نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ۲، تابستان ۱۳۹۳
صفحات۱۰۵-۹۳

تحلیل تغییرات تابش فرابنفش در منطقه‌ی اصفهان

منوچهر فرج زاده اصل، دانشیارآب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس[1]
یوسف قویدل رحیمی، استادیارآب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس
مهدی اردشیری کلهر، کارشناسی‌ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت مقاله:۱۳۹۲/۱۱/۱۲ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۴/۱۷

چکیده

برای بررسی تابش فرابنفش و تحلیل زمانی آن در سطح کشور، ایستگاه اصفهان، به لحاظ داشتن اتمسفری همگن، به منزله‌ی مدلی برای کل کشور انتخاب شد. برای تحلیل زمانی داده‌ها نیز، دوره‌ی آماری از سال‌های ۱۳۸۰ تا۱۳۹۰ تهیه گردید. بررسی داده‌ها به صورت چهار واحد زمانی متفاوت روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش‌های آماری و آزمون من کندال انجام گرفت. نتیجه‌ی بررسی‌ها در ایستگاه اصفهان، نشان داد که بیشترین شاخص تابش فرابنفش به مقدار ۱۱/۵ است که معمولاً در اواسط تابستان روی داده و کمترین آن به مقدار ۰/۵ در اواسط زمستان اتفاق افتاده است. همچنین، نتایج حاصل از برازش خط روند تغییرات فصلی برای دهه‌ی اخیر، نشان داد که مقدار تابش در بهار روندی افزایشی داشته و برای دیگر فصل‌ها این روند کاهشی بوده است. از طرفی نیز، بیشترین تابش آفتاب بین ساعت‌های ۱۰ صبح تا ۱۶ بعد از ظهر بوده و در بیشتر اوقات سال، شاخص از ۳ بالاتر بوده است. در نتیجه‌ی این امر، مردم باید اقدامات پیشگیرانه را رعایت کنند تا از صدمات ناشی از آن در امان بمانند.

واژگان کلیدی: تابش فرابنفش، ازن سنجی، تغییرات زمانی، روش من کندال، مخاطرات آب و هوایی، اصفهان

[1]- نویسنده ی مسئول: Email:farajzam۲۰۰۰@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

انسان‌ها سالیان متمادی نور آفتاب را شفا بخش می‌دانستند و از آن برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌کردند. امروزه نیز، نه تنها آثار درمانی خورشید رد نشده، بلکه سودمندی آن در درمان بیماری‌هایی مانند نرمی استخوان و اگزما تأیید شده است. اما، قرار گرفتن طولانی مدت در معرض تابش خورشید، همیشه سودمند نیست و ممکن است پیامدهای حاد و مزمنی بر سلامت پوست، چشم و سیستم ایمنی بدن داشته باشد. چراکه انسان طبیعتاً در معرض حجم زیادی از تشعشع‌های قرار دارد و بیش از ۸۰ درصد پرتوها را از طبیعت دریافت می‌کند (Badarinath, ۲۰۰۸). بنابراین، با تشعشع‌های موجود عمده‌ترین آسیبی که انسان را تهدید می‌کند، آسیب ناشی از محیط طبیعی است که خورشید یکی از اصلی‌ترین آنهاست. تشعشع‌های خورشیدی دارای امواج الکترومغناطیسی شامل نور مرئی، مادون قرمز و تابش فرابنفش‌اند که مخرب‌ترین این امواج برای حیاتِ کره زمین، اشعه‌ی فرابنفش خورشیدی است. این اشعه محدوده‌ای از طیف نور خورشید است که پس از طی میلیون‌ها کیلومتر از خورشید به ما می رسد. این پرتو از نور خورشید در محدوده‌ی بینایی انسان نیست و چون نمی‌توان آن را مشاهده کرد، به آن نور تاریک نیز می‌گویند. پرتوهای فرابنفش از منابع طبیعی و مصنوعی تابش می‌شوند و خورشید، منبع عمده‌ی این پرتو برای توده‌های جمعیتی محسوب می‌شود. تنها چتر حفاظی که زمین را از دریافت بیش از حد تابش فرابنفش خورشیدی دور نگه می‌دارد، اُزن استراتوسفری است. گاز ازن از عناصر مهم جو است که مقدار آن، اگرچه در حوالی کره‌ی زمین ناچیز است، در ارتفاعات فوقانی دارای غلظت بسیاری است. با وجود این، در سال‌های اخیر، تحقیقات علمی مشخص کرده است که ساختار شیمیایی اتمسفر و ازن در حال تغییر است؛ نتیجه اینکه در ورودی تابش فرابنفش نیز، تغییراتی رخ داده است. دو علت عمده‌ی این تغییر یکی، عوامل طبیعی و دیگری، دخالت‌های انسانی است. درباره‌ی فعالیت‌های انسان باید گفت که هر ساله، به علت عملکرد گازهای جذب‌کننده، گرمای بیشتری تولید می‌شود و بر پدیده‌ی گرم شدن زمین دامن می‌زند؛ در نتیجه، ازن را نابود می‌سازد. بنابراین، با کاهش ضخامت لایه ازن، میزان پرتوگیری انسان و محیط اطراف او، شدت فزاینده‌ای خواهد یافت.

مطالعات درباره‌ی ازن و تغییرات ایجاد شده در تشعشع‌های فرابنفش از اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ شروع شد و از آن پس، دانشمندان به تأثیر عوامل از بین‌برنده ازن پی‌بردند. از این‌رو، درجهان، بنا به ضرورتِ موضوع بهداشت عمومی، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفت که می‌توان به مطالعه‌ی وینتر سورکینا در زمینه‌ی تخریب لایه‌ی ازن (Sorkina, ۲۰۰۱)، منابع تشعشع فرابنفش و اندازه‌گیری آن از دیفی (Diffey, ۲۰۰۲) و کار پانوا و همکاران (Panova et al., ۲۰۰۲) با عنوان «واکنش گیاهان و میکروارگانیسم‌ها بر تابش UVC» (Ultra Violet-C) اشاره کرد. در تحقیق اخیر، اثر تابش UVC بر روی گیاهان و میکروارگانیسم‌ها تحت شرایط کنترل شده‌ی اکوسیستم کشاورزی بررسی شده است. همچنین، پژوهشی دیگر با عنوان «جذب UVB (Ultra Violet-B) برگ راش در امتداد شیب» از نیتزیک و همکاران (Netzike et al., ۲۰۰۳) در این زمینه، انجام یافته است و آنان همبستگی قویی را بین سطح برگ راش و وزن مخصوص آن با میزان UVB بدست آوردند. تغییرات تشعشع‌های فرابنفش را در سده‌های گذشته شافر و کرونی(Shaffer and Cerveny, ۲۰۰۴) مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که در پی تحولات اقلیمی، تغییرات بسیاری در میزان تشعشع‌های فرابنفش صورت گرفته است. مطالعه‌ی رائو و همکاران (Rao et al., ۲۰۰۴) درباره‌ی اقلیم‌شناسی ازن در قسمت اروپایی قطب شمال نیز، نشان دهنده‌ی این تغییرات فراوان است. مطالعه‌ی پیاسنتینی و همکاران (Piacentini et al., ۲۰۰۴) در آرژانتین، درباره‌ی خطر تشعشع‌های فرابنفش با استفاده از داده‌های ماهوارهای صورت گرفت. تحلیل شرایط زمانی تشعشع‌های فرابنفش و ارتباط آن با عمق اپتیکی هوایزه‌های را درکره‌ی جنوبی، اوگونجوبی و کیم (Ogunjobi and Kim, ۲۰۰۴) بررسی کردند. جفونی و همکاران (Gifoni et al., ۲۰۰۵) درباره‌ی خطر جدی مقادیر بالای UV خورشیدی، مقاله‌ای با عنوان «خطر UV در یک روز تابستان در شرایط مدیترانه‌ای و نقش حفاظتی چتری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ساحلی» کار کردند. ضرورت این پژوهش، اندازه‌گیری و مقایسه‌ی میزان UV در سواحل مدیترانه به دو صورت اندازه‌گیری بود: یکی، در زیر چتر حفاظتی و دیگری، در هوای آزاد. اقلیم‌شناسی تشعشع‌های فرابنفش سطحی را در شیلی، کوردو و همکاران(Cordero et al., ۲۰۰۵)مطالعه کردند. هادر و سینها (Hader and Sinha, ۲۰۰۵) به بررسی اثر تشعشع‌های فرابنفش روی DNA ارگانیسم های دریایی پرداختند و تأثیرپذیری فراوانی را کردند. مطالعه حساسیت‌پذیری تشعشع‌های فرابنفش خورشیدی روی آلوده کننده‌های با منشأ انسانی و شرایط هوا را المینر(Elminir, ۲۰۰۷) بررسی کرد. تحلیل مقادیر UVB در مرکز شبه جزیره‌ی ایبری (Iberian Peninsula) را گوتیرس ماکو و همکاران (Guierrez-Marco et al., , ۲۰۰۷) صورت دادند و تغییرات فراوان آن را در سال‌های اخیر نشان دادند. مطالعات مهمی بر روی اثر مثبت تشعشع‌های فرابنفش روی تأمین ویتامین D بدن صورت گرفته است، از جمله مطالعه‌ی فیولتو و همکاران (Fioletov et al., ۲۰۰۹). اثر تشعشع‌های فرابنفش روی پوشش ابری، از جمله موضوعات جدید در این زمینه است که متوس و همکارن (Meteos et al., ۲۰۱۰) در مرکز اسپانیا بررسی کرده‌اند. استفاده از داده‌های ماهواره برای تحلیل میزان تشعشع‌های نیز از جمله موضوعات جدید است که برای مثال، می‌توان به مطالعه‌ی جانجای و همکاران (Janjai et al., ۲۰۱۰) در منطقه‌ی استوایی اشاره کرد. مطالعه‌ی منابع تشعشع‌های فرابنفش روی اورآسیای شمالی مطالعه‌ای است که چوباروا و زاندووا (Chubarova and Zhdanova, ۲۰۱۳) انجام شده است. تحلیل شرایط تشعشع‌های فرابنفش در چین مرکزی را وانگ و همکارن (Wang, ۲۰۱۳) صورت داده‌اند و از طریق آن پیش-بینی برای آینده نیز صورت گرفته است.

کشور ایران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و بالا بودن تراز ورودی خورشید ممکن است صدمات زیست محیطی جبران-ناپذیر و تغییرات اقلیمی در پی داشته باشد (فراهانی ،۱۳۸۵: ۳۰). با توجه به این ضرورت‌ها، از سال ۱۳۷۰، فعالیت‌ها و مطالعات در زمینه‌ی اندازه‌گیری ازن در ایران آغاز شده است. از جمله این فعالیت‌ها، گزارش‌های علمی مرکز ازن سنجی موسسه‌ی ژئوفیزیک (۱۳۸۵) و خبرنامه‌ی گروه پژوهشی شیمی جو، ازن و آلودگی هوا سازمان هواشناسی استان اصفهان است که هر ساله نتایج بررسی‌های خود را در اختیار عموم قرار می‌دهند. از طرفی، در سال‌های اخیر، به دلیل اهمیت داشتن پیامدهای بهداشتی قرار گرفتن افراد در معرض تشعشع‌های خورشیدی، پژوهش‌ها در این باره بیشتر شده است. ازجمله پژوهش‌های انجام یافته کار عزتیان و همکاران (۱۳۹۱) با عنوان لایه‌ی ازن و تابش فرابنفش، کار موسوی و همکاران (۱۳۹۱، الف) با عنوان بررسی تغییرات ازن کلی و الگو تراز فوقانی جو روی ایران در همبستگی با شرایط افراطی حفره‌ها روی جنوبگان و، همچنین، مدل اصلاح شده داده‌های ماهواره‌ای در ناحیه‌بندی تابش فرابنفش خورشید دوره‌ی گرم سال روی سرزمین ایران نوشته‌ی موسوی و همکاران (۱۳۹۱، ب) است.

گفتنی است که بیشتر تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد سطح تابش فرابنفش تا اواسط این قرن همچنان رو به افزایش است. از این رو، لازم است مطالعات در خصوص کمیت و کیفیت تابش فرابنفش در کشور ضرورت یابد. برای همین، هدف مطالعه‌ی حاضر تحلیل تغییرات زمانی رخ داده در داده‌های ازن سنجی ایستگاه اصفهان، نمونه‌ای برای کل کشور، است.

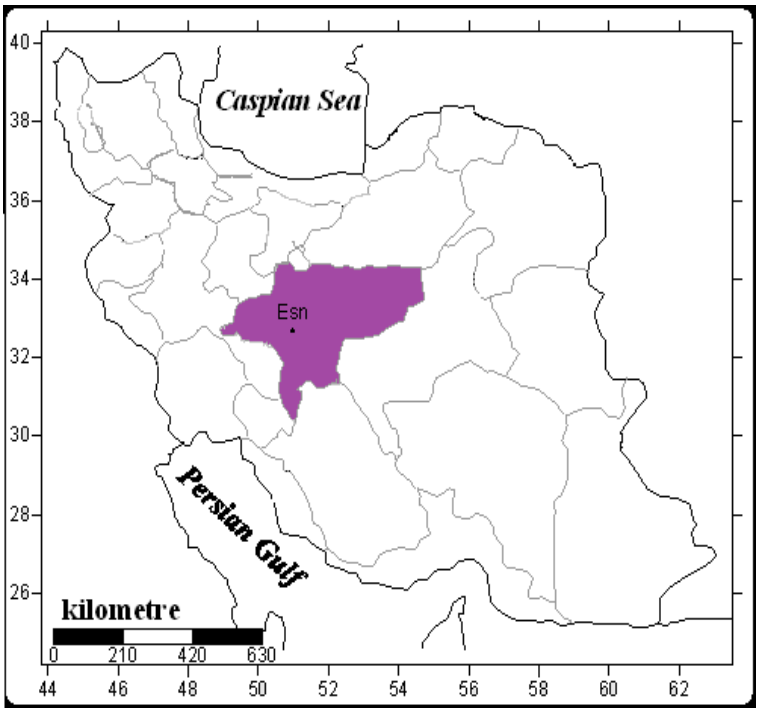
داده ها و روش کار

در این مقاله، منطقه‌ی مطالعه‌ی ایستگاه ازن سنجی اصفهان، تنها ایستگاه رسمی و جهانی سنجش ازن استراتوسفری در ایران، که در جنوب اصفهان و در موقعیت جغرافیایی۳۲,۳۱ عرض شمالی و۵۱,۷۰ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا ۱۵۵۰ متر است. همچنین، روزانه در این ایستگاه، پارامترهای جوی (دما، فشار، رطوبت، سمت و سرعت باد) در سطوح فوقانی جو در ساعت ۱۲ گرینویچ با کمک رادیو سوند اندازه‌گیری می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

دسته اول از اطلاعات مورد استفاده داده‌های تابش فرابنفش از ایستگاه ازن سنجی اصفهان، طی دوره‌ی زمانی ژانویه‌ی سال ۲۰۰۱ الی دسامبر سال ۲۰۱۰ است. در این ایستگاه، مقادیر ازن کلی را دستگاه ازن سنج بروئر در طول روز، از طلوع تا غروب خورشید، در محدوده‌ی زاویه‌ی سرسوی ۷۵ درجه‌ی مثبت تا ۷۵ درجه‌ی منفی در هر شرایط جوی از ۲۰ تا ۵۰ مرتبه اندازه-گیری می‌کند و، با میانگین‌گیری از داده‌های اندازه‌گیری شده، آن‌ها را به صورت میانگین روزانه ثبت می‌کند. از طرفی، پارامترهای جوی در سطوح فوقانی جو، از جمله دما ، فشار، رطوبت و سمت و سرعت باد با دستگاه رادیو سوند به همراه بالن پر از گاز هیدروژن تا ارتفاع ۳۰ تا ۳۵ کیلومتر ارسال می‌شود و اندازه‌گیری پارامترهای یاد شده در ستون عمودی به دست می‌آید و داده‌های سمت و سرعت باد سطوح فوقانی نیز، در دوره‌ی زمانی فوق، در این بخش جمع‌آوری می‌شود. شکل ۱موقعیت ایستگاه ازن سنجی اصفهان را نشان می‌دهد.

دسته دوم، اطلاعات مربوط به داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی عناصر اقلیمی ایستگاه هواشناسی اصفهان از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ است. این داده‌ها بر اساس میانگین ماهانه و برای تحلیل همبستگی با تابش فرابنفش خورشیدی از هواشناسی کشور اخذ شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه ازن سنجی اصفهان

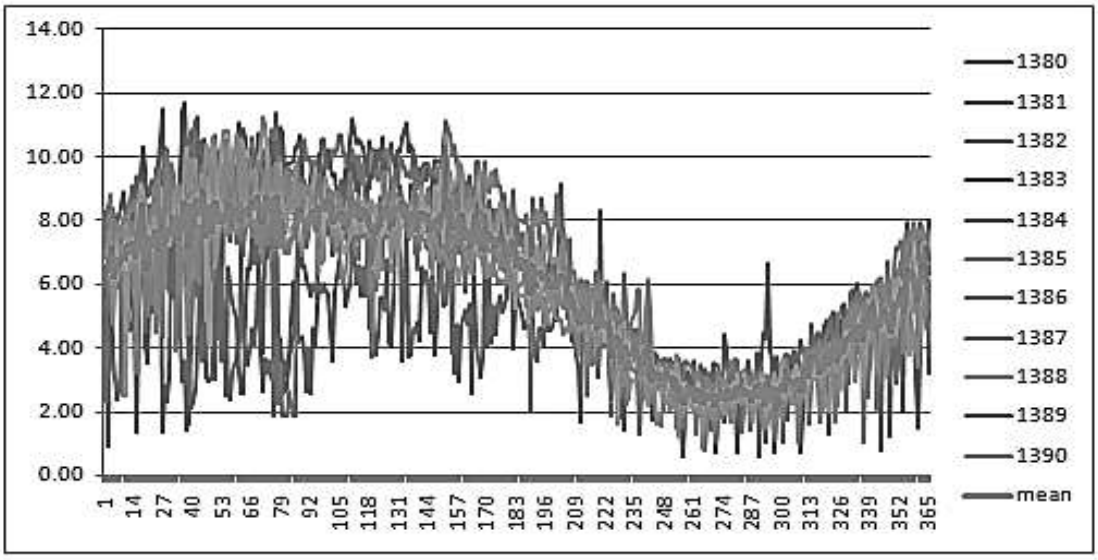
روش کار این تحقیق، با توجه به اینکه تنها ایستگاه مرجع زمینی اندازه‌گیری اشعه‌ی تابش فرابنفش (به روش فتومتریک بروئر) مرکز ازن سنجی اصفهان بود، به صورت مرحله‌ای انجام گرفت. داده‌های این مرکز، به منزله‌ی مدلی برای کل کشور، به فرض داشتن اتمسفری همگن تحلیل شد و روند کلی تغییرات اشعه‌ی فرابنفش به صورت روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه به دست آمد. همچنین، بخشی از تحلیل‌ها، که روی این داده‌ها صورت گرفت، بررسی چگونگی یا توالی آن‌ها در طی زمان بود تا، به این ترتیب، مشخص گردد آیا داده‌ها روند یا تغییرات دوره‌ای داشته‌اند یا خیر. پس داده‌های مورد بررسی بر اساس زمان رخداد مرتب و ترتیب سری زمانی بر روی آن‌ها تشکیل شد. از سوی دیگر، با توجه به اینکه میزان ورودی تشعشع‌های فرابنفش ارتباط زیادی با ابرناکی آسمان، میزان گرد و غبار و شدت دما دارد همبستگی بین آن‌ها نیز ارزیابی شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

شرح و تفسیر نتایج

الف) تغییرات روزانه

با توجه به شکل ۲، که نشان دهنده‌ی تغییرات سالانه تابش فرابنفش است، روندی کلی برای همه‌ی سال‌ها را می‌توان مشاهده کرد، با این تفاوت که از شروع فصل بهار پراکندگی بیشتری در همه‌ی سال‌ها اتفاق افتاده است. به عبارتی دیگر، جو تأثیر زیادی بر میزان تابش رسیده به سطح زمین دارد، به طوری که وقتی ارتفاع خورشید کم باشد این پرتو مسیر طولانی‌تری را در جو طی می‌کند، در نتیجه: پراکندگی بیشتری رخ می‌دهد. همچنین، بسیاری از امواج پراکنده شده به طرف سطح زمین در زاویه‌ای از افق که بزرگتر از ارتفاع خورشیدی است، انکسار پیدا می‌کنند، پس: کمتر جذب می‌شوند. این امر باعث بیشتر شدن میزان پراکندگی از حالتی می‌گردد که پرتو فرابنفش مستقیم حرکت کند. در فصل تابستان، نسبت میزان پرتو فرابنفش پراکنده به صورت مستقیم کمتر است. از این رو، شاخص تابش فرابنفش در فصول گرم سال مقادیر بیشینه و میزان ۹ الی ۱۰ را دارا است. طبعاً، این افزایش میزان شاخص به صاف بودن آسمان و، همچنین، ارتفاع داشتن و مستقیم بودن تابش خورشید طی فصل تابستان برمی‌گردد که مقدار بیشه تابش فرابنفش را نیز شامل می‌شود. به طوری که با نزدیک شدن به اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان از میزان پراکندگی پرتو فرابنفش کاسته شده و، تقریباً، در یک ردیف قرار می‌گیرند. از طرفی افزایش شاخص تا اواسط فصل پاییز طول می‌کشد و بعد آن سیر نزولی در همه‌ی سال‌ها رویت‌پذیر است. این نزول در فصل زمستان به اوج خود، به مقدار ۲ الی ۳، که مطمئناً به مهم‌ترین عامل، ارتفاع و زاویه خورشید از سطح زمین و پراکندگی تابش کل خورشیدی، برمی‌گردد.



شکل۲. نمودار تغییرات سالانه تابش فرابنفش (۱۳۸۰-۱۳۹۰)

ب) ویژگی‌های آماری

جدول ۱ شاخص‌های پراکندگی تابش فرابنفش ایستگاه اصفهان را به صورت سالانه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول مقدار واریانس، انحراف از معیار، ضریب چولگی و کشیدگی به تفکیک برای هریک از سال‌های مطالعه محاسبه شده است. مقادیر جدول نشان می‌دهد که تغییرات تابش فرابنفش دارای تغییرات بسیاری در سال‌های مطالعه بوده است، به طوری که از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

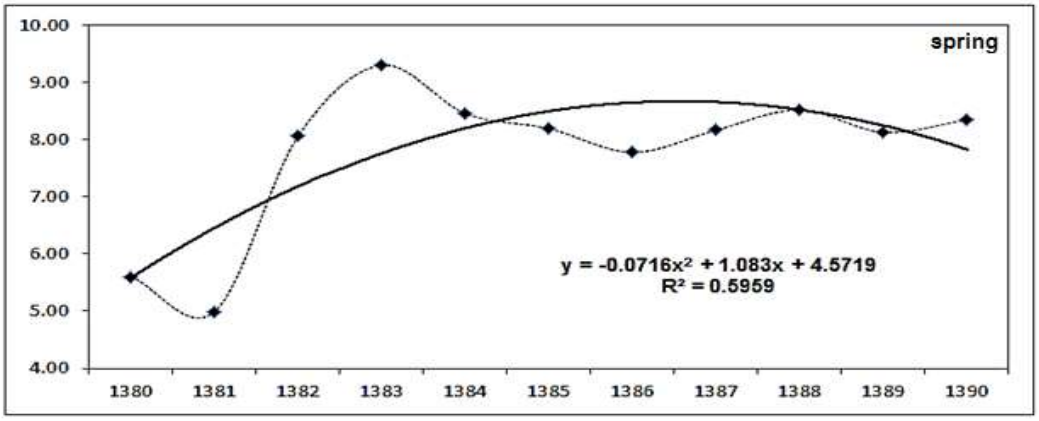
میانگین ۴/۸ در سال ۱۳۸۰ به ارزش ۴/۴۹ در سال ۱۳۸۳ تغییر یافته است. تحلیل آماری حکایت از آن دارد که تغییرات تابش فرابنفش فراوان است و اثرهای مختلفی را می‌تواند درخود داشته باشد.

جدول ۱. شاخص‌های پراکندگی تابش فرابنفش ایستگاه اصفهان

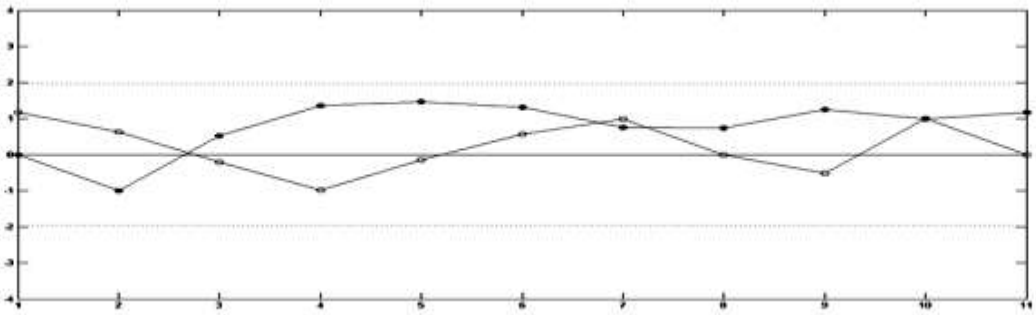
	میانگین	انحراف از معیار	واریانس	مینیمم	ماکسیموم	میانه	چولگی	کشیدگی
۱۳۸۰	۴/۸۰	۱/۷۰	۲/۹۰	۰/۷۰	۱۱/۵۲	۵/۶	۰/۶۴	۱/۰۶
۱۳۸۱	۵/۶۴	۲/۵۵	۶/۵۳	۰/۶۲	۱۱/۱۹	۲/۸۷	۰/۲۹	-۰/۹۷
۱۳۸۲	۶/۵۲	۲/۷۵	۷/۵۹	۱/۳۴	۱۱/۳۵	۱۰/۲۶	-۰/۱۳	-۱/۳۶
۱۳۸۳	۶/۴۹	۲/۸۱	۷/۹۲	۰/۷۰	۱۱/۶۶	۲/۵۲	-۰/۱۶	-۱/۳۵
۱۳۸۴	۶/۲۲	۲/۴۱	۵/۸۴	۱/۰۹	۱۰/۳۵	۳/۲۵	-۰/۳۰	-۱/۲۶
۱۳۸۵	۶/۰۱	۲/۳۸	۵/۶۹	۰/۸۲	۹/۸۵	۷/۶۴	-۰/۳۸	-۱/۱۸
۱۳۸۶	۵ /۸۴	۲/۲۲	۴/۹۴	۱/۰۹	۹/۵۰	۸/۲۵	-۰/۲۶	-۱/۲۴
۱۳۸۷	۶/۲۶	۲/۴۷	۶/۱۱	۱/۲۹	۱۱/۱۴	۶/۱	-۰/۳۱	-۱/۱۳
۱۳۸۸	۶/۲۱	۲/۵۲	۶/۳۵	۰/۸۸	۱۱/۲۲	۷/۸۴	-۰/۱۳	-۱/۲۳
۱۳۸۹	۶/۰۱	۲/۳۴	۵/۵۰	۱/۰۷	۱۰/۳۴	۷/۹۵	-۰/۱۹	-۱/۳۷
۱۳۹۰	۵ /۶۹	۲/۵۰	۶/۲۸	۱/۲۳	۱۰/۶۹	۲/۳۰	-۰/۰۵	-۱/۳۵
میانگین	۵/۹۷	۰/۴۸	۰/۲۳	۴/۸۱	۶/۵۲	۶/۰۲	-۱/۴۲	۲/۷۶

ج) تغییرات فصلی

شکل ۳ نمودار سری زمانی تابش فرابنفش فصل بهار از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. آنچه در این نمودار مهم و پیش‌بینی شده است، روند تغییرات سری زمانی فصل بهار در طی ۱۱ سال است که با شیب خط ۰/۵۹۵۹ درصد سیر افزایشی داشته است. همچنین، از بررسی رفتار خطوط U و U′ مربوط به آزمون گرافیکی من کندال داده‌های مذکور نتیجه گرفته می‌شود که این خطوط در محدوده‌ی مشخص ۱- و۱+ و در سطح ۹۵ درصد دارای چند نوبت جهش در طول دوره‌ی آماری است که آخرین جهش مربوط به سال ۱۳۹۰ و با حاکمیت روند مثبت و صعودی است.

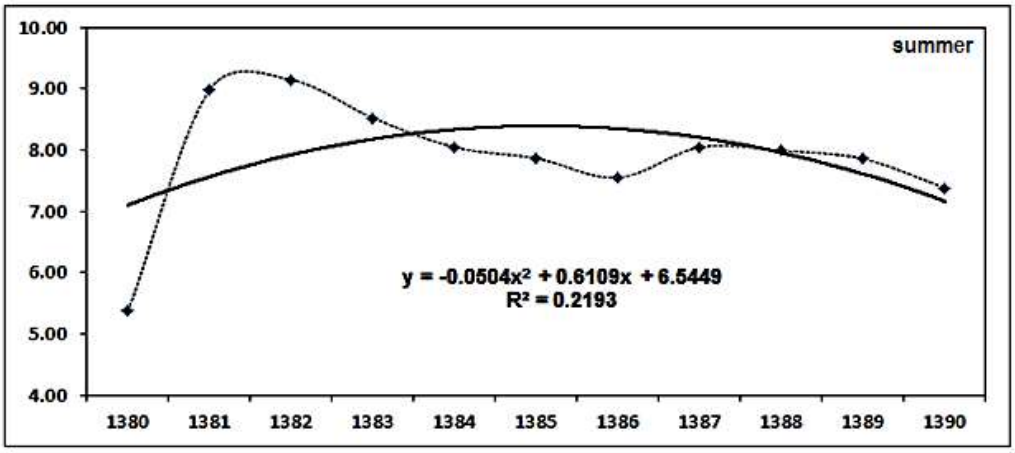


[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۳. نمودار سری زمانی و آزمون گرافیکی من کندال تغییرات روند تابش فرابنفش در فصل بهار در سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۰.

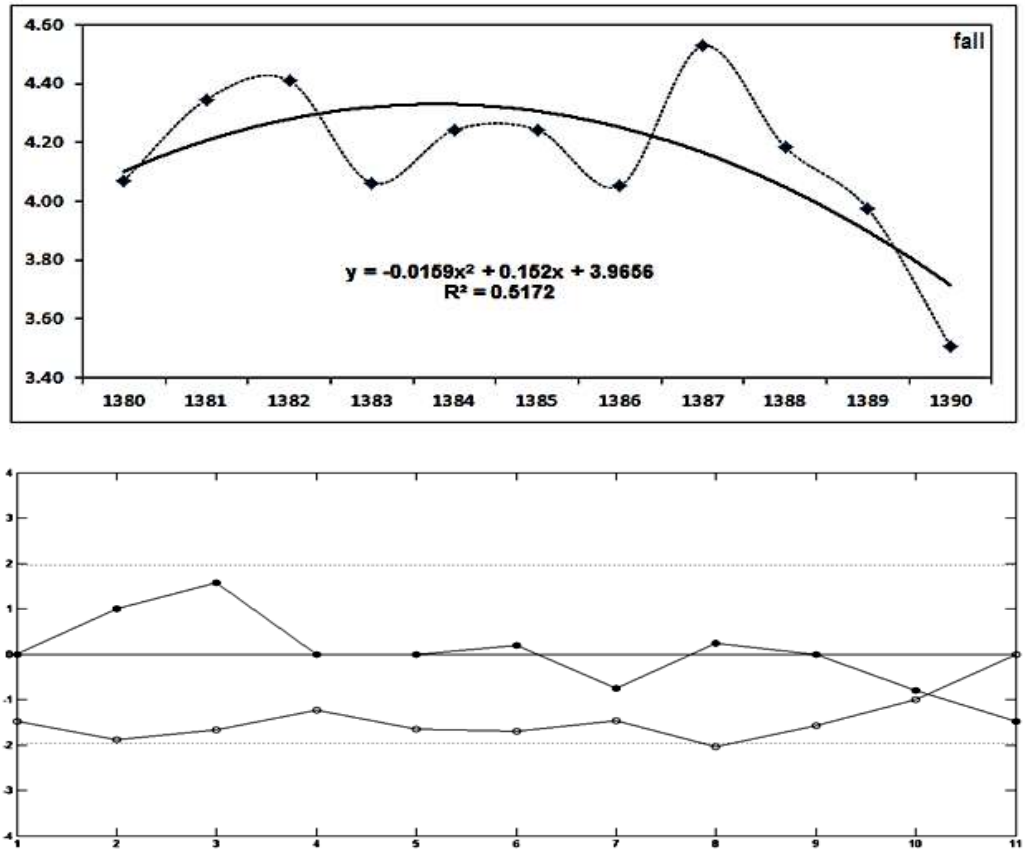
شکل ۴ نمودار سری زمانی تابش فرابنفش فصل تابستان را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، تابش فرابنفش ایستگاه ازن سنجی اصفهان نوسانی ۴ واحدی را بین سال‌های ۱۳۸۰ تا اواسط ۱۳۸۲ داشته است. از نقاط مهم این نمودار روند تقریباً ممتد داده‌ها از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ است. همچنین، روند تغییرات دوره‌ی آماری نیز برای این فصل شیب کم کاهش و به مقدار ۰/۲۱۹۳ را تایید می‌کند.



شکل۴- نمودار سری زمانی داده‌های فرابنفش فصل تابستان.

شکل ۵ نمودار سری زمانی تابش فرابنفش فصل پاییز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. آنچه این نمودار مبین آن هست تمرکز بیشتر میانگین داده‌ها در اطراف عدد ۴ تا ۴/۵ است، با این تفاوت که از سال ۱۳۸۹ به بعد، روند حالت نزولی یعنی کمتر از ۴ به خود می‌گیرد. روند تغییرات این فصل نیز کاهشی بوده و نشان از افت ورودی تابش فرابنفش فصل پاییز را در طی دوره‌ی آماری دارد. مقدار شیب این خط با روند ۰/۵۱۷۲ و حالت قوسی محدب است. از طرفی آزمون گرافیکی من کندال تغییرات روند تابش فرابنفش فصل پاییز نیز روند تغییرات این داده‌ها را در محدوده‌ی ۱- و سطح ۹۵ درصد، دارای جهشی رو به پایین در سال ۱۳۹۰ نشان داده که روندی منفی و سیر نزولی داشته است.

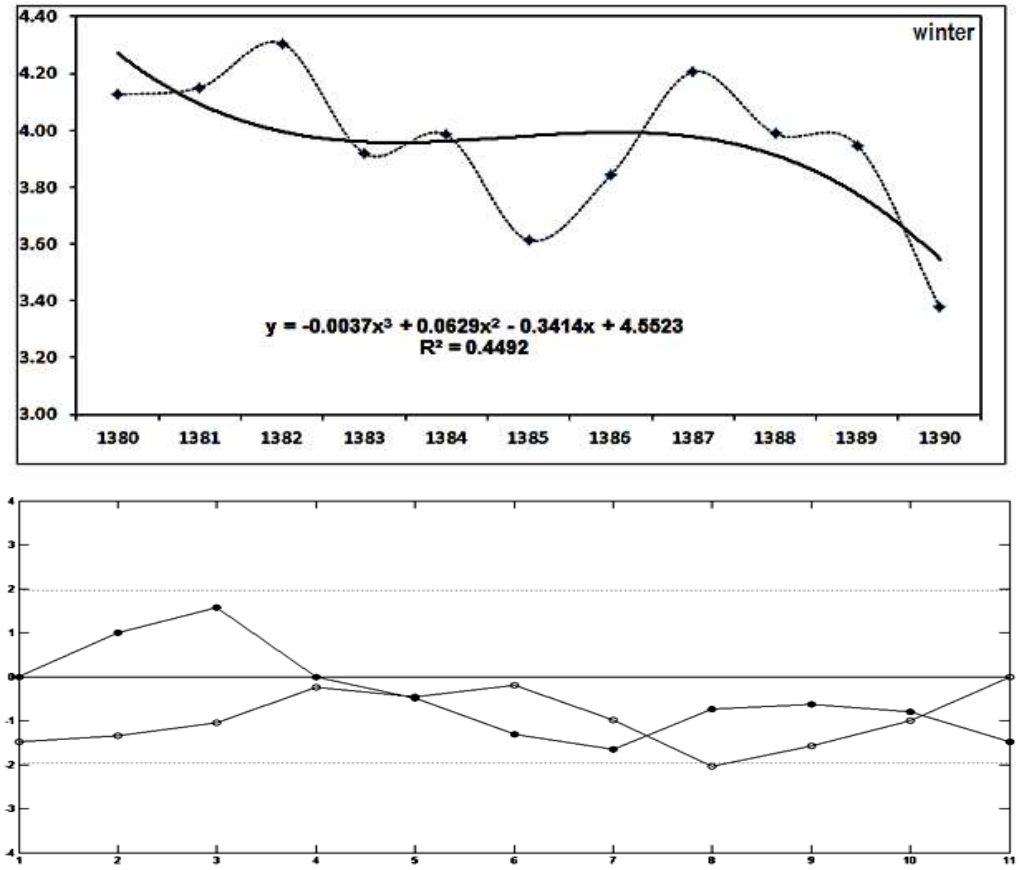
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۵. نمودار سری زمانی و آزمون گرافیکی من کندال تغییرات روند تابش فرابنفش فصل پاییز.

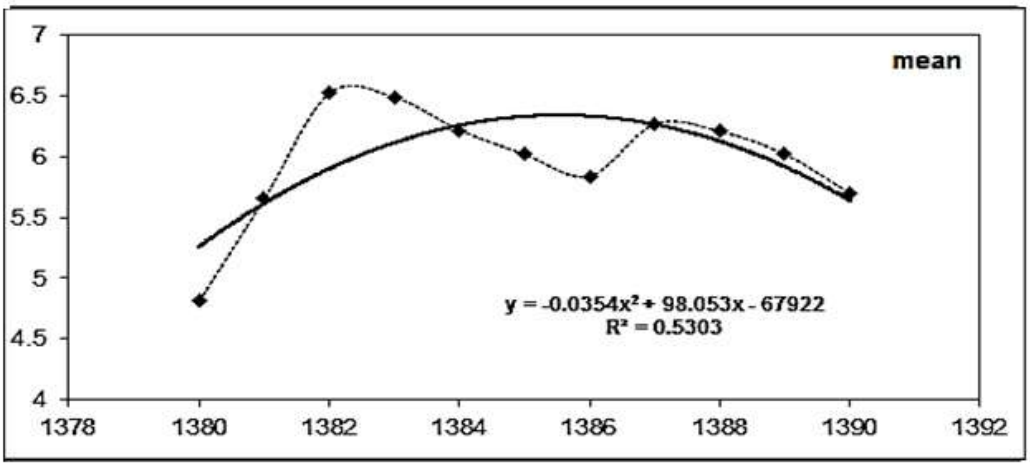
شکل ۶ نمودار سری زمانی تابش فرابنفش فصل زمستان است. بر اساس این نمودار روند سری زمانی فصل زمستان بین ۳/۵ الی ۴/۳ بوده و تغییرات فراوانی را نشان می‌دهد. اما روند تغییرات ۱۱ ساله‌ی این فصل نیز مثل فصل پاییز حالت نزولی پیدا کرده، اما کاهش محسوس‌تری را از فصل پاییز نشان می‌دهد. شیب روند داده های زمستان با مقدار ۰/۴۴۹۲ نزولی بوده و نشان‌دهنده کاهش ورودی تابش فرابنفش برای این فصل در طول دوره آماری است. همچنین، از بررسی رفتار خطوط U و U′ مربوط به داده‌های مذکور، نتیجه گرفته می‌شود که تغییرات داده‌های مذکور در محدوده‌ی ۱- و سطح ۹۵ درصد دارای چند جهش در طول دوره‌ی آماری بوده وآخرین جهش آن نیز مربوط به سال ۱۳۹۰ با حاکمیت روند منفی است که نمودار روند تغییرات این فصل را نیز تبیین می‌کند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

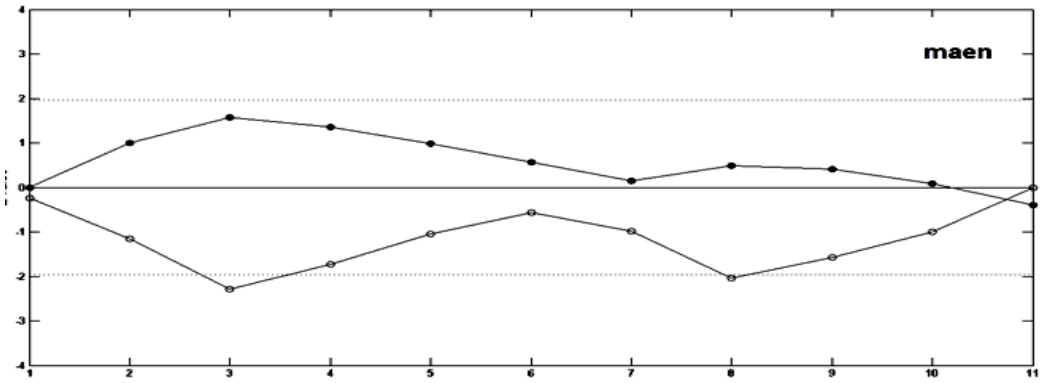


شکل ۶. نمودار سری زمانی و آزمون گرافیکی من کندال تغییرات روند تابش فرابنفش فصل زمستان.

شکل ۷ نشان‌دهنده نمودار میانگین داده‌های شاخص فرابفش طی یازده سال اخیر است که بین عدد ۵ تا ۷ در نوسان بوده است و، البته، روند تقریباً رو به نزولی را نیز داشته است که با توجه به خط روند تغییرات یازده ساله، با شیب بسیار زیاد، حالت قوسی نیز پیدا کرده است. مقدار شیب مورد نظر ۰/۵۳۰۳ بوده که عدد معتنابهی برای روند تغییرات رو به افول میانگین تابش است. همچنین، بررسی رفتار خطوط U و U′ مربوط به داده‌های میانگین نیز نشان می‌دهد جهش داده‌ها در سال ۱۳۹۰ با سطح ۹۵ و محدوده‌ی ۱- همدیگر را قطع کرده و روند داده‌های میانگین سیر نزولی به خود می‌گیرد.



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۷- نمودار سری زمانی و آزمون گرافیکی من کندال تغییرات روند میانگین سالانه تابش فرابنفش.

د) رابطه تابش فرابنفش با عناصر اقلیمی

جدول شماره ۲ میزان همبستگی بین داده‌های تابش فرابنفش با میانگین سالانه دما، پوشش ابر، طوفان گردو غبار و میزان آلودگی دی اکسید سولفور (SO_2) را در طول دوره‌ی آماری برای ایستگاه اصفهان نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار ضریب همبستگی دو مولفه تابش فرابنفش و دما برای ۱۲۰ داده، مثبت و معادل ۰/۸۵۷ است که در سطح معناداری ۹۹ درصد انجام گرفته است، یعنی اینکه در ایستگاه یاد شده با افزایش دما، مقدار ورودی تابش فرابنفش نیز ازدیاد پیدا کرده است. همچنین، جدول مذکور نشان می‌دهد همبستگی بین دو عامل ابرناکی آسمان و میزان ورودی اشعه فرابنفش از نوع معکوس و با ضریب ۰/۳۹۳- در سطح معناداری ۹۹ درصد است. این همبستگی گویای این مسئله است که در روزهای دوره‌ی آماری با افزایش پوشش ابر آسمان و طی آن تابش رسیده از خورشید کاهش یافته است. نیز ارتباط بین تعداد روز توأم با طوفان گرد و غبار و تابش فرابنفش از نوع همبستگی معکوس و با ضریب ۰/۲۸۸- است که در سطح معناداری ۹۹ درصد شکل گرفته است. نکته‌ی مهم اینکه، طوفان گرد و خاک از پدیده‌های افزایش یافته‌ی در سال‌های اخیر است که، مخصوصاً، استان‌های غرب کشور را در فصول گرم سال در بر می‌گیرد. همچنین، میزان همبستگی بین دو مولفه تابش ورودی فرابنفش و گاز دی اسید سولفور برای ۱۳۸۲ داده ایستگاه اصفهان ۰۲۸/- است که هیچ ارتباطی بین آن‌ها دیده نمی‌شود و مبین این است که افزایش آلودگی‌های ناشی از دی‌اکسید کربن در شهر صنعتی اصفهان هیچ تأثیری روی کاهش میزان ورودی تابش فرابنفش نداشته است.

جدول ۲. میزان همبستگی تابش فرابنفش با عناصر اقلیمی

	شاخص فرابنفش	دما	پوشش ابر	گرد و غبار	دی اکسید سولفور
درصد همبستگی شاخص فرابنفش	۱	۰/۸۵۷ **	۰/۳۹۳ ** -	۰/۲۸۸ ** -	۰/۰۲۸ -
Sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۳۰۳
N	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۳۸۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

نتیجه‌گیری

برای تحلیل زمانی، داده‌های مرکز ازن‌سنجی اصفهان به دلیل اینکه تنها ایستگاه رسمی اندازه‌گیری میزان تابش فرابنفش کشور بود انتخاب شد و بررسی‌ها روی این داده‌ها به صورت چهار سری زمانی متفاوت روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه انجام گرفت. نتیجه اینکه خروجی‌ها دو برهه‌ی زمانی اوج و فرود را در سری‌های زمانی مشخص گردانید. همچنین، از طریق برازش خطی برای هر کدام از نمودارها، روند تغییرات تابش در سال‌های اخیر افزایش یا کاهش را نشان داد و با آزمون گرافیکی من کندال صحت آن‌ها تعیین گردید. با توجه به بررسی آمارهای روزانه تابش فرابنفش در ایستگاه ازن‌سنجی اصفهان در محدوده‌ی زمانی ۱۳۸۰ تا۱۳۹۰ حد بیشتر شاخص تابش فرابنفش به مقدار ۱۱/۵ بوده که معمولاً در اواسط فصل تابستان و حد کمتر شاخص تابش به مقدار ۵/ در اواسط زمستان روی داده است. همچنین، بررسی فراوانی داده‌های شاخص تابش فرابنفش در شهر اصفهان نشان داد که بالاترین مقدار شاخص تابش آماری متعلق به گروه‌های ۷ تا ۹ و با فراوانی ۹۷۰ روز است که نشان می-دهد ۹۷۰ روز از یازده سال درگروه مذکور قرار داشته است و در جدول طبقه‌بندی شده استاندارد شاخص فرابنفش در سطح بسیار خطرناک قرار می‌گیرد. همچنین، بیش‌ترین تابش آفتاب نیز در بین ساعات ۱۰ صبح تا ۴ بعد از ظهر رخ می‌دهد و در بیشتر اوقات سال شاخص از ۳ بالاتر بوده که بایستی اقدامات حفاظتی را مردم رعایت کنند تا از صدمات ناشی از آن در امان بمانند. گفتنی است که میانگین مقدار شاخص تابش فرابنفش خورشید در اصفهان ۶ بوده که بر طبق جدول پرکینز بین۱۱ تا ۴۰ دقیقه طول می‌کشد تا اثر فیزیولوژیک روی پوست بدن انسان ایجاد کند و پوست انسان آسیب ببیند. در شهر اصفهان، در ماه‌های دی، بهمن، آبان و آذر با کم‌ترین مقادیر تابش فرابنفش مواجه هستیم، ولی در دیگر ماه‌های سال میانگین شاخص بالاتر از ۵ است. از این رو، انجام اقدامات حفاظت در برابر تابش و برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های روزمره ضروری است. همچنین، تعیین ساعت مناسب برای انجام فعالیت‌هایی که در فضای باز صورت می‌گیرد ضرورت دارد. نتایج حاصل از محاسبات آماری بررسی شاخص‌های جهانی و آماری حاکی از آن است که در کشور ایران به دلیل بالا بودن نسبی ارتفاع، بالا بودن ساعات آفتابی و بالا بودن شدت تابش خورشیدی امکان ابتلا به سرطان پوست ناشی از تابش فرابنفش بالا است. در تایید این مسئله داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های دستگاه فتواسپکترومتری نیز حاکی از بالا بودن شاخص تابش فرابنفش در بیشتر ایام سال است (عزتیان، ۱۳۹۱: ۱۵).

نتایج حاصل نشان می‌دهد که با توجه به تغییرات نسبتاً زیاد تابش فرابنفش، این موضوع به منزله‌ی مخاطره‌ای در منطقه اصفهان بالتبع در کل کشور مطرح است. این موضوع بیانگر این نکته است که باید راهکارهای عملی به همراه آموزش همگانی برای دور ماندن از آسیب‌های تابش فرابنفش اندیشیده شود.

منابع

کریمی، محسن؛ مازیار مجدی. ۱۳۸۸. بررسی و مطالعه ازن کلی شهر تهران با استفاده از داده های ماهواره‌ای TOMS، سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.

موسوی، شفیع؛ ابراهیم حاجی زاده؛ مریم حسنی. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات ازن کلی و الگو تراز فوقانی جو روی ایران، همایش ازن و تابش فرابنفش، پژوهشکده‌ی هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.

موسوی، شفیع؛ ابراهیم حاجی زاده؛ مریم حسنی. ۱۳۹۱. مدل اصلاح شده داده‌های ماهواره‌ای در ناحیه‌بندی تابش فرابنفش خورشید دوره‌ی گرمسال روی سرزمین ایران. همایش ازن و تابش فرابنفش، پژوهشکده‌ی هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

فراهانی مزرعه، مجید؛ زهرا شرعی پور؛ احمد زندنیا پور؛ نسیم علوی؛ فاطمه مالکی فرد. ۱۳۸۵. فرایندهای تولید و تجزیه‌ی ازن. گزارش علمی مرکز ازن سنجی موسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

عزتیان، ویکتوریا؛ فهیمه قاسمی، محمدعلی میرعباسی. ۱۳۹۱. لایه‌ی ازن و تابش فرابنفش. همایش ازن و تابش فرابنفش، پژوهشکده‌ی هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور.

Badrinath, K. V. S and Kumar Kharol, Sh. (۲۰۰۸). Influence of natural and anthropogenic activities on UV Index variations–a study over tropical urban region using ground based observations and satellite data. *J Atmos Chem*, ۵۹:۲۱۹_۲۳٦

Chubarova, N. and Zhdanova, Y. ۲۰۱۳.Ultraviolet resources over Northern Eurasia. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, ۱۲۷: ۳۸-۵۱.

Ciren, P. and Li, Z . ۲۰۰۳. Long-term global earth surface ultraviolet radiation exposure derived from ISCCP and TOMS satellite measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, ۱۲۰: ۵۱-٦۸.

Cordero Raúl R.; Roth, P.; Georgiev, A. and DaSilva L . ۲۰۰۵. Climatology of surface ultraviolet-radiation in Valparaiso, Chile. *Energy Conversion and Management*, ٤٦: ۲۹۰۷-۲۹۱۸.

Diffey Brian, L. .۲۰۰۲. Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods:*۲۸: ٤-۱۳.

Elminir Hamdy, K..۲۰۰۷. Sensitivity of ultraviolet solar radiation to anthropogenic air pollutants and weather conditions. *Atmospheric Research*, ۸٤: ۲۵۰-۲٦٤.

Fioletov V.E.; McArthur, L.J.B.; Mathews,T.W. and Marrett, L .۲۰۰۹. on the relationship between erythemal and vitamin D action spectrum weighted ultraviolet radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, ۹۵: ۹-۱٦.

Grifoni, D.; Carreras, G.; Sabatini, F. and Zipoli, G . ۲۰۰۵. UV hazard on a summer's day under Mediterranean conditions, and the protective role of a beach umbrella. *International Journal of Biometeorology*, ۵۰: ۷۵_۸۲.

Gutiérrez-Marco, E.; Hernández, E.; Camacho, J.L. and Labajo, A. ۲۰۰۷. Analysis of UVB values in the centre of the Iberian Peninsula. *Atmospheric Research*, ۸٤: ۳٤۵-۳۵۲.

Häder Donat,P.and Sinha, R.P. ۲۰۰۵. Solar ultraviolet radiation-induced DNA damage in aquatic organisms: potential environmental impact. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, ۵۷۱: ۲۲۱-۲۳۳.

Janjai, S.; Buntung, S.; Wattan, R. and Masiri, I .۲۰۱۰. Mapping solar ultraviolet radiation from satellite data in a tropical environment. *Remote Sensing of Environment*,۱۱٤: ٦۸۲-٦۹۱

Mateos, D.; Bilbao, J.; Miguel, d. A. and Pérez-Burgos, A.۲۰۱۰. Dependence of ultraviolet (erythemal and total) radiation and CMF values on total and low cloud covers in Central Spain. *Atmospheric Research*, ۹۸: ۲۱-۲۷.

Neitzke, M. .۲۰۰۳. Seasonal Changes in UV-B Absorption in Beech Leaves (Fagus sylvatica L) along an Elevation Gradient**.** *Forstw. Cbl*, ۱۲۲: ۱-۲۱

Ogunjobi, K.O. and Kim, Y.J .۲۰۰٤. Ultraviolet (۰.۲۸۰–۰.٤۰۰ μm) and broadband solar hourly radiation at Kwangju, South Korea: analysis of their correlation with aerosol optical depth and clearness index. *Atmospheric Research*, ۷۱: ۱۹۳-۲۱٤.

Panova,G.G and Chernousov, I. N .۲۰۰۸. Reaction of Plants and Concomitant Microorganisms to the Effect of UV-C Radiation**.** *Russian Agricultural Sciences*, ۳٤: ۳۱۲_۳۱٤.

Piacentini, R. D.; Cede, A.; Luccini, E.and Stengel. F.۲۰۰٤. Determination of the UV solar risk in Argentina with high-resolution maps calculated using TOMS ozone Climatology . *Advances in Space Research*, ۳٤: ۲۲۱۵-۲۲۲۰.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

Rao, T. N.; Arvelius, J.; Kirkwood, S. and Gathen P. v. d .۲۰۰٤. Climatology of ozone in the troposphere and lower stratosphere over the European Arctic. *Advances in Space Research*, **۳٤**: ۷٥٤-۷٥۸.

Shaffer, J. A. and Cerveny, R.S. ۲۰۰٤. Long-term (۲٥۰,۰۰۰ BP to ٥۰,۰۰۰ AP) variations in ultraviolet and visible radiation (۰.۱۷٥–۰.٦۹۰ μm). *Global and Planetary Change*, **٤۱**:۱۱۱-۱۲۰.

Utrillas, M.P.; Marín, M.J.; Esteve, A.R.; Estellés, V.; Gandía, S.; Núnez, J.A. and Martínez-Lozano, J.A . ۲۰۱۳. Ten years of measured UV Index from the Spanish UVB Radiometric Network, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **۱۲٥**: ۱-۷.

Wang, L.; Gong, W.; Ma, Y.; Hu, B.; Wang, W. and Zhang, M .۲۰۱۳. Analysis of ultraviolet radiation in Central China from observation and estimation. *Energy*, **٥۹**:۷٦٤-۷۷٤.

Winter-Sorkina, R. D .۲۰۰۱. Impact of ozone layer depletion I: ozone depletion Climatology. Atmospheric environmental, ۳٥: ۱٦۰۹-۱٦۱٤.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]