



## Research Article

# Estimation of solar ultraviolet (UV-B) radiation using Aura satellite Ozone monitoring instrument (OMI) in Iran

Koohzad Raispour\* 

Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 18 Jul 2023 Accepted: 18 Nov 2024

## Extended Abstract

### Introduction

Part of the sun's rays is made up of ultraviolet rays, which have short wavelengths and a lot of energy. Ultraviolet light in three ranges of long wavelength ultraviolet (UV-A) with a wavelength range of 0.390 - 0.315  $\mu\text{m}$ , medium wavelength ultraviolet (UV-B) with a long range the wavelength is divided by 0.155  $\mu\text{m}$  - 0.280  $\mu\text{m}$  and short-wavelength ultraviolet (UV-C) with a wavelength less than 0.280  $\mu\text{m}$ . UV-B light is the most harmful radiation on the skin and causes various side effects including sunburn, skin allergies and skin cancer. This radiation affects the DNA strand by altering the genetic material and increases the potential for intracellular carcinogenesis. Ultraviolet (UVI) index is a small (numerical) value that indicates the intensity of ultraviolet (UV) rays in the desired location and area. This index is a parameter for raising public awareness about the effects of UV radiation on health and how much skin protection is needed for different amounts. Based on the index provided by the World Health Organization, the concentration level or UV index is shown on a scale of 2 to +1. The higher the value of this index, the more destructive power it has on the skin and eyes.

### Materials and Methods

In this study, the Level 3 product (OMUVBd-L3) of the solar ultraviolet (UV-B) index of the OMI sensor with a spatial resolution of  $0.25 \times 0.25$  degree for the time series 2005 to 2020 was used. The required data was downloaded from the website <http://aura.gsfc.nasa.gov> in a daily time step and after the necessary processing; it was converted into monthly and seasonal values. The data used were converted into network data and information tables by applying the necessary algorithms, and the necessary outputs were extracted as a raster based on the geographical border of Iran. Finally, in order to better understand the temporal-spatial behavior of the UV index reaching the surface in Iran, the results were presented in the form of maps, graphs and graphs and the temporal-spatial estimation of solar UV radiation in Iran.

### Results and Discussion

Spatially, there is a significant difference in the distribution of UV-B input radiation in Iran. According to the global index of solar ultraviolet radiation, more than 90% of Iran's area is exposed to high to very high radiation risk. The highest average of UV-B index is related to the summer season (11.29) and the lowest average is related to the winter season (3.53). In terms of spatial distribution, there are significant differences between the seasons.

**Citation:** Raispour, K., 2025. Estimation of solar ultraviolet (UV-B) radiation using Aura satellite Ozone monitoring instrument (OMI) in Iran, *Res. Earth. Sci.* 16(1), (50-67) DOI: 10.48308/esrj.2025.105351

\* Corresponding author E-mail address: Raispour@znu.ac.ir



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The spatial distribution of the monthly UV index provides more information about the details of changes in solar UV radiation reaching the earth's surface throughout the year; So that it is possible to determine the minimum and maximum, months as well as the months with balanced UV radiation conditions. A comparison of the amount of UV-B radiation in different months clearly shows January as the least dangerous month and June as the most dangerous month of the year. Since the value of the solar UV index is a function of the total amount of incoming solar radiation. Therefore, factors such as the angle of radiation, the duration of radiation and the amount of UV control the UV-B solar ultraviolet index.

### **Conclusion**

The results of the analysis and comparison of seasonal and monthly maps of solar UV index in Iran, indicate that in all months and seasons of the year from north to south, the intensity of solar UV radiation increases. In the northern part of Iran, due to higher latitude and less solar radiation reaching the earth's surface, the UV-B index is lower than other parts of Iran. On the other hand, in the more southern offerings, because both the angle of radiation is vertical and the sky is clearer, it provides the conditions for receiving the maximum amount of solar energy and consequently UV-B solar ultraviolet radiation. The prevalence of such conditions is established in all months and seasons of the year, so that the radiant regions (ultraviolet UV-B) are fully compliant with the mentioned conditions. Therefore, it can be said that in the warm period of the year (spring and summer), the highlands as well as the lower offerings have more solar UV radiation and therefore the risk of eye and skin vulnerability increases. Therefore, it is recommended to take protective measures against UV radiation if it is necessary to be present in areas exposed to direct sunlight.

**Keywords:** UV-B radiation, spatial analysis, OMI sensor, Iran.

## برآورد تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) با استفاده از ابزار پایش آزون (OMI) ماهواره‌ی آئورا (AURA) در گستره‌ی ایران

کوهزاد رئیس پور\* 

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
 (پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸

### چکیده گسترده

#### مقدمه

بخشی از پرتوهای خورشیدی را اشعه‌ی فرابنفش تشکیل داده که طول موج کوتاه و انرژی زیادی دارد. اشعه‌ی فرابنفش به سه محدوده‌ی فرابنفش با طول موج بلند (UV-A) با دامنه‌ی طول موج  $۰/۳۹۰ \mu\text{m} - ۰/۳۱۵ \mu\text{m}$ ، فرابنفش با طول موج متوسط (UV-B) با دامنه‌ی طول موج  $۰/۲۸۰ \mu\text{m} - ۰/۳۱۵ \mu\text{m}$  و فرابنفش با طول موج کوتاه (UV-C) با طول موج کوچک‌تر از  $۰/۲۸۰ \mu\text{m}$  تقسیم می‌شود. تابش نور UV-B آسیب‌رسان‌ترین تابش به روی پوست بوده و باعث عوارض گوناگونی از جمله آفتاب سوختگی، حساسیت‌های پوستی و سرطان پوست می‌شوند. این تابش زنجیره‌ی DNA را با تغییر در مواد ژنتیک تحت تأثیر قرار داده و احتمال بالقوه‌ی سرطان‌زایی درون سلولی را افزایش می‌دهد. شاخص اشعه‌ی فرابنفش (UVI) یک مقدار کمی (عددی) است که شدت اشعه‌ی ماوراءبنفش (UV) را در محل و منطقه‌ی مورد نظر مشخص می‌نماید. این شاخص پارامتری برای افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد اثرات تابش UV روی سلامتی است و این‌که برای مقادیر متفاوت آن به چه میزان محافظت از پوست نیاز است. براساس شاخص ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی، سطح غلظت یا شاخص UV را در مقیاس ۱ تا ۱۱+ نشان می‌دهند. هر چه مقدار این شاخص بیشتر شود، قدرت تخریبی آن بر پوست و چشم بیشتر است.

#### مواد و روش‌ها

در این تحقیق نیز از فرآورده‌ی سطح ۳ (OMUVBd-L3) شاخص تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) سنجنده‌ی OMI با قدرت تفکیک مکانی  $۰/۲۵ \times ۰/۲۵$  درجه‌ی قوسی برای سری زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با گام زمانی روزانه از تارنمای <http://aura.gsfc.nasa.gov> بارگیری و پس از پردازش‌های لازم به مقادیر ماهانه و فصلی تبدیل گردید. داده‌های مورد استفاده با اعمال الگوریتم‌های لازم، تبدیل به داده‌های شبکه‌ای و جداول اطلاعاتی شده و خروجی‌های لازم بر اساس مرز جغرافیایی ایران به صورت رستری استخراج گردید. در نهایت، جهت درک هرچه بهتر رفتار زمانی - مکانی شاخص تابش فرابنفش رسیده به سطح زمین در ایران، نتایج به صورت نقشه، گراف و نمودار ارائه گردید و به برآورد زمانی - مکانی تابش فرابنفش خورشیدی در گستره‌ی ایران پرداخته شد.

#### نتایج و بحث

به لحاظ مکانی تفاوت قابل ملاحظه‌ای در توزیع تابش ورودی UV-B در ایران وجود دارد. بر اساس استاندارد شاخص جهانی تابش فرابنفش خورشیدی، بیش از ۹۰ درصد از گستره‌ی ایران در معرض خطر تابش زیاد تا بسیار زیاد است. بیشترین میانگین شاخص UV-B مربوط به فصل تابستان (۱۱/۲۹) و کمترین میانگین آن مربوط به فصل زمستان (۳/۵۳) است.

**استناد:** رئیس پور، ک، ۱۴۰۴. برآورد تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) با استفاده از ابزار پایش آزون (OMI) ماهواره‌ی آئورا (AURA)

در گستره‌ی ایران، پژوهشهای دانش زمین: ۱۶(۱)، (۶۷-۵۰)، DOI: 10.48308/esrj.2025.105351

E-mail: Raispour@znu.ac.ir

\* نویسنده مسئول:



به لحاظ توزیع فضایی نیز تفاوت‌های چشم‌گیری در میان فصول مشهود است. توزیع فضایی شاخص تابش فرابنفش ماهانه اطلاعات بیش‌تری را درباره‌ی جزئیات تغییرات تابش فرابنفش خورشیدی رسیده به سطح زمین در طول سال نشان می‌دهد؛ به طوری که می‌توان ماه‌های کمینه، بیشینه و همچنین ماه‌های با شرایط تابش فرابنفش ورودی متعادل را مشخص نمود. مقایسه‌ی مقدار تابش UV-B در ماه‌های مختلف، به طور آشکاری ماه ژانویه را به عنوان کم‌خطرترین و ماه ژوئن را به عنوان پرخطرترین ماه سال نشان می‌دهد. از آن جایی که مقدار شاخص تابش فرابنفش خورشیدی تابعی از مقدار کل تابش ورودی خورشید می‌باشد. بنابراین عواملی از قبیل زاویه‌ی تابش، مدت تابش و میزان UV، کنترل‌کننده‌ی شاخص تابش فرابنفش خورشیدی UV-B است.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از واکاوی و مقایسه‌ی نقشه‌های فصلی و ماهانه شاخص تابش فرابنفش خورشیدی در گستره‌ی ایران، بیان‌گر این است که در تمامی ماه‌ها و فصول سال از شمال به جنوب بر شدت تابش فرابنفش خورشیدی افزوده می‌شود. در ناحیه‌ی شمالی ایران، به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر و برخورداری کمتر از میزان تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین، شاخص UV-B کمتر از سایر نواحی ایران است. از سوی دیگر، در عرض‌های جنوبی‌تر چون هم‌زاویه‌ی تابش عمودی‌تر و هم‌آسمان صاف‌تر است، شرایط را برای دریافت بیشترین میزان انرژی خورشیدی و به تبع آن تابش فرابنفش UV-B خورشیدی فراهم می‌آورد. حاکمیت چنین شرایطی در تمامی ماه‌ها و فصول سال برقرار است، به طوری که نواحی تابشی (فرابنفش UV-B) با شرایط یاد شده کاملاً انطباق دارد. بنابراین می‌توان گفت، در دوره‌ی گرم سال (فصل بهار و تابستان)، نواحی مرتفع و همچنین عرض‌های پایین‌تر میزان پرتو فرابنفش خورشیدی بیشتر بوده و بر همین اساس خطر آسیب‌پذیری چشم و پوست افزایش می‌یابد. لذا پیشنهاد می‌شود در صورت ضرورت به حضور در فضاها در معرض تابش مستقیم نور خورشید، اقدامات حفاظتی در برابر تابش فرابنفش را به کارگیرند.

### واژگان کلیدی: تابش UV-B، تحلیل فضایی، سنجنده‌ی OMI، ایران.

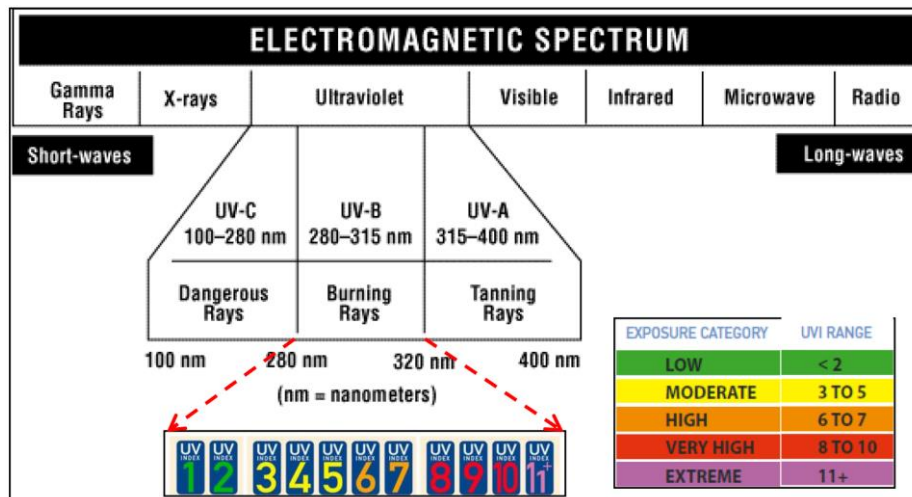
#### مقدمه

پوست انسان در معرض پرتوهای خورشید قرار گرفته و به سرعت دچار آفتاب‌سوختگی و گسترش سرطان پوست می‌شود (Fountoukis et al, 2018; Lindfors et al, 2018). اشعه‌ی فرابنفش طول موجی بین  $0.1440 \mu\text{m}$  تا  $0.390 \mu\text{m}$  را در بر گرفته و خود به سه محدوده‌ی فرابنفش با طول موج بلند (UV-A) با دامنه‌ی طول موج  $0.390 \mu\text{m}$  -  $0.315 \mu\text{m}$ ، فرابنفش با طول موج متوسط (UV-B) با دامنه‌ی طول موج  $0.315 \mu\text{m}$  -  $0.280 \mu\text{m}$  و فرابنفش با طول موج کوتاه (UV-C) با طول موج کوچک‌تر از  $0.280 \mu\text{m}$  تقسیم می‌شود (شکل ۱). تابش نور UV-A به روی پوست می‌تواند موجب تجمع بیش از حد رنگدانه‌ها و قرمزی پوست (اریتما) گردد. تابش نور UV-B آسیب‌رسان‌ترین تابش به روی پوست می‌باشد (Arola et al, 2009). علاوه بر آسیب حرارتی، تابش‌های مضر UV-B تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدتی بر پوست داشته و باعث عوارض گوناگونی از جمله آفتاب‌سوختگی، حساسیت‌های پوستی و

گستره‌ی طیف الکترومغناطیسی به‌گونه‌ای است که از بسامدهای (فرکانس) کم رادیویی تا پرتوهای گاما را در بر گرفته و طول‌موج‌هایی از هزاران کیلومتر تا کسری از اندازه‌ی اتم را پوشش می‌دهد (Norval et al, 2007). هرچه طول موج انرژی کوتاه‌تر باشد، بسامد آن بیشتر و در سطح بالاتری از انرژی قرار می‌گیرد (Juzeniene and Moan, 2012). به طور کلی تابش الکترومغناطیسی با انرژی زیاد، توانایی نفوذ بیشتری دارد (Diffey, 1980). بخشی از پرتوهای خورشیدی را اشعه‌ی فرابنفش تشکیل داده که طول موج کوتاه و انرژی زیادی دارد و برای چشم انسان نامرئی است. این اشعه در طیف الکترومغناطیسی، بین اشعه‌ی ایکس و نور مرئی قرار دارد (Young, 2006; Zegarska et al, 2017). وجود این اشعه در نور خورشید باعث آفتاب‌سوختگی پوست بدن می‌شود (Lucas et al, 2019). بدون حفاظت جو در مقابل تابش‌های فرابنفش،

نبود اما با نازک شدن این لایه طی سال‌های اخیر، تعداد مبتلایان به سرطان‌های پوستی و بیماری‌های چشمی به شدت در حال افزایش است (Cordero et al, 2014). البته میزان تابش فرابنفش خورشیدی رسیده به سطح زمین، به عوامل مختلفی از قبیل عرض جغرافیایی، فصل سال، طول روز، ساعت روز، ارتفاع از سطح دریا و میزان ابرناکی متغیر است (Deng et al, 2012). تا به امروز مطالعات پرشماری در سنجش و ارزیابی تأثیر تابش فرابنفش خورشیدی بر روی گیاهان و سلامت انسان توسط پژوهشگران مختلفی در اقصی نقاط جهان به رشته‌ی تحریر درآمده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات صورت گرفته توسط (Caldwell et al, 1986; Kielbassa et al, 1997; Blum and Volkenandt, 2002; Lesser et al, 2006; Pashiardis et al, 2017; Tsiouri et al, 2015; Prakash et al, 2015; Kalenderski et al, 2013; Patlakas et al, 2019; Podrascanin et al, 2018) اشاره نمود. از مطالعات مشابه انجام شده در ایران نیز، می‌توان به پژوهش‌های (Nasibi et al, 2013; Farshchian et al, 2013; Mubasheri, 2016; Sabzi Parvar, 1999; Raispour and Asakare, 2018) اشاره کرد. در تمامی این تحقیقات به تأثیر پرتو فرابنفش بر پارامترهای مختلف و همچنین عوارض نامطلوب این اشعه بر روی پوست، چشم و بطور کلی سلامت انسان پرداخته شده است. اغلب مطالعات انجام شده در ایران مبتنی بر شگردهای آماری، آزمایشگاهی و محدود به برخی از نواحی خاص جغرافیایی بوده و تقریباً تاکنون در هیچ مطالعه‌ای، به طور جامع ارزیابی مکانی - زمانی تابش فرابنفش خورشیدی مبتنی بر برون‌داد فراورده‌های ماهواره‌ای در کل گستره‌ی ایران صورت نگرفته است. بنابراین هدف این پژوهش، برآورد تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) با استفاده از ابزار پایش آزون (OMI) ماهواره‌ی آئورا (AURA) در ایران است تا به چند سؤال اساسی زیر پاسخ دهد. (۱) توزیع فضایی - زمانی مقدار تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) رسیده به سطح زمین در ایران چگونه است؟ (۲) آیا طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه، روند تابش فرابنفش وارد شده به سطح زمین در ایران، تغییر نموده است؟ (۳) رخداد حالت‌های بحرانی تابش فرابنفش خورشیدی در بازه‌ی زمان و گستره‌ی مکان ایران زمین به چه نحو است؟

سرطان پوست می‌شوند و زنجیره‌ی DNA را با تغییر در مواد ژنتیک تحت تأثیر قرار داده و احتمال بالقوه‌ی سرطان-زایی درون سلولی را افزایش می‌دهد (Shariapour et al, 1999; Sabzi Parvar, 2013; Weatherhead et al, 2005). به نظر می‌رسد تابش نور فرابنفش کوتاه یا UV-C خطر کمتری روی پوست انسان دارد (Lenoble et al, 1998). زیرا تقریباً تمامی UV-C توسط لایه‌ی آزون جذب شده و به سطح زمین نمی‌رسد (Damiani, 2013). شاخص اشعه‌ی فرابنفش (UVI) یک مقدار کمی (عددی) است که شدت اشعه‌ی ماوراءبنفش (UV) را در محل و منطقه‌ی مورد نظر مشخص می‌نماید (Kylling et al, 1998). این شاخص پارامتری برای افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد اثرات تابش UV روی سلامتی است و این که برای مقادیر متفاوت آن به چه میزان محافظت از پوست نیاز است (AI- Mostafa et al, 2015; Zempila et al, 2018). معمولاً در مواردی که مقدار این شاخص زیاد باشد (حالت‌های بحرانی) اخطار داده می‌شود تا اقدام‌های حفاظتی مختلفی برای جلوگیری از آسیب دیدن در برابر اشعه‌ی فرابنفش با استفاده از وسایلی مانند عینک آفتابی، کلاه، چتر و کرم-های ضد آفتاب انجام شود (Kazadzis et al, 2009). براساس مطالعات مبتنی بر شاخص ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی، سطح غلظت یا شاخص UV را در مقیاس ۱ تا ۱۱ + نشان می‌دهند (WHO, 2002; Tereszchuk et al, 2018). هر چه مقدار این شاخص بیشتر شود، قدرت تخریبی آن بر پوست و چشم بیشتر است. مقدار این شاخص در زمان‌های مختلف روز متفاوت است، ولی در گزارش شاخص، تأکید بر حداکثر روزانه‌ی شاخص است که در ۴ ساعت پیرامون ظهر در هر محل اتفاق می‌افتد و اغلب در فاصله ظهر تا ساعت ۲ بعد از ظهر است (Cabrera et al, 2012). برپایه‌ی استاندارد شاخص جهانی تابش فرابنفش خورشیدی، اگر این شاخص روی اعداد ۱ و ۲ باشد، اشعه بی‌خطر است. شاخص ۳ تا ۵ نشان‌دهنده‌ی کم‌خطر بودن اشعه و شاخص ۶ تا ۷ نشان‌دهنده‌ی خطر زیاد است. شاخص ۸ تا ۱۰ بیانگر خطر بسیار زیاد است و شاخص ۱۱ نشان‌دهنده‌ی خطر بسیار شدید است (شکل ۱). تا چند دهه‌ی پیش، مسئله‌ی تابش فرابنفش خورشیدی رسیده به سطح زمین، به دلیل نرمال بودن لایه‌ی آزون خیلی جدی



شکل ۱: طیف تابش الکترومغناطیسی و پنجره‌ی تابش فرابنفش به همراه اطلاعات توصیفی شاخص UV در محدوده‌ی تابش UV-B (WHO, 2002).

Fig. 1: The spectrum of electromagnetic radiation and the window of ultraviolet radiation along with the descriptive information of the UV index in the range of UV-B radiation (WHO, 2002).

استفاده کرد (Aissa et al, 2016). تا قبل از فعالیت سنجنده‌ی OMI، استفاده از داده‌های سنجنده‌ی TOMS مبنای مطالعات پرشماری در زمینه‌ی اشعه‌ی فرابنفش خورشیدی در جهان قرار گرفته بود. سنجنده‌ی TOMS از سال ۱۹۷۹ تا سال ۱۹۹۴ بر روی ماهواره‌ی Nimbus-7 و از سال ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۰۵ بر روی ماهواره‌ی Earth Probe (EP) نصب و به اخذ داده پرداخت (Antón et al, 2012). به استناد پژوهش‌های بسیار، استفاده از داده‌های سنجنده‌ی TOMS بخصوص از سال ۲۰۰۱ به بعد، به دلیل عدم کالیبراسیون مناسب از سوی این سنجنده، برای تجزیه و تحلیل فراسنج‌های پایش شده توصیه نمی‌شود (Bollasina et al, 2008). جدیدترین فناوری TOMS با عنوان ابزار نظارت بر آزون (OMI) شناخته می‌شود که از همان اصول مشابه TOMS با تفکیک طیفی و مکانی بالاتر و کالیبراسیون بهینه استفاده می‌کند (O'Byrne et al, 2010; Herman et al, 2016; Hovila et al, 2019). سنجنده در ژوئن ۲۰۰۴ بر روی ماهواره‌ی EOS Aura نصب گردید و تاکنون در حال فعالیت است. در این تحقیق نیز از فرآورده‌ی سطح ۳ (OMUVBd-L3) شاخص تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) سنجنده‌ی OMI با قدرت تفکیک مکانی  $0.25 \times 0.25$  درجه‌ی قوسی برای سری زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با گام زمانی روزانه از تارنمای <http://aura.gsfc.nasa.gov> بارگیری و پس از پردازش‌های لازم به مقادیر ماهانه و فصلی

## مواد و روش‌ها

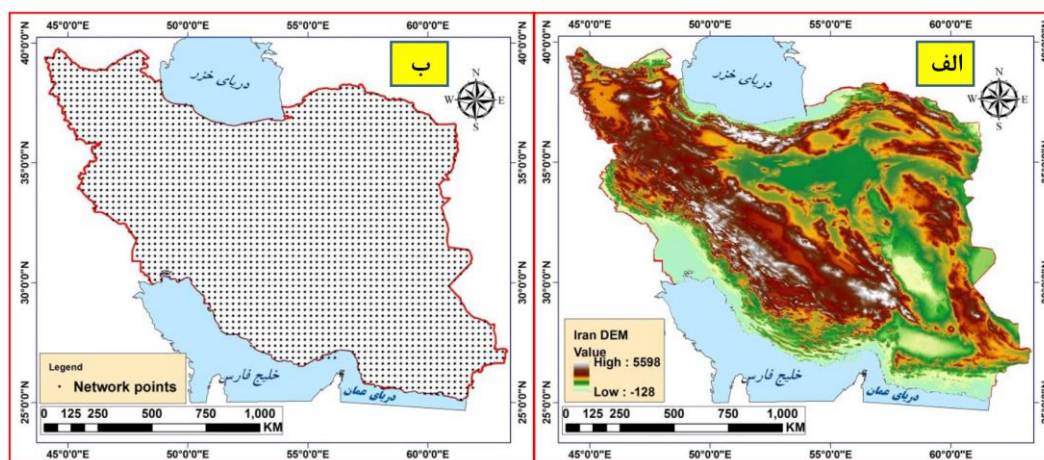
ماهواره‌ی آئورا (Aura)، ماهواره علمی-پژوهشی چندملیتی ناسا است که به بررسی لایه‌ی آزون، آلودگی هوا و اقلیم می‌پردازد (Levelt et al, 2018). این ماهواره سومین ماهواره از سامانه‌ی دیده‌بانی زمین (EOS) است که پس از ماهواره‌های ترا (۱۹۹۹) و آکوا (۲۰۰۲)، در یک مدار خورشیدآهنگ شبه قطبی با زاویه مداری ۹۸/۲ درجه و ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری از سطح زمین در مدار قرار گرفت (Schoeberl et al, 2006). پارامترهای اتمسفری اندازه‌گیری شده (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, UV, ...) توسط چهار سنجنده‌ی مستقر بر روی ماهواره‌ی Aura از قبیل (HIRDLS)، (MLS)، (TES) و (OMI) تهیه و پس از انجام پردازش‌های لازم در اختیار محققین قرار می‌گیرد (Sharma et al, 2012). اهداف و پارامترهای اتمسفری اندازه‌گیری شده توسط چهار سنجنده‌ی ماهواره‌ی Aura اغلب با هم همپوشانی دارند که با توجه به روش‌های مختلف اندازه‌گیری آنها و همچنین با بکارگیری داده‌های دیگر ماهواره‌ها، ایستگاه‌های زمینی و هوایی (بال‌ها و راکت‌ها)، به هدف اصلی مأموریت ماهواره Aura (پایش و دانش ساختار گازهای اتمسفر کره‌ی زمین و عملکرد و روند تغییر ترکیب شیمیایی آنها با گذر زمان در لایه‌های مختلف اتمسفری) کمک می‌نماید (Pitkänen et al, 2015; Qin et al, 2019). بنابراین می‌توان از این نتایج در تعیین کیفیت هوا و پیش‌بینی وضع آب و هوا در کوتاه‌مدت و بلندمدت

در ایران، نتایج به صورت نقشه، گراف و نمودار ارائه گردید و به برآورد زمانی- مکانی تابش فرابنفش خورشیدی در گستره‌ی ایران پرداخته شد.

#### منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه در این تحقیق کل پهنه‌ی ایران زمین است. کشور ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان با موقعیت جغرافیایی  $40^{\circ} - 25^{\circ} N$  از خط استوا و  $64^{\circ} - 44^{\circ} E$  از نصف النهار مبدأ، با مساحتی معادل  $1648195$  کیلومترمربع حدود  $3/2$  درصد از خشکی‌های سطح زمین را در بر گرفته است (Alijani, 2013). ایران فلات مرتفعی است که دو رشته کوه عظیم از شمال و غرب (البرز و زاگرس) آن را احاطه کرده است (شکل ۲ الف). ارتفاع متوسط کشور ایران حدود  $1250$  متر است. مرتفع‌ترین نقطه قله دماوند  $5670$  متر و پست‌ترین زمین‌ها در سواحل خزر پایین‌تر از صفر می‌باشد. کشور ایران از شمال به دریای خزر، ترکمنستان، جمهوری آذربایجان و ارمنستان، از غرب به ترکیه و عراق، از شرق به کشورهای پاکستان و افغانستان و از جنوب به خلیج فارس و دریای عمان محدود می‌شود (jedari eyvazi, 1999). به منظور پهنه‌بندی تابش فرابنفش خورشیدی در قلمرو ایران از مقادیر شاخص تابش فرابنفش برای  $2637$  یاخته با قدرت تفکیک مکانی  $0/25 \times 0/25$  درجه طی یک دوره‌ی آماری  $16$  ساله ( $2020 - 2005$ ) استفاده گردید. پراکنش این نقاط در شکل ۲ ب آمده است.

تبدیل گردید. تعداد یاخته‌های با تفکیک مکانی فوق برای سنجنده‌ی OMI در ایران  $2637$  یاخته است. بر این اساس، ابعاد آرایه‌های ایجاد شده برای سنجنده‌ی OMI، به ترتیب  $192 \times 2637$  برای ماه‌ها و  $64 \times 2637$  برای فصول سال در طی سری زمانی است (اعداد  $192$  و  $64$  به ترتیب نمایان‌گر ماه‌ها و فصول سال در طول سال‌های  $2020 - 2005$  است). داده‌های مربوطه که دارای سیستم تصویر UTM با دیتوم WGS84 می‌باشند، با فرمت داده‌ای سلسله مراتبی (HDF) استخراج گردید و پس از کنترل کیفی و پیش‌پردازش، توسط نرم‌افزارهای تخصصی (ArcGIS، ENVI و EXCELL) مورد پردازش قرار گرفت. این داده‌ها که به صورت رقمی بوده و مقادیر آنها ارزش عددی مقدار شاخص تابش فرابنفش (UV - Index) به ازای هر یاخته است، با استفاده از امکاناتی که نرم‌افزارهای فوق در اختیار کاربر قرار می‌دهد، با اعمال الگوریتم‌های لازم، تبدیل به داده‌های شبکه‌ای و جداول اطلاعاتی شده و خروجی‌های لازم بر اساس مرز جغرافیایی ایران به صورت رستری استخراج گردید. به طور کلی شاخص تابش فرابنفش ماهانه از میانگین شاخص تابش فرابنفش روزانه‌ی (به وقت ظهر محلی) متعلق به هر ماه و میانگین فصلی از میانگین سه ماه مربوط به هر فصل برای جو ایران استخراج گردید. به لحاظ مکانی نیز، مقادیر هر یاخته شرایط میانگین مقدار شاخص تابش فرابنفش (ماهانه، فصلی و سالانه) در طول سری زمانی است. در نهایت، جهت درک هرچه بهتر رفتار زمانی- مکانی شاخص تابش فرابنفش رسیده به سطح زمین



شکل ۲: الف: مدل رقمی ارتفاع و ب: پراکنش نقاط شبکه‌بندی شده‌ی سنجنده‌ی OMI با قدرت تفکیک مکانی  $0/25 \times 0/25$  در گستره‌ی ایران

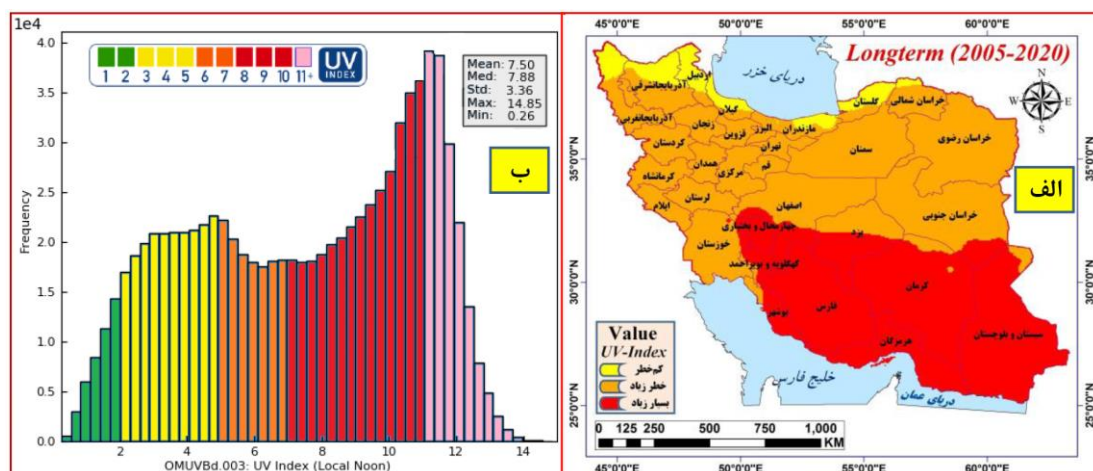
Fig. 2: a: digital elevation model and b: distribution of gridded points of OMI sensor with spatial resolution of  $0.25 \times 0.25$  in Iran

**نتایج**

**توزیع بلندمدت UV-B**

توصیف آماری و توزیع فضایی میانگین شاخص تابش فرابنفش خورشیدی (UV-B) گستره‌ی ایران (۲۰۲۰ - ۲۰۰۵) در شکل ۳ ترسیم شده است. بر اساس هسیتوگرام ۳ ب؛ میانگین شاخص UV-B در کل گستره‌ی ایران ۷/۵، ماکزیمم ۱۴/۸۵، مینیمم ۰/۲۶ و میانه‌ی آن برابر با ۷/۸۸ برآورد گردید. مقدار انحراف معیار UV-B نیز ۳/۳۶ به دست آمد که بیانگر نوسان بالای مقدار UV-B در ایران می‌باشد. از سویی دیگر بیشترین فراوانی UV-B مربوط به یاخته‌هایی است که مقدار UV-B در آنها بین ۱۰ تا ۱۲ و کمترین فراوانی هم مربوط به یاخته‌های با مقدار شاخص ۱۳-۱۴ است. به لحاظ مکانی نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای در توزیع تابش ورودی UV-B رسیده به سطح زمین در ایران وجود دارد. به طوری که در نیمه‌ی جنوبی کشور (استان های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، فارس، بوشهر، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و بخش‌های جنوبی استان‌های اصفهان، یزد و کرمان) بیشترین مقدار UV-B را دامنه‌ی ۱۰ - ۸ (آستانه‌ی خطر بسیار زیاد) و دیگر نواحی ایران با گستره‌ی بیش از ۵۰ درصد از مساحت کل کشور (به استثنای بخش‌های شمالی استان‌های خراسان شمالی، گلستان، گیلان، مازندران، اردبیل و آذربایجان های شرقی و غربی)، در آستانه‌ی خطر زیاد (۷-۶) قرار دارند (شکل ۳ الف). بنابراین بر اساس آرایش مکانی مقدار UV-B در گستره‌ی ایران زمین و با توجه به استاندارد شاخص جهانی تابش فرابنفش خورشیدی، بیش

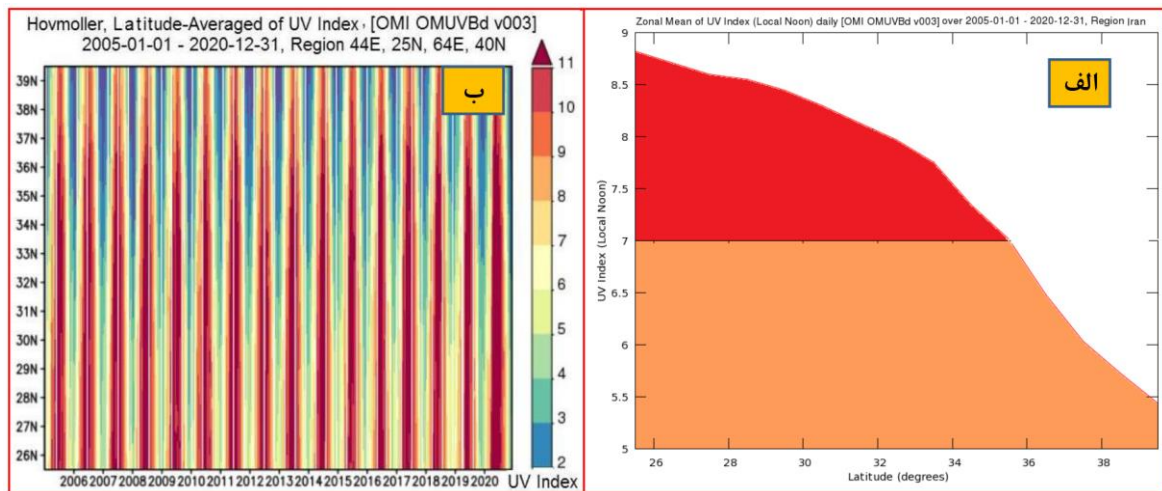
از ۹۰ درصد از گستره‌ی ایران در معرض خطر زیاد تا بسیار زیاد است. بر همین اساس انجام اقدام‌های حفاظتی (استفاده از عینک آفتابی، کرم‌های ضد آفتاب، کلاه و چتر) جهت جلوگیری از آسیب دیدن در برابر اشعه‌ی فرابنفش خورشیدی کاملاً ضروری است. نمودار هاف مولر که نیز تغییرات شاخص UV-B را در راستای مؤلفه‌های جغرافیایی مکان (طول و عرض جغرافیایی) در شکل ۴ نشان می‌دهد؛ انطباق بسیار خوبی با توزیع مکانی مقادیر UV-B در ایران دارد. نمودارهای هاف مولر نمودارهایی هستند که برای نشان دادن تغییرات یک فراسنج جوی در ابعاد طول جغرافیایی و زمان یا عرض جغرافیایی و زمان به کار می‌روند. این نمودارها در واقع نیمرخ‌های عمودی فراسنج‌های جوی محسوب می‌شوند که برای ارزیابی یا تشخیص رفتار یک فراسنج جوی در امتداد طول و عرض جغرافیایی (معمولاً در مقیاس نیمکره‌ای) در طول زمان به کار می‌روند (Hovmoller, 1949). بر اساس این نمودار، مقدار UV-B در راستای عرض جغرافیایی به طور محسوسی از جنوب به شمال کاهش می‌یابد. به عبارتی دیگر نیمه‌ی شمالی کشور از مقدار UV-B کمتری نسبت به نیمه‌ی جنوبی برخوردار است. واکاوای سری زمانی مبتنی بر میانگین ماهانه‌ی شاخص UV-B از ژانویه سال ۲۰۰۵م تا دسامبر سال ۲۰۲۰م (۱۹۲ ماه پیاپی) در شکل ۵ ترسیم شده‌است. بر اساس این نگاره، گرچه مقادیر UV-B بیانگر افت‌وخیزهایی در طول سری زمانی می‌باشد، اما به طور کلی تغییرات محسوسی در روند آن مشاهده نشده است (شکل ۵).



شکل ۳: الف: توزیع بلندمدت تابش UV-B و ب: توصیف آماری تابش UV-B یاخته‌های واقع در گستره‌ی ایران (ب)

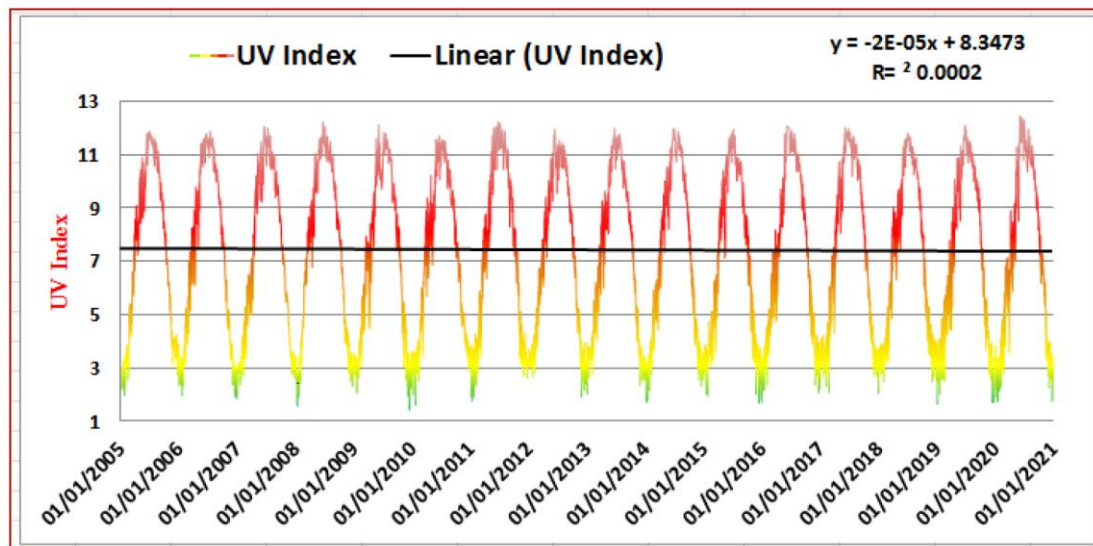
Fig. 3: a: long-term distribution of UV-B radiation and b: statistical description of UV-B radiation of cells located in Iran





شکل ۴: الف: میانگین مداری و ب: نمودار هاف مولر تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 4: a: Orbital average and b: Half Moller diagram of UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)



شکل ۵: نمودار سری زمانی میانگین ماهانه‌ی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 5: Time series graph of monthly average UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)

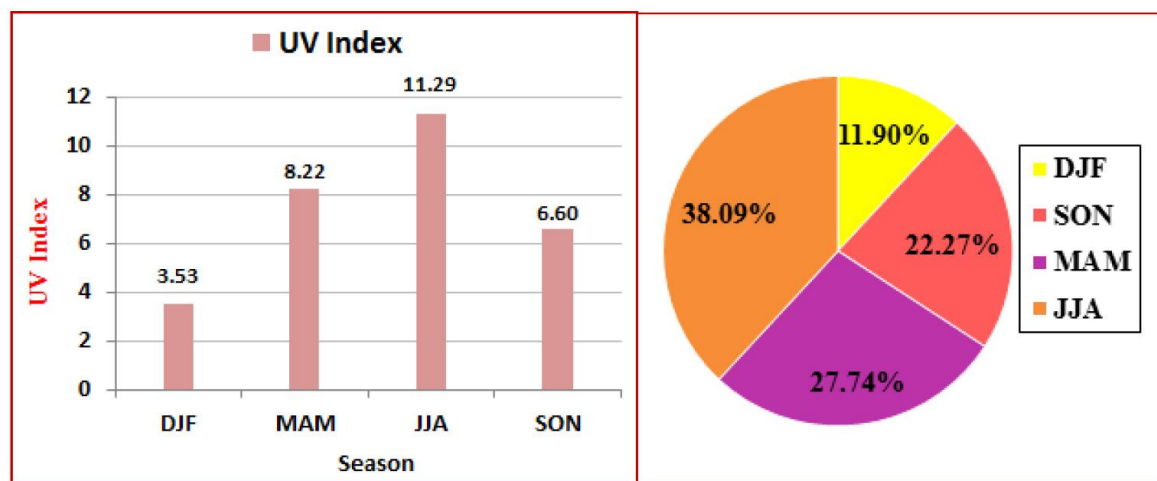
بودن اشعه است. به غیر از این ناحیه، سایر نواحی ایران از مقدار شاخص ۳ تا ۵ برخوردار است که به لحاظ آستانه‌ی خطر تابش فرابنفش، در دامنه‌ی کم خطر واقع می‌شود. در توجیه این امر می‌توان به اثرپذیری UV-B از کل تابش خورشیدی ورودی به سطح زمین اشاره نمود. زیرا که نواحی واقع در بخش شمالی کشور، بر اساس مطالعات انجام شده ابرناک‌ترین ناحیه ایران محسوب می‌شود رسولی و همکاران (Rasouli et al, 2013). پوشش ابری با جلوگیری از تابش فرابنفش خورشیدی، از ورود آن به سطح زمین جلوگیری نموده و مقدار تابش ورودی فرابنفش را کاهش می‌دهد. در فصل بهار (MAM)، میانگین شاخص UV-B با افزایش قابل

### توزیع فصلی UV-B

میانگین و توزیع فضایی شاخص UV-B فصول مختلف سال در شکل‌های ۶ و ۷ آمده است. بر اساس شکل ۶، بیشترین میانگین شاخص UV-B مربوط به فصل تابستان (۱۱/۲۹) و کمترین میانگین آن مربوط به فصل زمستان (۳/۵۳) است. به لحاظ توزیع فضایی نیز تفاوت‌های چشم‌گیری در میان فصول مشهود است (شکل ۷). در فصل زمستان (DJF)، بخش شمالی ایران در حوالی مدار  $33^\circ$  درجه به بالا نسبت به نواحی جنوبی از میزان تابش فرابنفش ورودی کمتری برخوردار بوده (کمتر از ۲)، که بر اساس استاندارد شاخص جهانی تابش UV-B، این میزان از شاخص بیان‌گر بی‌خطر

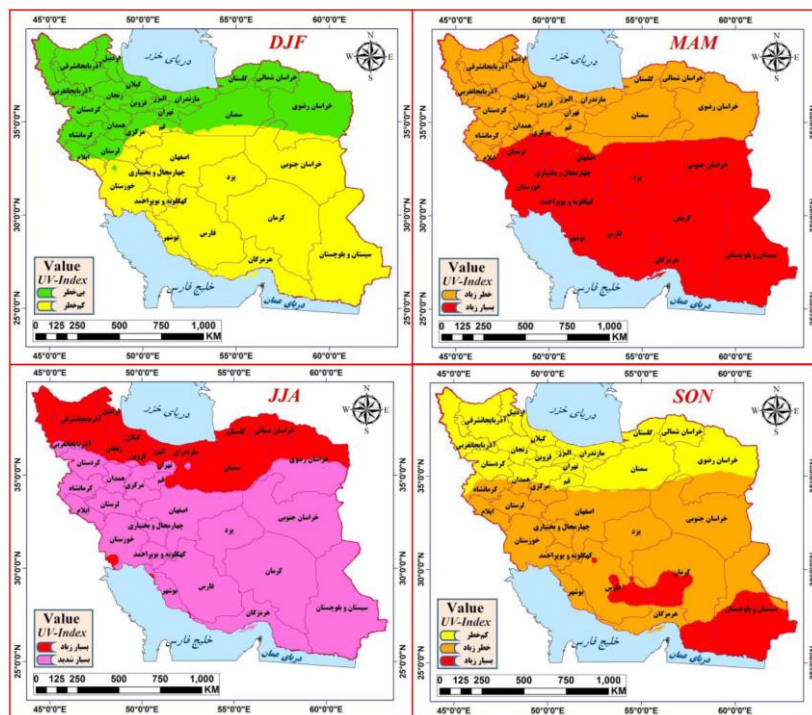
فرابنفش معرفی کرده‌اند، هم‌خوانی دارد. در فصل تابستان حاکمیت غالب الگوهای آب‌وهوایی تابستانه نظیر پرفشار جنب‌حاره آזור (بخصوص در عرض‌های جغرافیایی پایین که اغلب توأم با هوای آفتابی، صاف و پایدار است) از یک سو و تابش عمودی مستمر و شدید خورشید (ساعات آفتابی زیاد) از سوی دیگر، شرایط را برای ورود بیشینه‌ی تابش فرابنفش خورشیدی به سطح زمین فراهم می‌نماید. در فصل پاییز؛ گرچه میانگین شاخص UV-B نسبت به فصل تابستان افت قابل ملاحظه‌ای یافته‌است، اما با توجه به میانگین شاخص تابش فرابنفش که مقدار آن ۶/۶۳ می‌باشد، همچنان از بالا بودن مقادیر تابش فرابنفش خورشیدی رسیده به سطح زمین حکایت دارد. در فصل پاییز، بخش شمالی کشور (در شمال مدار ۳۶°) در ردیف نواحی با آستانه‌ی خطر کم و دیگر نواحی ایران در جنوب مدار یاد شده در ردیف نواحی با آستانه‌ی خطر زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته است. در این میان، دو ناحیه مجزا یکی در محدوده‌ی شمال استان هرمزگان، غرب استان کرمان و شرق استان فارس و دیگری در نیمه‌ی جنوبی استان سیستان و بلوچستان تا جنوب شرق استان هرمزگان تابش UV-B بسیار زیاد را تجربه می‌نماید.

ملاحظه‌ای نسبت به فصل زمستان به ۸/۲۲ افزایش یافته است. همچنین به لحاظ فضایی نسبت به فصل زمستان نیز، مقدار شاخص UV-B در تمام گستره‌ی ایران افزایش یافته و نواحی با مقدار تابش با دامنه‌ی بی‌خطر (۱-۲) جای خود را به تابش ورودی با خطر زیاد (۶-۷) داده و نواحی با دامنه‌ی کم‌خطر (۳-۵) نیز با نواحی با خطر بسیار زیاد (۱۰-۸) جایگزین شده است. این شرایط حاکی از افزایش چشم‌گیر خطر تابش ورودی فرابنفش در فصل بهار نسبت به فصل زمستان است. در فصل تابستان (JJA) بخش شمالی کشور از آذربایجان تا خراسان، در ردیف ناحیه‌ی تابش فرابنفش خورشیدی با آستانه‌ی خطر بسیار زیاد (۱۰-۸) قرار گرفته است. این وضعیت بیان‌گر این است که در این فصل حتی ناحیه‌ی شمال و شمال‌غرب ایران نیز مقادیر شاخص را بسیار زیاد نشان می‌دهد. به غیر از نواحی یاد شده، سایر نواحی ایران در جنوب مدار ۳۶° درجه، حاکی از قرار گرفتن این نواحی در محدوده‌ی خطر بسیار شدید (۱۱+) است که نشان دهنده‌ی خطر بالای قرار گرفتن در معرض تابش خورشیدی در این فصل است. این شرایط با نتایج مطالعات موقری و خسروی (Moaghari and Khosravi, 2014) و بادارینات و همکاران (Badarinath and Kumar, 2008) که فصل تابستان را اوج شاخص تابش



شکل ۶: میانگین فصلی و درصد فراوانی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 6: Seasonal average and frequency percentage of UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)



شکل ۷: توزیع فضایی میانگین فصلی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 7: Spatial distribution of seasonal average UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)

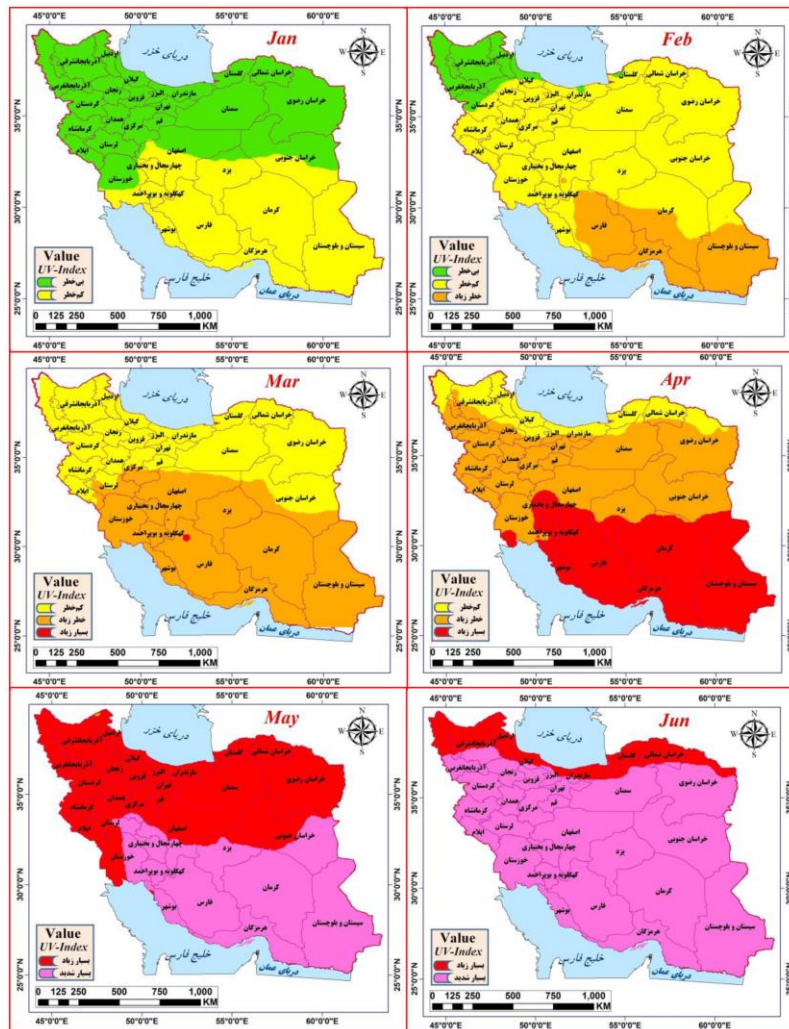
### توزیع ماهانه UV-B

واکاوای زمانی میانگین شاخص تابش فرابنفش خورشیدی ماهانه، در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه در شکل ۲ آمده است. همان‌طوری که شکل مربوطه نشان می‌دهد؛ ماه‌های ژانویه، دسامبر و نوامبر به ترتیب از کم‌ترین مقدار شاخص تابش فرابنفش و ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست به ترتیب از بیش‌ترین مقدار شاخص تابش فرابنفش برخوردار بوده‌اند. توزیع فضایی شاخص تابش فرابنفش ماهانه اطلاعات بیش‌تری را درباره‌ی جزئیات تغییرات تابش فرابنفش خورشیدی رسیده به سطح زمین در طول سال نشان می‌دهد؛ به طوری که می‌توان ماه‌های کمینه، بیشینه و همچنین ماه‌های با شرایط تابش فرابنفش ورودی متعادل را مشخص نمود (اشکال ۸ تا ۱۰). مقایسه‌ی نقشه‌های مربوط به مقدار تابش فرابنفش ورودی در ماه‌های مختلف سال، به طور آشکاری ماه ژانویه را به عنوان متعادل‌ترین (کم‌خطرترین) ماه سال نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود در ماه ژانویه نیمه‌ی شمالی کشور از میزان پرتو پایین با آستانه‌ی بدون خطر (۱-۲) و سایر نواحی واقع در نیمه‌ی جنوبی ایران، از میانگین شاخص تابش فرابنفش ۵-۳ (آستانه‌ی کم‌خطر) برخوردار بوده است. در ماه فوریه با افزایش میزان شاخص تابش فرابنفش در نیمه‌ی شمالی

کشور، به استثنای بخشی از شمال غرب ایران (استان‌های گیلان، اردبیل و آذربایجان‌های غربی و شرقی افزایش یافته و وسعت ناحیه‌ی بی‌خطر افزایش و بر محدوده‌ی ناحیه‌ی با شاخص تابش فرابنفش با آستانه‌ی کم‌خطر نیز افزوده شده است. از سوی دیگر بخش‌هایی از جنوب ایران (استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، فارس و جنوب استان کرمان) میزان تابش فرابنفش خورشیدی به آستانه‌ی خطر زیاد (۱۰ - ۸) رسیده است. نقشه‌ی شاخص تابش فرابنفش مربوط به ماه مارس، حاکی از تقسیم ایران به دو نیمه‌ی شمالی و جنوبی می‌باشد که در نیمه‌ی شمالی شاخص تابش فرابنفش در دامنه‌ی ۵-۳ (کم‌خطر) و نیمه‌ی جنوبی با دامنه‌ی ۱۰-۸ (خطر بسیار زیاد) قرار دارد. در ماه آوریل به جز کمربند شمالی کشور (از آذربایجان تا خراسان) که از شاخص تابش فرابنفش از آستانه‌ی کم‌خطر (۵-۳) برخوردار است، در سایر نواحی کشور از شمال به جنوب بر میزان تابش فرابنفش خورشیدی افزوده می‌شود. به طوری که مقدار شاخص در گستره‌ی وسیعی از ایران در امتداد غرب به شرق به دامنه‌ی ۷-۶ (خطر زیاد) رسیده است. همچنین در این ماه، میانگین شاخص تابش فرابنفش در استان‌های واقع در اقلیم جنوبی ایران (از سیستان-بلوچستان تا چهارمحال و بختیاری) در دامنه‌ی خطر بسیار

خورشیدی مربوط به ماه جولای همانند ماه ژوئن، بیانگر سیطره‌ی تابش فرابنفش ورودی از آستانه‌ی خطر بسیار زیاد (ناحیه‌ی شمالی و بخشی از جنوب غرب) و آستانه‌ی خطر بسیار شدید بر سایر نواحی ایران است. در ماه آگوست نیمه‌ی شمالی کشور از شاخص بسیار زیاد (۱۰-۸) و سایر نقاط کشور شاخص بسیار شدید (۱۱+) را تجربه می‌کند. البته در این ماه شواهدی از کاهش وسعت نواحی با دامنه‌ی بسیار شدید در نیمه‌ی جنوبی ایران به چشم می‌خورد که می‌تواند دلیلی بر کاهش شدت تابش فرابنفش رسیده به سطح زمین به علت کوتاه‌تر شدن طول روز باشد. در ماه سپتامبر که حاکی از کاهش محسوس تابش فرابنفش خورشیدی در مقایسه با ماه اوت است، استان‌های واقع در کمربند شمالی کشور از شاخص زیاد (۷-۶) و سایر استان‌های ایران از شاخص خیلی زیاد (۱۰-۸) برخوردارند.

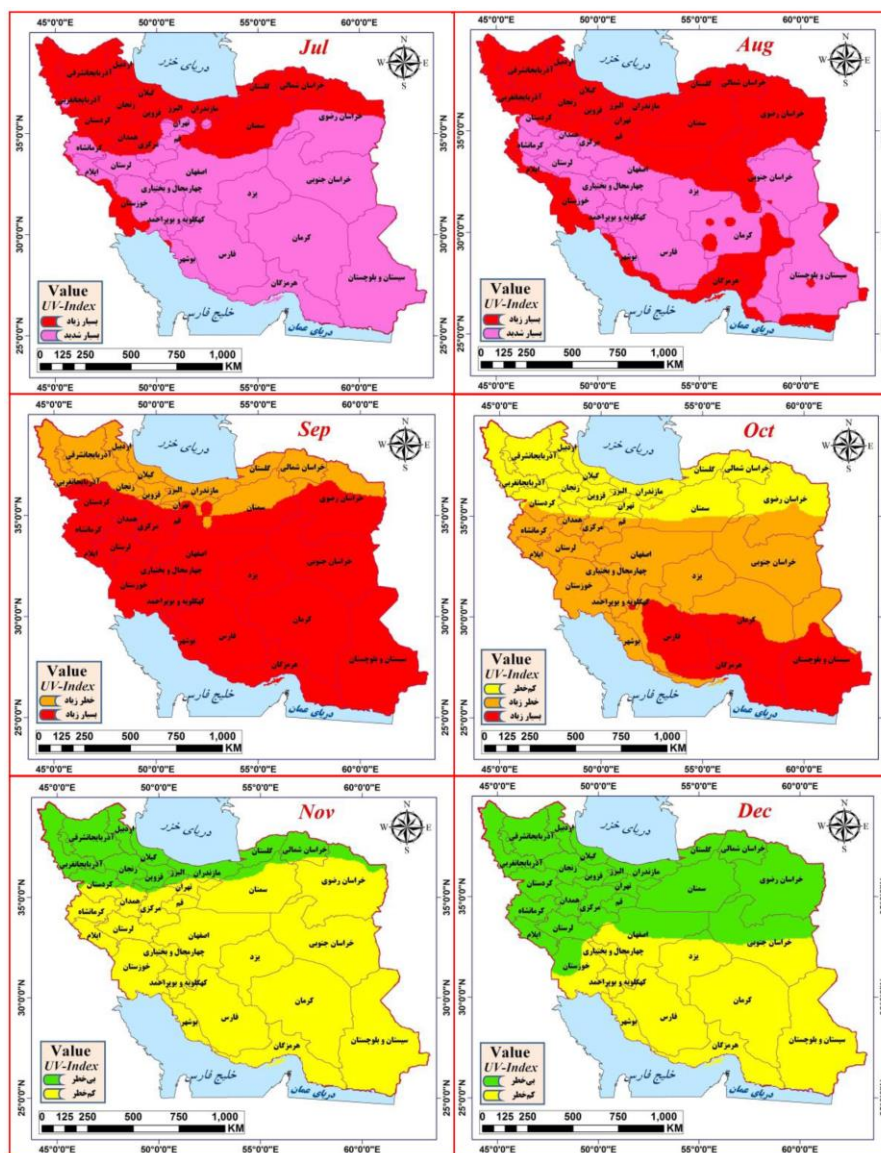
زیاد (۱۰-۸) قرار دارد. با بررسی نقشه‌ی شاخص تابش فرابنفش خورشیدی مربوط به ماه می، می‌توان به شدت تابش‌های ورودی فرابنفش در گستره‌ی ایران پی برد. زیرا از یک طرف شاخص تابش فرابنفش با دامنه‌ی خطر بسیار شدید بر نیمه‌ی جنوبی و از طرفی دیگر تابش ورودی فرابنفش خورشیدی بسیار زیاد نیمه‌ی شمالی ایران را پوشش داده است. تداوم این روند منجر به حاکمیت بالاترین میزان تابش ورودی فرابنفش خورشیدی در ماه ژوئن گردیده به گونه‌ای که این ماه از بیشترین میزان تابش فرابنفش ورودی در میان سایر ماه‌های سال برخوردار است. این وضعیت نشان‌دهنده‌ی خطر بالای قرار گرفتن در معرض تابش خورشید در این ماه بوده و استفاده از وسایل حفاظتی در مقابل نور خورشید را بیش از سایر ماه‌ها ضروری می‌نماید. توزیع فضایی مقادیر تابش فرابنفش



شکل ۸: توزیع فضایی میانگین ماهانه‌ی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

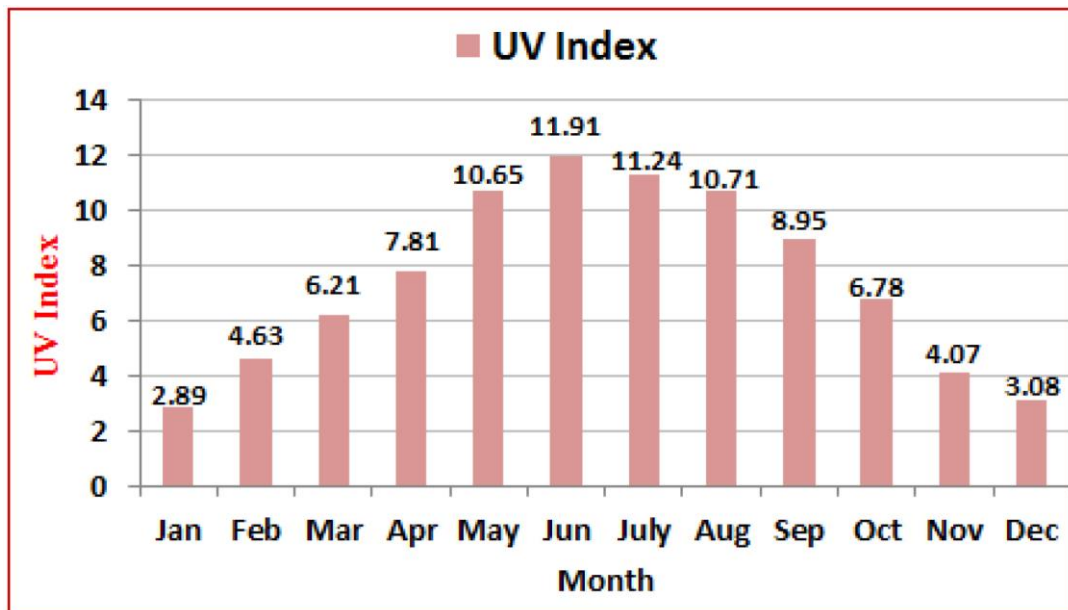
Fig. 8: Spatial distribution of average monthly UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)

بررسی توزیع فضایی شاخص تابش فرابنفش در ماه اکتبر نشان می‌دهد که این ماه را می‌توان ماه گذار از سیطره‌ی تابش فرابنفش تابستان به تضعیف آن در پاییز دانست؛ چرا که در این ماه از شدت و گستره‌ی مقادیر شاخص تابش فرابنفش با آستانه‌های بسیار زیاد و زیاد به طرز چشم‌گیری کاسته شده است. در این ماه استان‌های واقع در کمربند شمالی ایران از شدت تابش با آستانه‌ی کم خطر (۳-۵) برخوردار بوده، ولی برخی از استان‌های جنوبی و جنوب‌شرقی از شدت تابش بسیار زیاد (۱۰-۸) و سایر نواحی کشور شاخص زیاد را (۶-۷) نشان می‌دهند. در ماه نوامبر، استان‌های واقع در ناحیه‌ی شمالی ایران از میزان شاخص کم و آستانه-ی بدون خطر (۱-۲) برخوردار بوده و در سایر نواحی در آستانه‌ی کم خطر (۳-۵) قرار دارند. در ماه دسامبر، نیمه‌ی شمالی کشور شاخص کم و با آستانه‌ی بدون خطر و نیمه‌ی جنوبی آن مقدار شاخص با آستانه‌ی کم خطر را نشان داده و این ماه را در ردیف ماه‌های با شرایط مطلوب قرار می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹: توزیع فضایی میانگین ماهانه‌ی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 9: Spatial distribution of average monthly UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)



شکل ۱۰: میانگین ماهانه‌ی تابش UV-B در گستره‌ی ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۲۰۲۰)

Fig. 10: The monthly average of UV-B radiation in Iran during the statistical period (2005-2020)

آسمان صاف‌تر است، شرایط را برای دریافت بیشترین میزان انرژی خورشیدی و به تبع آن تابش فرابنفش UV-B خورشیدی فراهم می‌آورد. حاکمیت چنین شرایطی در تمامی ماه‌ها و فصول سال برقرار است، به طوری که نواحی تابشی (فرابنفش UV-B) با شرایط یاد شده کاملاً انطباق دارد. در فصل زمستان، از شمال به جنوب شاخص تابش فرابنفش UV-B خورشیدی از آستانه‌های بی‌خطر تا خطر زیاد برخوردار بوده و به غیر از برخی از استان‌های جنوبی کشور (سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان و فارس) سایر نقاط ایران از شاخص تابش فرابنفش مخاطره‌آمیزی برخوردار نیست. در فصل بهار به دلیل افزایش تابش‌های ورودی به سطح زمین، نیمه‌ی شمالی کشور را شاخص پرتو فرابنفش زیاد و نیمه‌ی جنوبی کشور را شاخص بسیار زیاد فراگرفته است. با ورود به فصل تابستان، میزان تابش فرابنفش خورشیدی به اوج خود می‌رسد، به طوری که در کمربند شمالی ایران میزان شاخص تابش فرابنفش بسیار زیاد و دیگر نواحی ایران از سواحل جنوب تا مدار ۳۶° از شاخص تابش فرابنفش بسیار شدید برخوردار است. در فصل پاییز، به غیر از ناحیه‌ی جنوب شرق کشور که از شاخص بسیار زیاد برخوردار است، سایر نقاط کشور شاخص زیاد تا کم را تجربه می‌نماید. بررسی پراکنش بلندمدت شاخص تابش فرابنفش خورشیدی، بیان‌گر تفاوت مکانی این شاخص در گستره‌ی ایران است. بر همین اساس می‌توان

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق تغییرات فصلی و ماهانه تابش فرابنفش خورشیدی UV-B با استفاده از داده‌های سنجنده‌ی OMI مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه مقادیر میانگین فصلی مشخص نمود، در گستره‌ی ایران زمین بیشترین مقدار تابش ورودی اشعه‌ی فرابنفش خورشیدی در فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. به لحاظ ماهانه نیز، ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت به ترتیب از بیشترین مقدار شاخص تابش فرابنفش خورشیدی و ماه‌های ژانویه، دسامبر و نوامبر به ترتیب از کمترین مقدار شاخص برخوردار بوده‌اند. نتایج حاصل از واکاوی و مقایسه‌ی نقشه‌های فصلی و ماهانه شاخص تابش فرابنفش خورشیدی در گستره‌ی ایران، بیان‌گر این است که در تمامی ماه‌ها و فصول سال از شمال به جنوب بر شدت تابش فرابنفش خورشیدی افزوده می‌شود. از آن جایی که مقدار شاخص تابش فرابنفش خورشیدی تابعی از مقدار کل تابش ورودی خورشید می‌باشد. بنابراین عواملی از قبیل زاویه‌ی تابش، مدت تابش و میزان UV، کنترل‌کننده‌ی شاخص تابش فرابنفش خورشیدی UV-B است. در ناحیه‌ی شمالی ایران، به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر و برخورداری کمتر از میزان تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین، شاخص UV-B کمتر از سایر نواحی ایران است. از سوی دیگر، در عرض‌های جنوبی‌تر چون هم زاویه‌ی تابش عمودی‌تر و هم

پایین اذعان داشته‌اند. بنابراین می‌توان گفت، در دوره‌ی گرم سال (فصل بهار و تابستان)، نواحی مرتفع و همچنین عرض‌های پایین‌تر میزان پرتو فرابنفش خورشیدی بیشتر بوده و بر همین اساس خطر آسیب‌پذیری چشم و پوست افزایش می‌یابد. لذا پیشنهاد می‌شود در مواقعی که میزان شاخص پرتو فرابنفش در حالت بسیار زیاد و شدید قرار دارد حتی الامکان از تردد در فضای باز خودداری نموده و در صورت ضرورت به حضور در فضاهای در معرض تابش مستقیم نور خورشید، از لباس‌های پوشیده، کلاه لبه‌دار، عینک‌های آفتابی استاندارد و کرم‌های ضد آفتاب که محافظ خوبی در برابر پرتو زینبار فرابنفش هستند استفاده شود.

### سپاسگزاری

نویسنده این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

کشور ایران را از نظر دریافت انرژی تابشی فرابنفش UV-B خورشیدی به سه ناحیه‌ی تابش کم (۳-۵)، ناحیه‌ی تابش زیاد (۶-۷) و ناحیه‌ی تابش بسیار زیاد (۸-۱۰) تقسیم نمود. ناحیه‌ی تابشی کم، شامل استان‌های واقع در سواحل دریای خزر (گیلان، مازندران و گلستان) و بخش شمالی ناحیه‌ی آذربایجان است. ناحیه‌ی تابشی زیاد که شامل گستره‌ی به هم پیوسته‌ای از غرب تا شرق ایران بوده و از وسعت بیشتری نسبت به دو ناحیه‌ی تابشی دیگر برخوردار است. ناحیه‌ی تابشی بسیار زیاد که شامل گستره‌ی وسیعی از نیمه‌ی جنوبی ایران (استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، فارس، بوشهر، کرمان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری و بخش‌های جنوبی استان‌های خراسان جنوبی یزد و اصفهان) است. در تحقیقات مشابهی که توسط ( Moaghari and Khosravi, 2013; Cern and Lee, 2003; Badarinath and Kumar, 2008) انجام گرفته است، همگی بر شدت بیشتر شاخص پرتو فرابنفش UV-B خورشیدی در دوره‌ی گرم سال و در عرض‌های جغرافیایی

### پانویس

1-High Resolution Dynamics Limb Sounder  
2-Microwave Limb Sounder

3-Tropospheric Emission Spectrometer  
4-Ozone Monitoring Instrument

### References

- Aïssa, B., Isaifan, R.J., Madhavan, V.E. and Abdallah, A.A., 2016. Structural and physical properties of the dust particles in Qatar and their influence on the PV panel performance, *Scientific reports*, v. 6(1), p. 1-12.
- Alijani, B., 2013. *Climate of Iran*, Payam Noor University Press (In Persian).
- Al-Mostafa, Z.A., Elminir, H.K., Abulwfa, A., Al-Shehri, S.M., Alshehri, F.A., Al-Rougy, I.M. and Bazyad, A.A., 2015. Evaluation of erythematous ultraviolet solar radiation over Saudi Arabia, *Solar Energy*, v. 113, p. 258-271.
- Antón, M., Valenzuela, A., Román, R., Lyamani, H., Krotkov, N., Arola, A. and Alados-Arboledas, L., 2012. Influence of desert dust intrusions on ground-based and satellite-derived ultraviolet irradiance in southeastern Spain, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D19).

- Arola, A., Kazadzis, S., Lindfors, A., Krotkov, N., Kujanpää, J., Tamminen, J. and Kinne, S., 2009. A new approach to correct for absorbing aerosols in OMI UV. *Geophysical Research Letters*, v. 36(22).
- Badarinath, K.V.S., Kumar Kharol, S., Krishna Prasad, V., Rani Sharma, A., Reddi, E.U.B., Kambezidis, H.D. and Kaskaoutis, D.G., 2008. Influence of natural and anthropogenic activities on UV Index variations—a study over tropical urban region using ground based observations and satellite data, *Journal of Atmospheric Chemistry*, v. 59(3), p. 219-236.
- Bollasina, M., Nigam, S. and Lau, K.M., 2008. Absorbing aerosols and summer monsoon evolution over South Asia: An observational portrayal, *Journal of Climate*, v. 21(13), p. 3221-3239.
- Cabrera, S., Ipiña, A., Damiani, A., Cordero, R.R. and Piacentini, R.D., 2012. UV index values and trends in Santiago, Chile (33.5 S) based on ground and satellite data. *Journal*

- of Photochemistry and Photobiology B: Biology, v. 115, p. 73-84.
- Caldwell, M.M., Camp, L.B., Warner, C.W. and Flint, S.D., 1986. Action spectra and their key role in assessing biological consequences of solar UV-B radiation change. In Stratospheric ozone reduction, solar ultraviolet radiation and plant life, p. 87-111.
- Cordero, R.R., Seckmeyer, G., Damiani, A., Jorquera, J., Carrasco, J., Muñoz, R. and Laroze, D., 2014. Aerosol effects on the UV irradiance in Santiago de Chile, Atmospheric research, v. 149, p. 282-291.
- Damiani, A., Cabrera, S., Muñoz, R.C., Cordero, R.R. and Labbe, F., 2013. Satellite-derived UV irradiance for a region with complex morphology and meteorology: comparison against ground measurements in Santiago de Chile, International journal of remote sensing, v. 34(16), p. 5812-5833.
- Deng, X., Zhou, X., Tie, X., Wu, D., Li, F., Tan, H. and Deng, T., 2012. Attenuation of ultraviolet radiation reaching the surface due to atmospheric aerosols in Guangzhou, Chinese Science Bulletin, v. 57(21), p. 2759-2766.
- Diffey, B.L., 1980. Ultraviolet radiation physics and the skin. Physics in Medicine & Biology, v. 25(3), 405 p.
- Farshchian, M., Soltanieh, A., Mousavi, L., Mahjoub, H., Zamaniyan, A. and Nazerian, H., 2013. The effect of Narrow Band-UVB on the normal flora of psoriatic skin lesions and healthy skin in patients with psoriasis. Skin and Beauty Quarterly, v. 3(2), p. 83-91 (In Persian).
- Fountoukis, C., Martín-Pomares, L., Perez-Astudillo, D., Bachour, D. and Gladich, I., 2018. Simulating global horizontal irradiance in the Arabian Peninsula: sensitivity to explicit treatment of aerosols. Solar Energy, v. 163, p. 347-355.
- Herman, J., DeLand, M.T., Huang, L.K., Labow, G., Larko, D., Lloyd, S.A. and Weaver, C., 2013. A net decrease in the Earth's cloud, aerosol, and surface 340 nm reflectivity during the past 33 yr (1979–2011), Atmospheric Chemistry and Physics, v. 13(16), p. 8505-8524.
- Hovila, J., Arola, A. and Tamminen, J., 2019. OMUVB: OMI/Aura Surface UV Irradiance 1-orbit L2 Swath 13x24 km V003. Available online: [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMUVB\\_V003/](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMUVB_V003/).
- Hovmöller, E., 1949. The trough-and-ridge diagram, Tellus, v. 1(2), p. 62-66.
- Jadari Ayouzi, J., 1999. Geomorphology of Iran, Payam Noor University Press (In Persian).
- Jish Prakash, P., Stenchikov, G., Kalenderski, S., Osipov, S. and Bangalath, H., 2015. The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea, Atmospheric Chemistry and Physics, v. 15(1), p. 199-222.
- Juzeniene, A. and Moan, J., 2012. Beneficial effects of UV radiation other than via vitamin D production, Dermato-endocrinology, v. 4(2), p. 109-117.
- Kalenderski, S., Stenchikov, G. and Zhao, C., 2013. Modeling a typical winter-time dust event over the Arabian Peninsula and the Red Sea, Atmospheric Chemistry and Physics, v. 13(4), p. 1999-2014.
- Kazadzis, S., Bais, A., Balis, D., Kouremeti, N., Zempila, M., Arola, A. and Kazantzidis, A., 2009. Spatial and temporal UV irradiance and aerosol variability within the area of an OMI satellite pixel, Atmospheric Chemistry and Physics, v. 9(14), p. 4593-4601.
- Kielbassa, C., Roza, L. and Epe, B., 1997. Wavelength dependence of oxidative DNA damage induced by UV and visible light. Carcinogenesis, v. 18(4), p. 811-816.
- Kylling, A., Bais, A.F., Blumthaler, M., Schreder, J., Zerefos, C.S. and Kosmidis, E., 1998. Effect of aerosols on solar UV irradiances during the Photochemical Activity and Solar Ultraviolet Radiation campaign, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 103(D20), p. 26051-26060.
- Lenoble, J., 1998. Modeling of the influence of snow reflectance on ultraviolet irradiance for cloudless sky. Applied optics, v. 37(12), p. 2441-2447.
- Lesser, M.P., Barry, T.M., Lamare, M.D. and Barker, M.F., 2006. Biological weighting functions for DNA damage in sea urchin embryos exposed to ultraviolet radiation, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 328(1), p. 10-21.
- Levelt, P.F., Joiner, J., Tamminen, J., Veefkind, J.P., Bhartia, P.K., Stein Zweers, D.C. and Wargan, K., 2018. The Ozone Monitoring Instrument: overview of 14 years in space. Atmospheric Chemistry and Physics, v. 18(8), p. 5699-5745.



- Lindfors, A.V., Kujanpää, J., Kalakoski, N., Heikkilä, A., Lakkala, K., Mielonen, T. and Tamminen, J., 2018. The TROPOMI surface UV algorithm, *Atmospheric Measurement Techniques*, v. 11(2), p. 997-1008.
- Lucas, R.M., Yazar, S., Young, A.R., Norval, M., De Gruijl, F.R., Takizawa, Y. and Neale, R.E., 2019. Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate, *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 18(3), p. 641-680.
- lum, A. and Volkenandt, M., 2002. Hautkrebs. DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift, v. 127(33), p. 1679-1681.
- Moaghari, A. and Khosravi, M., 2013. Calculation, evaluation and analysis of the spatial distribution of the ultraviolet ray index in the area of Iran, *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, v. 34, p. 213-1958 (In Persian).
- Mubasheri, M., 2016. Studying the changes of the ozone layer in Iran's atmosphere using TOMS sensor data, *Journal of Environmental*, v. 44, p. 43-54 (In Persian).
- Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, Kh. and Rashidi Ravi, M., 2012. Investigating the physiological and morphological changes caused in some growth parameters due to UV-B, UV-A and UV-C radiation in rapeseed seedlings, *Research and Manufacturing Journal*, v. 60, p. 90-103 (In Persian).
- Norval, M., Cullen, A.P., De Gruijl, F.R., Longstreth, J., Takizawa, Y., Lucas, R.M. and Van der Leun, J.C., 2007. The effects on human health from stratospheric ozone depletion and its interactions with climate change, *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 6(3), p. 232-251.
- O'byrne, G., Martin, R.V., Van Donkelaar, A., Joiner, J. and Celarier, E.A., 2010. Surface reflectivity from the Ozone Monitoring Instrument using the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer to eliminate clouds: Effects of snow on ultraviolet and visible trace gas retrievals, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D17).
- Pashiardis, S., Kalogirou, S.A. and Pelengaris, A., 2017. Statistical Analysis and Inter-Comparison of Solar UV and Global Radiation for Athalassa and Larnaca, Cyprus. *SM Journal of Biometrics & Biostatistics*, v. 6(1), 1020.
- Patlakas, P., Stathopoulos, C., Flocas, H., Kalogeri, C. and Kallos, G., 2019. Regional climatic features of the Arabian Peninsula, *Atmosphere*, v. 10(4), p. 1-32, <https://doi.org/10.3390/atmos10040220>.
- Pitkänen, M.R.A., Arola, A., Lakkala, K., Koskela, T. and Lindfors, A.V., 2015. Comparing OMI UV index to ground-based measurements at two Finnish sites with focus on cloud-free and overcast conditions, *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*, v. 8(1), p. 487-516.
- Podrascanin, Z., Atlagic, M., Mijatovic, Z. and Sremac, A.F., 2018. Uv Index Forecasting in Vojvodina Region, In *RAD Conf. Proc.*, v. 3, p. 187-190.
- Qin, W., Fasnacht, Z., Haffner, D., Vasilkov, A., Joiner, J., Krotkov, N. and Spurr, R., 2019. A geometry-dependent surface Lambertian-equivalent reflectivity product for UV-Vis retrievals-Part 1: Evaluation over land surfaces using measurements from OMI at 466 nm. *Atmospheric Measurement Techniques*, v. 12(7), p. 3997-4017.
- Raispour, K. and Asakere, H., 2018. Satellite monitoring of ozone layer changes in Iran's atmosphere, *Journal of Natural Environment Hazards*, v. 22, p. 228-213 (In Persian).
- Rasouli, A.A., Jahanbakhsh, S. and Ghasemi, A.R., 2013. Investigating temporal and spatial changes in the amount of cloud cover in Iran, *Geographical Research Quarterly*, v. 3, p. 85-101 (In Persian).
- Roshan, D.R., Koc, M., Abdallah, A., Martin-Pomares, L., Isaifan, R. and Fountoukis, C., 2020. UV index forecasting under the influence of desert dust: evaluation against surface and satellite-retrieved data. *Atmosphere*, v. 11(1), p. 1-17.
- Sabzi Parrou, A., 1999. Ozone in the atmosphere and ultraviolet rays reaching the earth's surface, *Journal of Earth and Space Physics*, v. 2, p. 27-21 (In Persian).
- Schoeberl, M.R., Douglass, A.R., Hilsenrath, E., Bhartia, P.K., Beer, R., Waters, J.W. and DeCola, P., 2006. Overview of the EOS Aura mission, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(5), 1066-1074.
- Shariapour, Z. and Akbari Bidakhti, A., 2013. The effects of cloudiness factors and total ozone on UV-B solar ultraviolet radiation in

- Isfahan region, *Journal of Iran Geophysics*, v. 5(4), p. 88-74 (In Persian).
- Sharma, N.P., Bhattarai, B.K., Sapkota, B. and Kjeldstad, B., 2011. Comparison of Ground Based Measurements of Solar UV Index with Satellite Estimation at Four Sites of Nepal, *Journal of the Institute of Engineering*, v. 8(3), p. 58-71.
- Tereszchuk, K.A., Rochon, Y.J., McLinden, C.A. and Vaillancourt, P.A., 2018. Optimizing UV Index determination from broadband irradiances, *Geoscientific Model Development*, v. 11(3), p. 1093-1113.
- Tsiouri, V., Kakosimos, K.E. and Kumar, P., 2015. Concentrations, sources and exposure risks associated with particulate matter in the Middle East Area—a review, *Air Quality, Atmosphere & Health*, v. 8(1), p. 67-80.
- Weatherhead, B., Tanskanen, A., Stevermer, A., Andersen, S.B., Arola, A., Austin, J. and Tarasick, D., 2005. Ozone and ultraviolet radiation, v. 12(2), p. 254-267.
- World Health Organization, & International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2002). *Global solar UV index: a practical guide* (No. WHO/SDE/OEH/02.2). World Health Organization.
- Young, A.R., 2006. Acute effects of UVR on human eyes and skin. *Progress in biophysics and molecular biology*, v. 92(1), p. 80-85.
- Zegarska, B., Pietkun, K., Zegarski, W., Bolibok, P., Wiśniewski, M., Roszek, K. and Nowacki, M., 2017. Air pollution, UV irradiation and skin carcinogenesis: what we know, where we stand and what is likely to happen in the future?. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*, v. 34(1), p. 6-14.
- Zempila, M.M., Fountoulakis, I., Taylor, M., Kazadzis, S., Arola, A., Koukouli, M.E. and Balis, D., 2018. Validation of OMI erythemal doses with multi-sensor ground-based measurements in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, v. 183, p. 106-121.