ میکرون بفاصل ۱۰۰۰ Å برای ارتفاع ۱۱۹۰ متر (تهران) محاسبه شده است. از حاصلضرب انتگرال این مقادیر با n شدت کل انرژی خورشید S که بطور مستقیم بر واحد سطح افقی زمین وارد میشود بدست آمده است.

شکل (۱) نتیجه محاسبات شدت کل انرژی مستقیم خورشید برای یک اتمسفر ملکولی در تهران برای زوایای سمت الرأس ۰.۱، ۰.۲، ۰.۳، ۰.۴، ۰.۵، ۰.۶، ۰.۷، ۰.۸، ۰.۹، ۱ نشان میدهد. در این شکل منحنی a شدت اشعه مستقیم خورشید را برای تهران در خارج از اتمسفر زمین نشان میدهد و منحنیهای b و c و d و e نمودار شدت اشعه کل خورشید در سطح زمین (تهران) برای زوایای سمت الرأس مختلف میباشد. از این شکل دیده میشود مقدار انرژی خورشید که بر سطح افقی زمین میرسد با زاویه سمت الرأس نسبت معکوس دارد و ماگزیم این منحنیها با بزرگ شدن زوایای سمت الرأس بطرف طول موجهای بزرگتر منحرف میشوند.

محاسبات انرژی خورشید وارد بر واحد سطح زمین در تهران برای زوایای سمت الرأس مختلف بر حسب W/m^2 و همچنین $Cal/cm^2 \min$ در جدول (۱) نشان داده شده است.

n	W/m^2	$Cal/cm^2, \min$
۱	۱۲۷۲/۶۳	۱/۸۲۴۱
۰/۸	۱۰۱۶/۹۸	۱/۴۵۷۸
۰/۶	۷۲۴/۱۸	۱/۰۳۸۰
۰/۴	۴۶۱/۶۹	۰/۶۶۱۸
۰/۲	۲۰۲/۶۸	۰/۲۹۰۵
۰/۱	۸۷/۱۴	۰/۱۲۴۹
۱/۰۲	۱۰/۱۵	۰/۰۱۴۶

جدول ۱ - انرژی مستقیم خورشید وارد بر واحد سطح افقی در تهران

محاسبه مؤلفه انرژی خورشید که با پخش متوالی بسطح زمین میرسد مشکل است. در اغلب محاسبات این قسمت از انرژی خورشید را بعد از دو بار پخش متوالی محاسبه میکنند. در این مقاله با استفاده از تئوری چند راسخ (۳) که بوسیله دیمثیان و مسکرا (۴) تکمیل شده مؤلفه انرژی خورشید که با پخش متوالی بسطح زمین میرسد برای تهران محاسبه شده است.

مجموع شدت انرژی مستقیم خورشید S و مؤلفه انرژی خورشید که با پخش متوالی بسطح زمین میرسد $Global\ Radiation$ نامیده و به G نشان میدهند. چون S برای تهران محاسبه شده است بکمک نسبت H/G که بوسیله دیمثیان و مسکرا انجام شده مقادیر

G و H تخمین زده شده است. جدول ۲ مقادیر H/G و G/H

را برای زوایای سمت الرأس مختلف خورشید در تهران نشان میدهد. در این جدول واحد انرژی $Cal/cm^2 \min$ میباشد.

no	۱	۰/۶	۰/۱	۰/۰۲
H/G	۰/۰۴	۰/۰۶۵	۰/۲۲	۰/۴۴
	-۲	-۲	-۲	-۳
H	$۷/۳ \times ۱۰$	$۶/۷۵ \times ۱۰$	$۲/۷۵ \times ۱۰$	$۶/۴۲ \times ۱۰$
	۱/۸۴۷۱	۱/۸۴۴	۱/۵۱۰	۱/۰۴۸

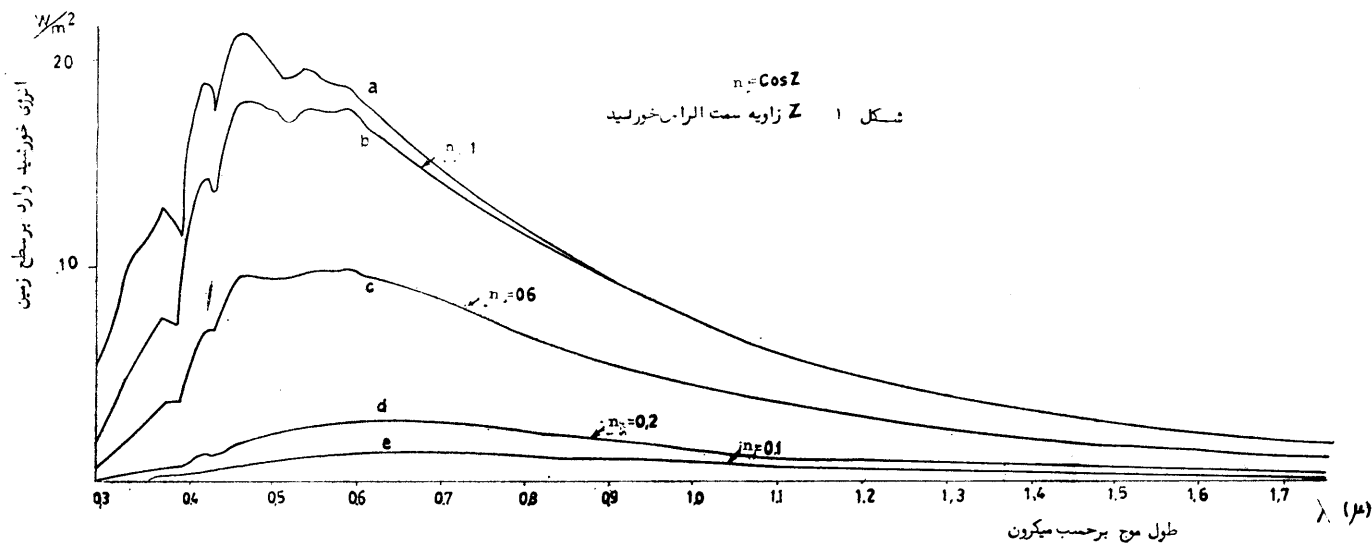
جدول (۲) نتیجه محاسبات G و H برای تهران

همانطور که از محاسبات معلوم میگردد مقدار انرژی خورشید که بر زمین میرسد بستگی بزاویه سمت الرأس خورشید دارد بدینجهت زاویه سمت الرأس خورشید برای ساعتها و روزهای مختلف محاسبه شده است. همچنین جدولی که G و S را برای زوایای سمت الرأس مختلف خورشید در تهران نشان میدهد تهیه شده مقاله (۵) که در این جا از آن برای محاسبات استفاده گردیده است.

۴: بررسی نتایج

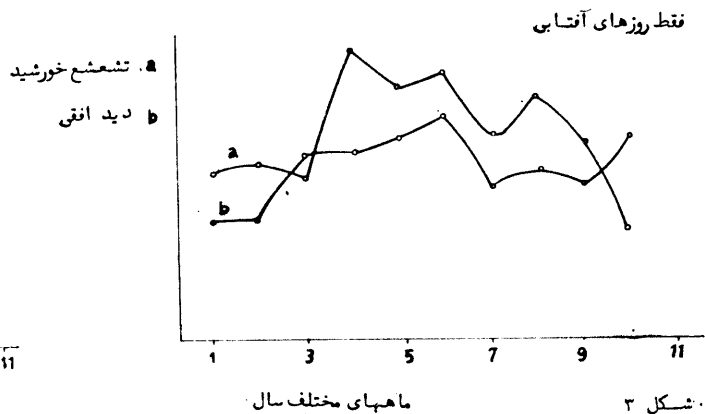
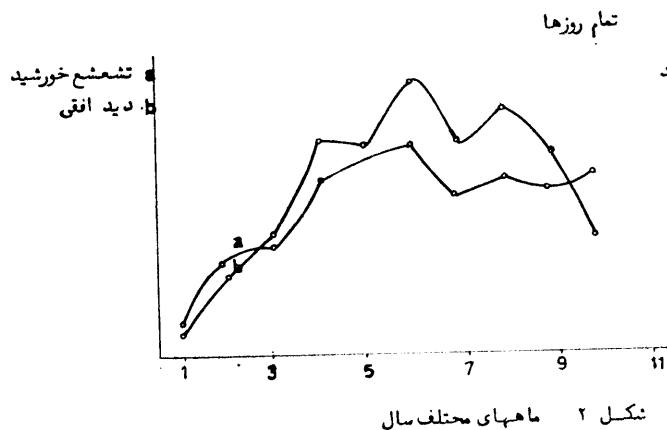
۴-۱: مقایسه تغییرات شدت نور خورشید با شفافیت هوا در تهران.

برای بررسی عملی تأثیر آلودگی هوا بر روی شدت نور خورشید و شفافیت هوا از مقایسه اندازه گیریهای این دو فاکتور استفاده شده است. اندازه گیری تشعشع خورشید از اول دیماه ۱۳۵۰ شروع شده و مدت ۱۱ ماه آن در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفته است. دید افقی از دیده بانیهای موجود در آمارهای سازمان هواشناسی برای همان مدت استخراج شده است.



در ابتدا میانگین دید افقی برای ساعت‌های ۳/۵ ، ۶/۵ ، ۹/۵ ، ۱۲/۵ (زمان محلی) محاسبه شده و بعداً یکمک آن میانگین ماهانه دید افقی بدست آورده شده است. علاوه بر آن میانگین ماهانه شدت نور خورشید نیز محاسبه شده است .

شکل (۲) نتیجه اندازه گیری شدت نور خورشید و دید افقی را نشان میدهد . در این شکل مقادیر متوسط شدت نور خورشید و دید افقی برای تمام روزها (آفتابی و ابری) در ماه‌های مختلف سال رسم شده است . منحنی a شدت نور خورشید و منحنی b دید افقی را در ماه‌های مختلف نشان میدهد . در این شکل میتوان بطور وضوح هماهنگی کلی مابین دو منحنی را مشاهده نمود .



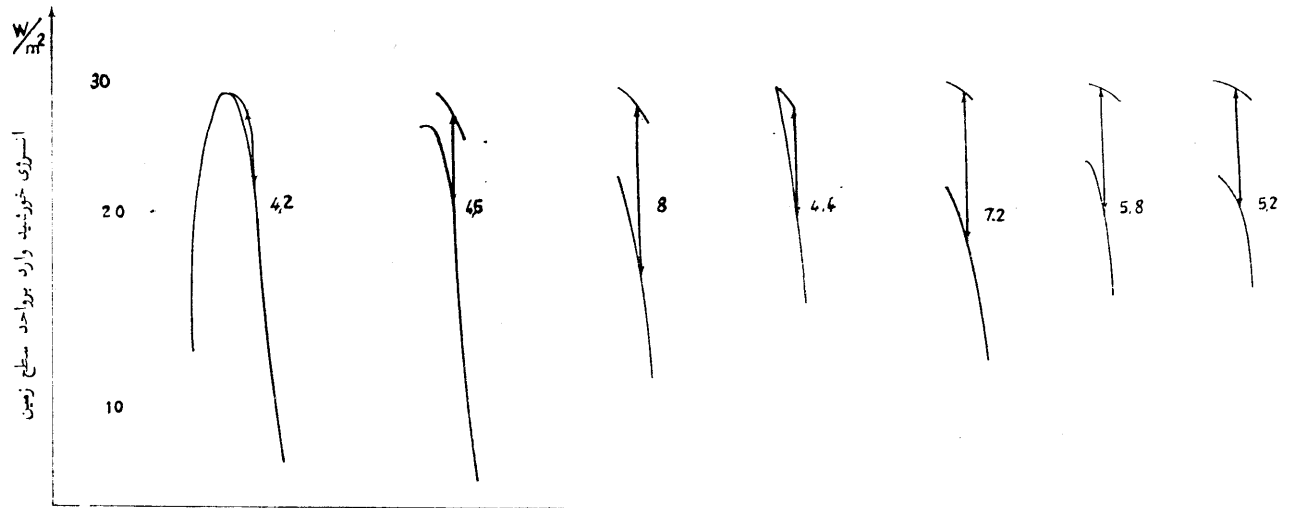
روزهای آفتابی می‌تواند بستگی به آلودگی هوا داشته باشد). هر قدر هوا آلوده‌تر باشد مقدار ذرات شناور و گازهای آلوده بیشتر بوده و در نتیجه شدت انرژی خورشید اندازه‌گیری شده کاهش می‌یابد و تفاوت ما بین این دو منحنی نیز بیشتر می‌شود و در اینصورت دید نیز بایستی کمتر باشد.

در این شکل اختلاف در زمان دو ساعت بعد از ماگنیم انرژی خورشیدی اندازه‌گیری شده مشخص شده است. اختلافات دو منحنی برای روزهای مختلف باید مقایسه و همبستگی ضعیفی بین ایندوپارامتر مشاهده شده است. البته اگر میانگین ماهانه ایندوپارامتر محاسبه و مقایسه گردد انتظار می‌رود که هماهنگی بیشتری بین ایندوپارامتر مشاهده شود.

شکل (۳) شدت نور خورشید و دید افقی را فقط برای روزهای آفتابی نشان می‌دهد. از این شکل نیز دیده می‌شود که دو منحنی با یکدیگر هماهنگی دارند.

۲-۴ - مقایسه شدت نور خورشید اندازه‌گیری شده و محاسبه شده برای تهران.

در شکل (۴) منحنی‌های بالای دیاگرام شدت اشعه خورشید محاسبه شده برای روزهای مختلف (زمان محل) و منحنی‌های پائین دیاگرام شدت اشعه خورشید اندازه‌گیری شده را برای همان روزها نشان می‌دهد. چون محاسبات برای هوای تمیز (اتمسفیر مولکولی انجام شده تفاوت مابین دو منحنی برای



ساعتی روز (بوقت محلی)	$11^{\circ} 15' 19''$	$11^{\circ} 15' 5''$	$10^{\circ} 14'$	$11^{\circ} 15' 5''$	$10^{\circ} 14'$	$12^{\circ} 16'$	$12^{\circ} 16'$
تاریخ	51,6,19	51,6,21	51,6,17	51,6,20	51,6,27	51,6,28	51,6,29

منابع مقاله

1- Handbook of Geophysics, 1960, United States Air Force.

2- واروژان سیرونیان - ضخامت ایتیکی اتمسفر در تهران - نیوار (زیر چاپ) .

3- Chandrasekhar, S., 1950 Radiative Transfer, Clarendon Press, Oxford .

4- Deirmendjian, D., and Sekera, Z., 1951 Global Radiation Resulting from Multiple Scattering in a Rayleigh Atmosphere, Tellus, Vol. 6, No. 1.

5- واروژان سیرونیان - انرژی الکترومغناطی خورشید در تهران - نیوار (زیر چاپ) .

در نتیجه بایستی اضافه کرد که انرژی خورشید اندازه گرفته شده در روزها و ماههای مختلف نشان میدهد که تغییرات انرژی خورشید بر اثر آلودگی هوا محسوس میباشد لذا میتوان از دستگاههای اندازه گیری تشعشع برای بدست آوردن اطلاعات راجع به آلودگی هوا استفاده کرد .

1- مطالعه تغییرات گاز مونواکسید کربن در تهران
2- نتایج اندازه گیری را دیواکتیو ته هوا در تهران از آن برای مطالعه انورژن .

3- نتایج اندازه گیری گاز NO_2 در تهران .
4- مقاله کلی .