

## Evaluation and analysis of cloud changes in the northwest region of Iran during the last four decades

Seyed Hossein Mirmousavi  <sup>1</sup> 

1. Associate Professor Climatology, Department of Geography, University of Zanjan, Iran

### Article Info:

**Article type:**  
Research Article

**history:**

**Received:**

2024/3/22

**Received:**

2024/5/7

**Accepted:**

2024/7/2

**Published:**

2024/8/5

### Keywords:

Cloudiness, Northwest Iran, trend analysis, spatial changes.

**A**bstract: Clouds are one of the most important components of the climate system of any region, which have an important effect on the regulation and balance of radiant energy and the water cycle, so it is necessary to study their long-term changes. Based on this, in this study, using the data of the cloudiness coefficient of 26 synoptic meteorological stations in the northwestern region of Iran in the time period of 1982-2022, the analysis of the trend of cloudiness changes was carried out based on the age slope estimation method. Also, using satellite images, the annual average cloud coverage of the EUMETSAT satellite in the period of 1982-2022 was analyzed, and the spatial changes of cloud cover in the last four decades were analyzed by using the Getis-Ord index. The results of the monthly trend analysis showed that except for the month July, which had an increasing trend, the rest of the months had a significant decreasing trend. The months of June, August and September also had no significant trends. The results of the spatial analysis also showed that the amount of cloudiness in this region has decreased in all four decades and the pattern of changes has changed from the first decade to the recent decades.

**Cite this article:** Mirmousavi ,H (2024). Evaluation and analysis of cloud changes in the northwest region of Iran during the last four decades. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 3(5), 65-85.

© The Author(s).

**Homepage:** [cccd.znu.ac.ir](http://cccd.znu.ac.ir)

**Publisher:** University of Zanjan





## ارزیابی و تحلیل روند تغییرات ابرناکی در منطقه شمالغرب ایران طی چهار دهه ی اخیر

سید حسین میرموسوی  

۱. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، ایران.

### اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

بازنگری: ۱۴۰۳/۲/۱۸

پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۱۲

انتشار: ۱۴۰۳/۵/۱۵

### واژگان کلیدی:

ابرناکی، شمالغرب ایران، تحلیل روند، تغییرات فضایی.

**چکیده:** ابرها یکی از مهم ترین اجزای سیستم اقلیمی هر ناحیه ای محسوب می شوند که اثر مهمی در تنظیم و تعادل انرژی تابشی و چرخه آب دارند بنابراین ضرورت دارد تا تغییرات بلند مدت آنها مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس در این مطالعه با استفاده از داده های ضرب ابرناکی تعداد ۲۶ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک منطقه شمال غرب ایران در دوره زمانی ۲۰۲۲-۱۹۸۲ نسبت تحلیل روند تغییرات ابرناکی بر اساس روش تخمین شیب سن اقدام گردید. هم چنین با استفاده از تصاویر میانگین سالانه پوشش ابر ماهواره EUMETSAT در بازه زمانی ۲۰۲۲-۱۹۸۲ و با استفاده از آماره گیس ارد تغییرات فضایی ابرناکی در چهار دهه اخیر مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل روند ماهانه نشان داد که به استثنای ماه جولای که دارای روند افزایشی بود بقیه ماهها دارای روند نزولی معنی دار بودند. ماههای جون، آگوست و سپتامبر نیز فاقد روند معنی دار بودند. نتایج تحلیل فضایی نیز نشان داد در هر چهار دهه مورد بررسی میزان ابرناکی در این منطقه کاهش پیدا کرده است و الگوی تغییرات از دهه اول به طرف دهه های اخیر تغییر نیز پیدا نموده است.

**استناد:** میرموسوی، سیدحسین (۱۴۰۳). ارزیابی و تحلیل روند تغییرات ابرناکی در منطقه شمالغرب ایران طی چهار دهه ی اخیر. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۵)، ۶۵-۸۵.

© نویسنده گان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: [cccd.znu.ac.ir](http://cccd.znu.ac.ir)



## مقدمه

تعداد تابشی خود تقویت یا تضعیف کنند (استفنس و همکاران، ۲۰۱۲ و ترنبرس و همکاران ۲۰۰۹). با عنایت به اهمیت موضوع در سالهای اخیر پژوهش های محدودی در سطح ایران در زمینه ابرناکی و تغییرات آن انجام شده است که از آن جمله می توان به رسولی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره نمود که تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر را در ایران بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که روند کاهشی معنی داری در مقدار پوشش ابر در اغلب ایستگاه های نیمه شمالی کشور وجود دارد. واکاوی روند تغییرات و الگوی فضایی سالانه و فصلی ابرناکی در ایران توسط احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نیز حاکی از آن است که روند روزهای ابری در کشور کاهشی است. قاسمی فر و همکاران (۱۳۹۷) نیز تغییرات فضایی- زمانی ابرناکی بر پایه ویژگی های جغرافیایی و داده های سنجش از دور در ایران را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با حرکت به سمت عرض های جغرافیایی پایین از مقدار ابرناکی در همه فصول به جز تابستان کاسته شده است. حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) نیز در پژوهشی با

تغییرات طولانی مدت در پوشش ابر برای اقلیم و همچنین کل اکوسیستم اهمیت زیادی دارد. هم چنین تغییرات ابرناکی یکی از چالش برانگیزترین جنبه های پیش بینی تغییرات اقلیمی است (لیو و همکاران، ۲۰۱۶). کمی سازی تغییرات بلندمدت در توزیع و ویژگی های ابر برای ارزیابی مناسب اقلیم آینده بسیار ضروری است (مالوبو و همکاران، ۱۰۱۹). وجود ابرها تاثیرات زیادی بر تعادل تابش سطحی دارند. ابرها ضمن اینکه با جذب و انتشار مجدد تابش امواج بلند از سطح زمین موجب گرم شدن سطح زمین می شوند در عین حال با انعکاس تابش موج کوتاه ورودی از فضا، اثر خنک کنندگی نیز دارند (کری و همکاران، ۱۹۹۶؛ چوی و همکاران، ۲۰۱۴). ابرها هم چنین با تأثیر بر چرخه هیدرولوژیکی و تعادل تابشی نقش مهمی در سیستم آب و هوایی ایفا می کنند (مول منستاد و همکاران، ۲۰۱۵ و استابن راج و همکاران، ۲۰۱۳). تغییرات ابرها در ابعاد افقی و عمودی این پتانسیل را دارند که سیستم جو- زمین و چرخه هیدرولوژیکی جهانی را از طریق اثرات

عنوان واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران با بهره گیری از داده های سنجنش از دور به این نتیجه رسیدند که در مقیاس سالانه تغییرات روند پوشش ابر در کشور به میزان ۰/۰۲ درصد در سال رو به افزایش است. برآورد ابرناکی در جو ایران با استفاده از فرآورده های ابر پرتوسنج طیفی تصویربرداری چند زاویه ای توسط رییس پور و رزمی (۱۳۹۹) انجام گرفت و نشان داد که به دلیل گرمایش جهانی اقلیم ابرناکی در ایران دارای روند کاهشی در طول سری زمانی مورد مطالعه شان است. هاشم زاده و همکاران (۱۴۱) نیز در پژوهش خود در زمینه ارزیابی روند تغییرات دما و کسر آب در ایران به این نتیجه رسیدند که میزان کسر آب ابرها در ایران به استثنای ماههای می و سپتامبر در اکثر ماههای سال صعودی است. مطالعات متعددی در زمینه ابرناکی و روند تغییرات آن در جهان انجام گرفته است که در اینجا به بخشی از این مطالعات اشاره می شود: ایستمن و وارن (۲۰۱۳) در مطالعه ای از تغییرات پوشش ابر مشاهده شده از ایستگاه های زمینی در سراسر جهان (۲۰۰۹-۱۹۷۱) دریافتند که روند

میانگین جهانی در پوشش ابر حاکی از کاهشی در حدود ۰/۴ درصد در هر دهه است. نتایج مشاهدات شفر و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که هر چند نمی توان دلایل کافی برای تاثیر گرمایش جهانی در کاهش میزان ابرناکی در دنیا پیدا کرد ولی روند مشاهدات دراز مدت نشان دهنده کاهش معنی دار در ابرناکی در مناطق مختلف جهان است. نوریس و همکاران (۲۰۱۶) نیز نسبت به بررسی اثرات تغییرات اقلیم بر ابرناکی در جهان اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند که الگوهای ابرناکی در سالهای اخیر در عرض جغرافیایی میانی تغییر پیدا کرده است. از نظر آنها محرک های اصلی این تغییرات، افزایش غلظت گازهای گلخانه ای در طی قرن اخیر می باشد. نرنرا و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات ساختار عمودی ابرها را در دوره بارش های موسمی در ایستگاه گادانگی هند را بررسی نمودند. نتایج مطالعات آنها نشان داد ضخامت و ارتفاع ابرها در طی سالهای اخیر در اثر همرفت عمیق در این ایستگاه بیشتر شده است. زائو و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات ارتفاع ابرها را در شرق آسیا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند

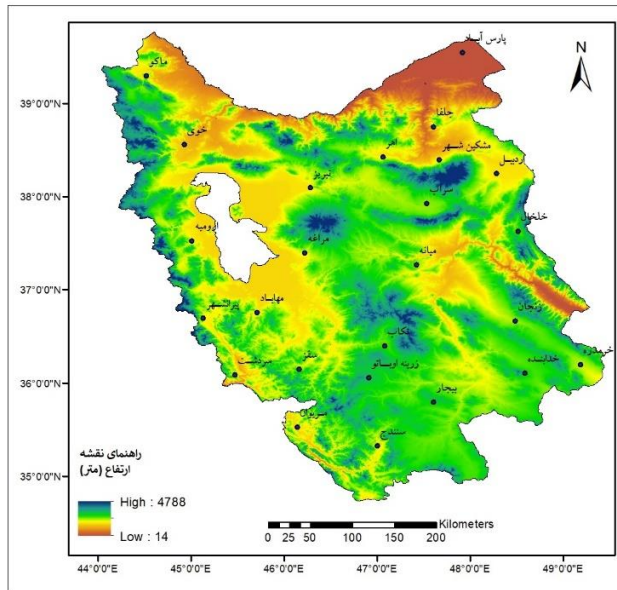
توان به بائو و همکاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۸)، لیو و لی (۲۰۱۸)، زائو و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمود. با عنایت به موارد مذکور در فوق و بدلیل محدود بودن مطالعات داخلی در زمینه روند تغییرات اناکی در مناطق مختلف کشور در این مطالعه سعی بر آن شده است تا با بهره گیری از داده های بلند مدت و بروز ایستگاههای هواشناسی منطقه شمال غرب ایران و هم چنین آخرین داده های ماهواره ای EUMETSAT نسبت به تحلیل فضایی و زمانی تغییرات ابرناکی در این منطقه اقدام گردد.

## ۱. داده‌ها و روش‌ها

### ۱-۱. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش منطقه شمال غرب ایران شامل استانهای آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، کردستان و زنجان می باشد (شکل ۱).

که تحت تاثیر روند افزایشی بلند مدت دما، ارتفاع پایه ابرها در شرق آسیا به میزان ۰/۰۲ کیلومتر در سال افزایش پیدا نموده است. شن و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست روند تغییرات پوشش ابر را در ژنگژو چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که در هشت سال گذشته، پوشش ابر در تابستان و زمستان در ژنگژو روند کاهشی را نشان می دهد. ماتسکو و همکاران (۲۰۲۲) روند تغییرات بلند مدت ابرناکی را در لهستان بر اساس داده های ۵۰ ساله بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که روند کاهشی معنی داری در میزان ابرهای سطح پایین برای کل ماههای سال، و همچنین برای تابستان (ژوئن-اوت) و برای بهار (مارس-مه) وجود دارد. هائو لو و همکاران (۲۰۲۳) روند تغییرات در ساختار عمودی ابر سه دهه اخیر را در لیندنبرگ، آلمان مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ابرناکی در این منطقه به میزان ۰/۰۵ درصد در سال دارای روند کاهشی معنی داری بوده است. از این قبیل مطالعات می



شکل ۱: نقشه ارتفاعی و رقمی موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه در منطقه شمال غرب ایران

در این مطالعه ابتدا داده های ماهواره ای بصورت یک نقشه میانگین ۴۰ ساله (۱۹۸۲-۲۰۲۲) تبدیل گردید و سپس میانگین داده های چهار دوره ده ساله شامل دهه اول ۱۹۹۲-۱۹۸۲، دهه دوم ۱۹۹۲-۲۰۰۲، دهه سوم ۲۰۰۲-۲۰۱۲ و دهه چهارم ۲۰۱۲-۲۰۲۲ تهیه گردید و سپس به منظور ارزیابی تغییرات هر کدام از دهه ها نسبت به دوره ۴۰ ساله نقشه های تفاضلی هر دهه استخراج و مقادیر تغییرات مثبت (افزایشی) و تغییرات منفی (کاهشی) در کل پهنه مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد به منظور بررسی وضعیت تغییرات ابرناکی در ایستگاههای منطقه مورد

## ۲-۱-۱ داده ها

در این مطالعه داده های سالانه و ماهانه مربوط به پوشش ابر تعداد ۲۶ ایستگاه هواشناسی منطقه شمال غرب ایران در طی دوره ای آماری ۱۹۸۲-۲۰۲۲ از سازمان هواشناسی اخذ و استفاده گردید (شکل ۱). هم چنین از داده های سالانه پوشش ابر ماهواره EUMETSAT در بازه زمانی ۱۹۸۲-۲۰۲۲ استفاده شده است. این داده ها از مرکز اروپایی پیش بینی های میان مدت جوی (ECMWF) قابل دانلود است.

## ۳-۱-۱ روش ها

مطالعه از داده های ۲۶ ایستگاه بصورت سالانه ماهانه میانگین پهنه ای گرفته شد و به منظور تجزیه و تحلیل روندهای بلندمدت ابرناکی، از آزمون های آماری من کندال و شیب سن استفاده شده است. آزمون من-کندال یک تکنیک مهم تحلیل روند آماری است. این روش به روش های ناپارامتریک تعلق دارد که فقط مستلزم آن است که داده های مورد تجزیه و تحلیل مستقل باشند (کمال و همکاران، ۲۰۱۸). آماره S اعمال شده در آزمون من-کندال بر اساس رابطه زیر برآورد شده است:

(۱)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(a_j - a_k)$$

در رابطه ۱ n نشان دهنده تعداد کل داده ها در سری های زمانی، j و k نشان دهنده شاخص زمان است و مقادیر sgn نیز از رابطه زیر محاسبه می شود:

(۲)

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

در رابطه ۲ زمانی که  $n \geq 10$  واریانس  $\sigma^2$  به صورت زیر محاسبه می شود:

(۳)

$$\sigma^2 = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5)]/18$$

در رابطه ۳ m شامل داده هایی با مقدار یکسانی می باشد که به صورت خوشه ای طبقه بندی می شوند و [j تعداد کل خوشه ها است و آماره ZS نرمال است و به صورت زیر محاسبه می شود:

(۴)

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma}, & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

در رابطه ۴ ZS با مقدار منفی نشان دهنده روند کاهشی است در حالی که ZS با مقدار مثبت نشان دهنده روند صعودی است.

آزمون آماری شیب سن به طور گسترده ای برای تجزیه و تحلیل سری های زمانی در داده های اقلیمی استفاده می شود. این روش تخمینی را برای شیب روند مجموعه داده های سری زمانی محاسبه می کند. شیب سن بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود:

(۵)

$$Q_i = 1, \dots, N \frac{a_j - a_k}{j - k}$$

در رابطه  $n \hat{6}$  تعداد شیب هائی است که برای هر داده محاسبه می شود. در مرحله بعد جهت تحلیل تغییرات ابرناکی در ماههای مختلف از شاخص آماره فضایی  $Gi^*$  Getis-Ord استفاده شده است. اساس این مدل بر مبنای آن است که ویژگی های دارای مقادیر بالا یا پایین به صورت مکانی خوشه بندی می شوند. این ابزار با نگاه کردن به هر ویژگی در بافت ویژگی های همسایه عمل می کند. یک ویژگی با ارزش بالا مهم است اما ممکن است از نظر آماری نقطه داغ محسوب نشود (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). برای اینکه یک نقطه معنی دار از نظر آماری باشد، بایستی یک پیکسل دارای مقادیر بالا با پیکسل های مجاور با مقادیر بالا نیز احاطه شود. آماره  $Gi^*$  نیز احاطه شود. آماره  $Gi^*$  از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Gi^* = \frac{\sum_{i=1}^n w_{i,j} x_j - X \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}}$$

در رابطه شماره  $\gamma$   $w_{ij}$  ماتریس وزنی متقارن ۱ یا ۰ با 1s برای همه ویژگی ها در فاصله  $d$  است،  $x_j$  مقدار مشخصه مرتبط با ویژگی  $j$  و  $s$  است.  $\bar{X}$  و  $S$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر

در این معادله  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب داده های مشاهداتی در زمان های  $j$  و  $k$  است و  $j > k$  است. نتیجه محاسبه این معادله برای هر جفت از داده ها یک تخمین شیب است که با قرار دادن همه این شیب ها در یک سری زمانی می توان شیب کلی را برآورد نمود. با استفاده از این روش ناپارامتریک بر اساس توزیع نرمال، یک آزمون دو طرفه در فاصله اطمینان  $100(1-\alpha)\%$  اعمال می شود (کوکیک و تارجویک، ۲۰۱۳). فاصله اطمینان را می توان به صورت زیر محاسبه کرد (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱):

(۶)

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{VAR(S)}$$

در رابطه ۶  $Z$  آماره توزیع نرمال استاندارد در یک آزمون دو طرفه است.

در مرحله آخر برای محاسبه مقادیر حد بالا و پایین در ضرایب اطمینان مورد نظر (۹۵ یا ۹۹ درصد اطمینان) از رابطه زیر استفاده شده است (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱):

(۶)

$$M_1 = \frac{\hat{n} + C_{\alpha}}{2}$$

$$M_2 = \frac{\hat{n} + C_{\alpha}}{2}$$

ساله نشان می دهد که بیشترین میزان ابرناکی به مقدار ۰/۳۸ در مناطق شمالی و شمال شرقی این منطقه قرار دارد. کمترین ضریب ابرناکی نیز به میزان ۰/۲۷ در ایستگاههای واقع در بخش های غربی و جنوبی این منطقه قرار دارد. بطور کلی میزان ابرناکی در منطقه شمالغرب ایران از شمال به جنوب و از شرق به سمت غرب کاهش می یابد (شکل ۲).

صفت هستند. مقادیر  $\bar{X}$  و  $S$  در رابطه ۷ بصورت زیر محاسبه می شود:

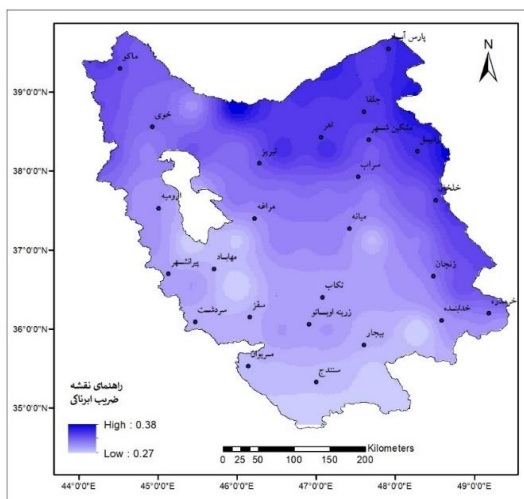
(۸)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (9)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

## ۲. یافته ها و نتایج

ارزیابی ضریب ابرناکی در منطقه شمالغرب ایران بر اساس میانگین ۴۰



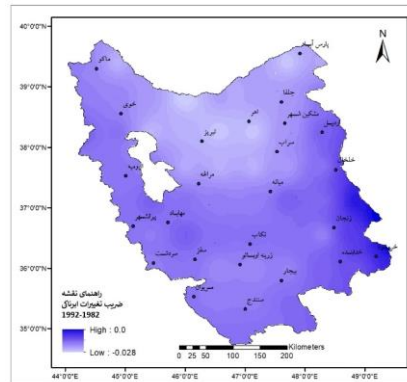
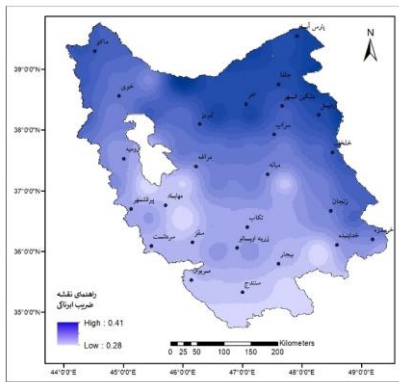
شکل ۲: نقشه ضریب ابرناکی میانگین سالانه دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۲۲

برای هر کدام از دوره ها ترسیم گردید. بررسی نقشه ضریب ابرناکی در دهه اول (۱۹۸۲-۱۹۹۲) نشان می دهد که ضریب ابرناکی بین ۰/۴۱ تا ۰/۲۸ در این دوره قرار دارد و ایستگاههایی نظیر تبریز، اهر، جلفا، اردبیل و ... که در

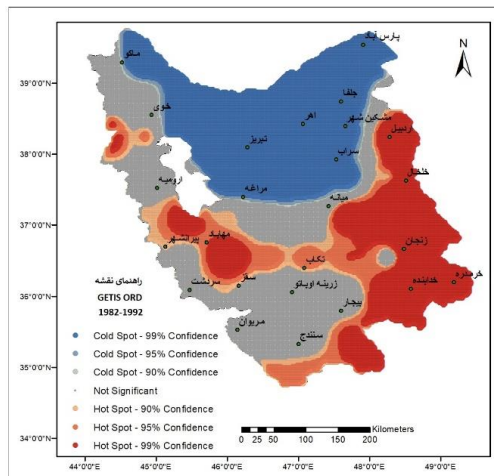
به منظور ارزیابی تغییرات زمانی و فضایی ابرناکی در این منطقه داده های ۴۰ سال دوره مورد مطالعه به چهار دوره ده سال تقسیم گردید و تفاضل هر کدام از این دهه با دوره پایه (۱۹۸۲-۲۰۲۲) محاسبه گردید و نقشه هایی تفاضلی

بخشهای شمالی و شرقی این منطقه قرار دارند دارای بالاترین مقادیر ابرناکی در این دوره می باشند ( شکل ۳). بررسی تغییرات ضریب ابرناکی در نقشه تفاضلی این دهه نشان دهنده کاهش مقادیر ضریب ابرناکی در این دهه است میزان

این کاهش حداکثر ۲/۸ درصد در طول این دهه می باشد. بیشترین کاهش در بخشهای مرکزی (ایستگاههای تبریز، اهر و مراغه ...) و کمترین کاهش در ایستگاههای بخش جنوبشرقی نظیر زنجان و خرمدره می باشد ( شکل ۵ و ۴).



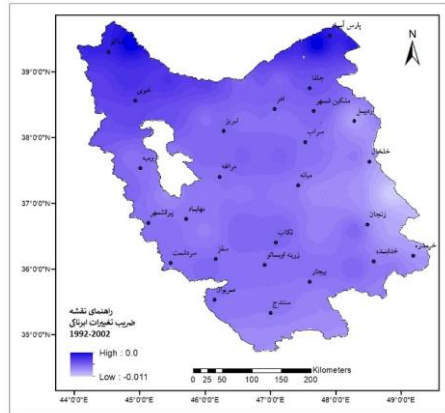
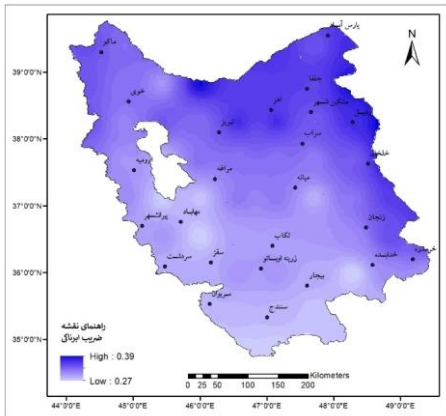
شکل ۴: نقشه تفاضلی دوره اول با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲ شکل ۳: ضریب ابرناکی در دوره ۱۹۸۲-۱۹۹۲



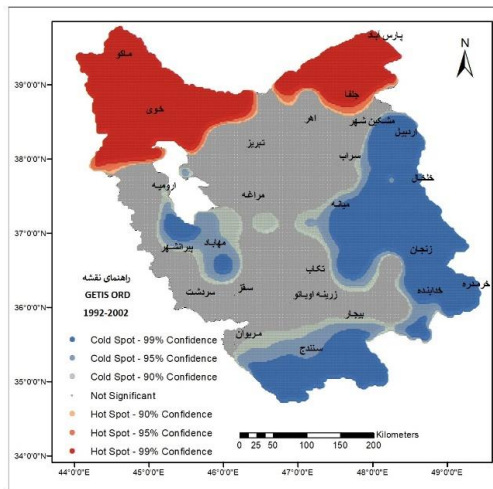
شکل ۵: نقشه آماره گتیس ارد تفاضلی دوره اول با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲

ضریب ابرناکی مشاهده می شود. بیشترین کاهش در ایستگاههای شرقی نظیر اردبیل و جنوب شرقی نظیر زنجان و خرمده مشهود است. بطور کلی ایستگاههای مستقر در نواحی شمالی کاهش کمتری را نسبت به سایر ایستگاهها تجربه کرده اند (شکل ۷ و ۸).

مقادیر ضریب ابرناکی در دهه دوم ( ۱۹۹۲-۲۰۰۲) بین ۰/۳۹ تا ۰/۲۷ می باشد (شکل ۶). در این دهه از مقادیر ابرناکی در کل پهنه شمال غرب نسبت به دوره قبل کاسته شده است به نحوی که در نقشه تفاضلی دوم حداکثر به میزان ۱ درصد در طول این دهه کاهش



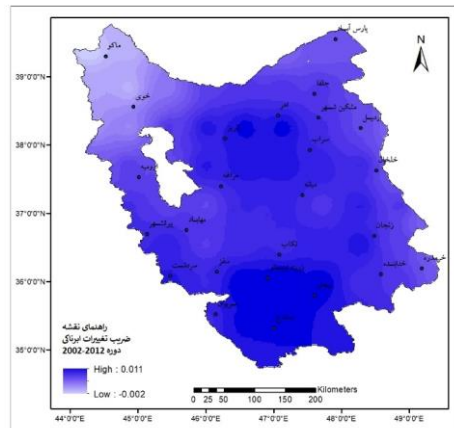
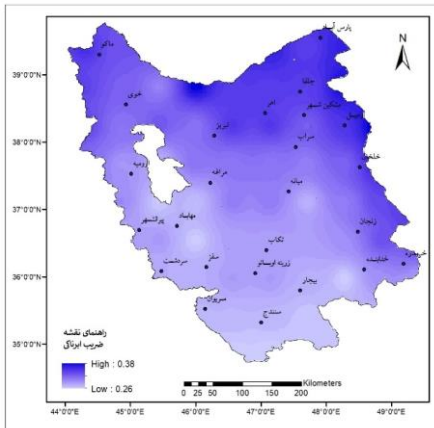
شکل ۷: نقشه تفاضلی دوره دوم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲ شکل ۶: ضریب ابرناکی در دوره ۱۹۹۲-۲۰۰۲



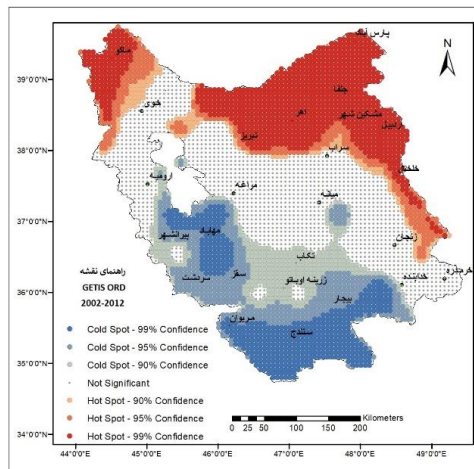
شکل ۸: نقشه آماره گتیس ارد تفاضلی دوره دوم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲

در ایستگاههایی نظیر تبریز و اهر و هم چنین در بخش جنوبی مثل بیجار و سنندج می باشد و در بقیه بخشها میزان کاهش ۰/۰۲ درصد می باشد. بطورکلی بیشترین کاهش در بخش شمالغربی منطقه در ایستگاه ماکو می باشد (شکل ۱۰ و ۱۱).

بررسی نقشه ضریب ابرناکی در دهه سوم (۲۰۰۲-۲۰۱۲) و مقایسه آن با دهه قبل نشان دهنده کاهش مقادیر حداقل و حداکثر (۰/۳۸ تا ۰/۲۶) این ضریب نسبت به دوره قبل می باشد (شکل ۹) بطوری که در نقشه تفاضلی دوره سوم با دوره پایه این تغییر با افزایش ۱ درصدی



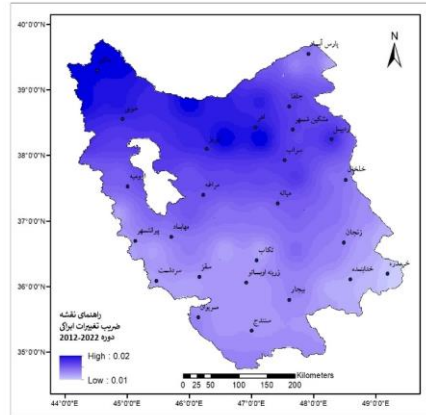
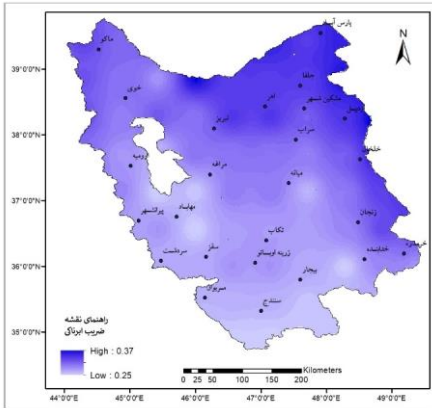
شکل ۱۰: نقشه تفاضلی دوره سوم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲  
 شکل ۹: ضریب ابرناکی در دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۲



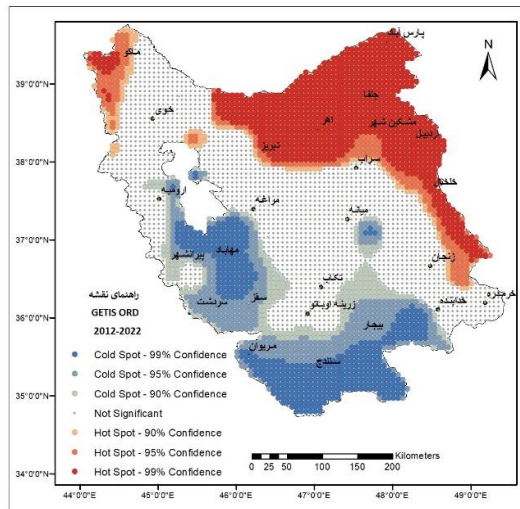
شکل ۱۱: نقشه آماره گتیس ارد تفاضلی دوره سوم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲

در ایستگاههای نیمه جنوبی منطقه و حداکثر ۲ درصد در بخش شمالی و شمالغربی این منطقه و عمدتاً در ایستگاههای اهر، تبریز، خوی و ماکو اتفاق افتاده است (شکل های ۱۳ و ۱۴).

در دوره چهارم (۲۰۱۲-۲۰۲۲) روند تغییرات ابرناکی بر خلاف سه دوره قبل دارای روند افزایشی نسبت به دوره بلندمدت ۴۰ سال تجربه کرده است. این افزایش حداقل ۱ درصد در طول این دهه



شکل ۱۳: نقشه تفاضلی دوره چهارم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲ شکل ۱۲: ضریب ابرناکی در دوره ۲۰۱۲-۲۰۲۲



شکل ۱۴: نقشه آماره گتیس ارد تفاضلی دوره چهارم با دوره ۱۹۸۲-۲۰۲۲

با توجه به اینکه بخش مهمی از تغییرات در پارامترهای اقلیمی ممکن است در طول ماههای مختلف سال اتفاق بیافتد بنابراین لازم است تا روند تغییرات ماهانه ابرناکی نیز مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور ابتدا داده های ابرناکی ۲۶ ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه در منطقه شمالغرب تنظیم و سپس نسبت به محاسبه میانگین ناحیه ای این ایستگاهها اقدام گردید و روند تغییرات میانگین ناحیه ای بر اساس روش من-

کندال و شیب سن برای ماههای مختلف سال محاسبه گردید. نتایج حاصل از این محاسبه نشان داد که به استثنای ماه جولای که دارای روند افزایشی می باشد در تمامی ماهها ابرناکی در منطقه شمال غرب ایران از روند کاهشی برخوردار می باشد. این تغییرات برای ماههای جون، آگوست و سپتامبر معنی دار نبوده ولی برای بقیه ماههای سال با ضریب اطمینان ۹۵ درصد از روند معنی داری برخوردار بوده است (جدول ۱).

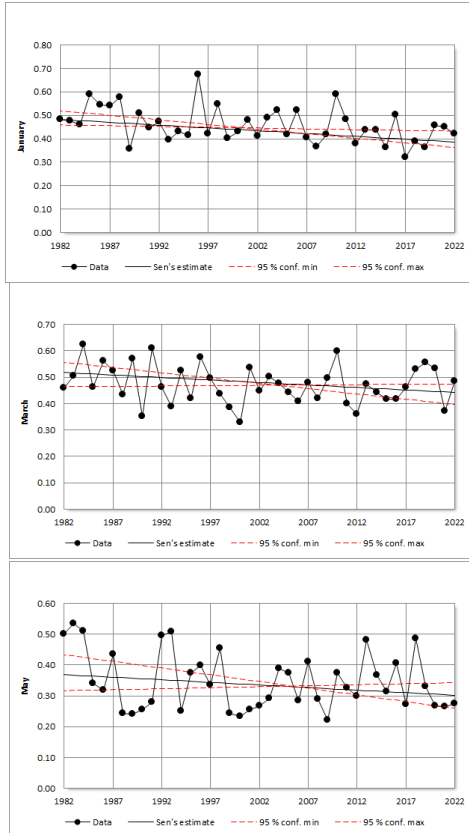
جدول ۱: نتایج محاسبه روند بر اساس شیب سن میانگین ناحیه ای ایستگاههای شمالغرب ایران

ماه	معنی داری	Q	Qmin95	Qmax95
ژانویه	*	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۱
فوریه	*	-۰/۰۳	-۰/۰۴	۰
مارس	*	-۰/۰۲	-۰/۰۴	۰
آوریل	*	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۱
می	*	-۰/۰۲	-۰/۰۴	۰/۰۱
جون	-	۰	-۰/۰۲	۰/۰۱
جولای	*	۰/۰۱	۰	۰/۰۱
آگوست	-	۰	-۰/۰۱	۰/۰۱
سپتامبر	-	۰	-۰/۰۱	۰/۰۱
اکتبر	*	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۲
نوامبر	*	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۰۱
دسامبر	*	-۰/۰۳	-۰/۰۵	-۰/۰۱

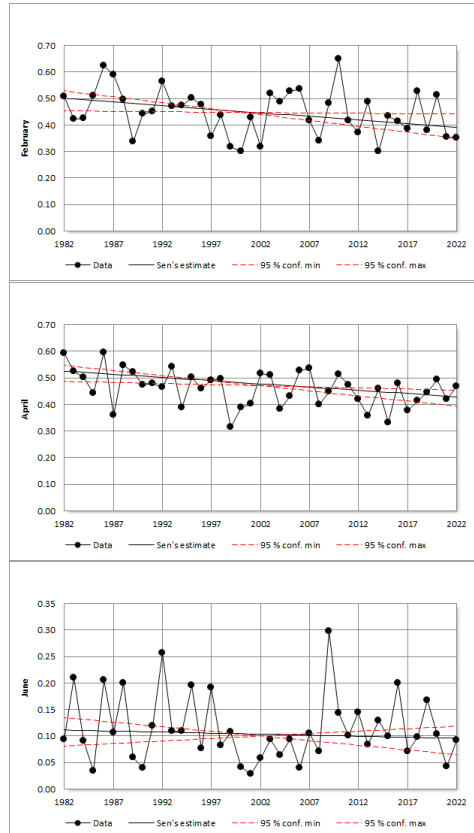
نیمه اول سال ( ژانویه تا می) در طی دوره ۴۰ ساله ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند نزولی معنی داری می باشند

بررسی نمودارهای روند و شیب تغییرات ابرناکی در منطقه شمالغرب در ماههای مختلف سال نشان می دهد در پنج ماه

ماه جون فاقد تغییرات معنی دار می باشد (شکل ۱۵).



میزان شیب این تغییرات در ماه فوریه  $0/03-$  و در بقیه ماهها  $0/02-$  می باشد.



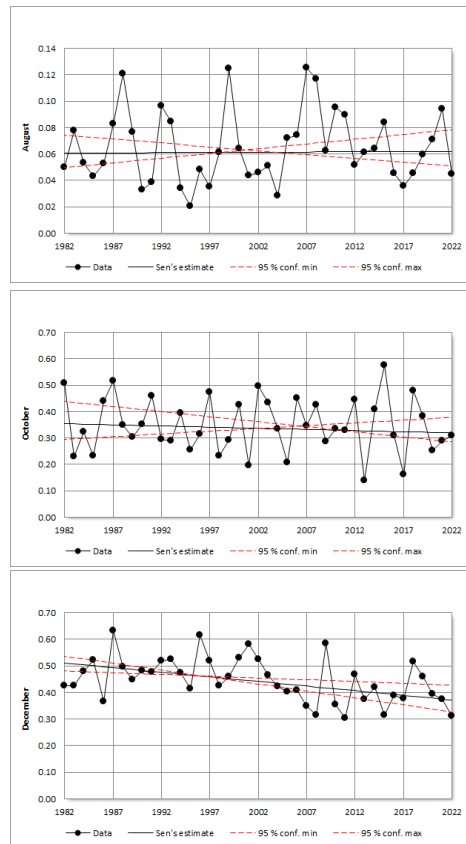
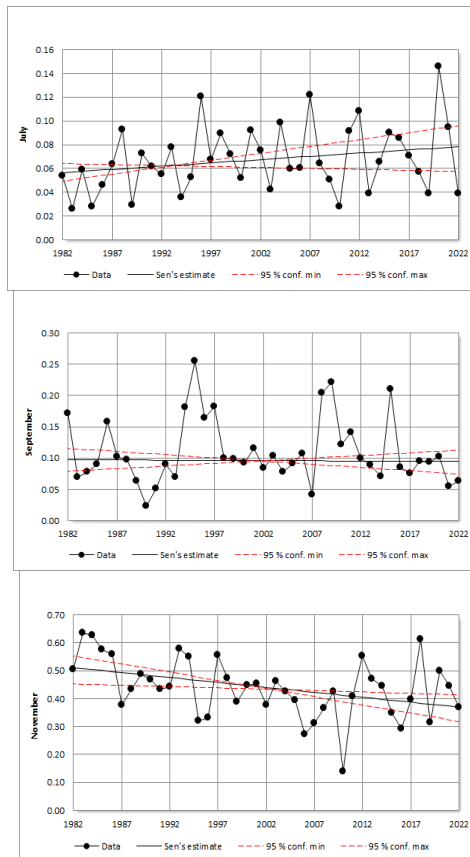
شکل ۱۵: نمودارهای میانگین پهنه ای روند تغییرات ابرناکی در ماههای ژانویه تا جون در ایستگاههای منطقه شمالغرب ایران

نواحی کوهستانی در هنگام تابستان منطقه شمالغرب ایران است و این موضوع می تواند جالب توجه باشد که در اثر افزایش میانگین دما پدیده همرفت نیز در این منطقه افزایش پیدا کرده است (شکل ۱۶). در نیمه دوم سال ماههای اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای روند نزولی معنی دار در میزان ابرناکی می باشند که

در نیمه دوم سال ماههای آگوست و سپتامبر فاقد تغییرات معنی دار بوده و ماه جولای تنها ماهی است که روند تغییرات ابرناکی به مقدار شیب  $0/01$  درصد صعودی می باشد. به نظر می رسد که افزایش ابرناکی در این ماه که مصادف با تابستان است ناشی از بارشهای همرفت دامنه ای باشد که از پدیده های غالب

نوامبر و دسامبر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است چرا که می تواند موجب کاهش میانگین بارش سالانه شود که البته لازم است جنبه های مختلف این موضوع با پژوهش های بیشتر مورد بررسی قرار گیرد .

بررسی شیب روند حاکی از بالا بودن آن مخصوصا در ماههای نوامبر و دسامبر (  $-0.03$  و  $-0.04$  ) نسبت به سایر ماههای سال می باشد (شکل ۱۶) . با توجه به اینکه فصل پاییز مهم ترین فصل بارشی ایران است کاهش ابرناکی در ماههای



شکل ۱۶: نمودارهای میانگین پهنه ای روند تغییرات ابرناکی در ماههای جولای تا دسامبر در ایستگاههای منطقه شمالغرب ایران

انرژی تابشی زمین را از طریق اثرات مختلف فیزیکی، شیمیایی و ترمودینامیکی تنظیم می کنند (ودرلاد و همکاران، ۱۹۸۰) و از سوی دیگر، نقش مهمی در چرخه آب دارند.

## نتیجه گیری

ابرها یکی از مهم ترین و فعال ترین اجزای سیستم اقلیمی هستند که از یک سو، تعادل

ابرها نه تنها تحت تأثیر عوامل اقلیمی مختلف تغییر پیدا می کنند بلکه تغییرات آنها منجر به تغییرات نور خورشید، دما، رطوبت نسبی و غیره می شود (کایسر، ۱۹۹۸) علاوه بر این، تغییرات اقلیمی نیز بر پارامترهای فیزیکی شیمیایی و ویژگی های میکروفیزیکی ابرها تأثیر می گذارد. بدیهی است که حتی تغییرات کوچک در فراوانی و توزیع فضایی ابرها می تواند تأثیر قابل ملاحظه ای بر اقلیم داشته باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۱). بر این اساس مطالعه روند تغییرات ابرناکی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه با بهره گیری از داده های طولانی مدت ایستگاهی و ماهواره ای روند تغییرات زمانی و فضایی ابرناکی در منطقه شمال غرب ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی تغییرات فضایی در چهار دهه اخیر نشان داد که در همه دهه ها ابرناکی از روند کاهشی معنی داری برخوردار است اما آنچه قابل توجه هست تغییر الگوی فضایی تغییرات از دهه اول به دهه های بعدی می باشد. در دهه

اول کم ترین میزان کاهش ابرناکی در نواحی مرکزی و شمالی منطقه شمالغرب می باشد و بیشترین کاهش در بخش های شرقی و جنوبی از ایستگاه اردبیل تا زنجان اتفاق افتاده بود در حالیکه از دهه دوم تا چهارم این الگو تغییر کرده و مناطق شمالی کم ترین کاهش در میزان ابرناکی و مناطق شرقی و جنوبی بیشترین کاهش را تجربه نموده اند. نتایج حاصل از تحلیل روند بر روی میانگین ناحیه ای ۲۶ ایستگاه مورد مطالعه نشان داد که به استثنای سه ماه جون، آگوست و سپتامبر روند معنی داری نداشتند بقیه ماههای سال دارای روند معنی داری بودند که در بین این ماهها ماه جولای دارای روند افزایشی و بقیه ماهها روند کاهشی داشتند. روند افزایشی ابرناکی در ماه جولای به نظر می رسد ناشی از افزایش صعود همرفت دامنه ای به دلیل افزایش میانگین دما در دهه های اخیر باشد که البته نیازمند بررسی های دقیق در این زمینه است تا با قطعیت بیشتری در این مورد اظهار نظر گردد.

### ملاحظات اخلاقی

**حامی مالی:** این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.  
**تعارض منافع:** طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.  
**برگرفته از پایان نامه/رساله:** این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

## منابع

- انتظاری، ع؛ داداشی رودباری، ع و اسدی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی مکانی جزایر گرمایی در خراسان رضوی، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۶: ۱۲۵-۱۴۶.
- احمدی، م؛ احمدی، ح و داداشی رودباری، ع. (۱۳۹۷) واکاوی روند تغییرات و الگوی فضایی ابرناکی سالانه و فصلی در ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵: ۲۵۴-۲۳۷.
- حاتمی، خ؛ بیگلو، ب و موحدی، س. (۱۳۹۷) واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران با بهره گیری از داده های سنجنش از دور، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶: ۱۲۷-۱۴۴.
- رسولی، ع ا؛ جهانبخش، س و قاسمی، ا. ر. (۱۳۹۲) بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۳، شماره پیاپی ۱۱۰: ۸۵-۱۰۲.
- رستم زاده، ه؛ خورشیددوست، ع م و عزیزداده، م. ر. (۱۴۰۱) ارزیابی روند تغییر های دما و کسر آب ابر در ایران با استفاده از داده های سری زمانی محصولات سنجنده SEVIRI، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره یازدهم، شماره ۱۳۶: ۳۱-۱۲۳.
- رئیس پور، ک و رزمی، ر. (۱۳۹۹) برآورد ابرناکی در جو ایران با استفاده از فرآورده های ابر پرتوسنج طیفی تصویربرداری چندزاویه ای، تحقیقات منابع آب، سال شانزدهم، شماره ۳: ۲۵۷-۲۷۱.
- علیجانی، ب؛ محمودی، پ و چوگان، ع. (۱۳۹۱) بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران، نشریه پژوهش های جغرافیایی، سال سوم، شماره ۹: ۲۳-۴۲.
- قاسمی فر، ا؛ فرج زاده، م؛ قویدل رحیمی، ی و علی اکبری بیدختی، ع. (۱۳۹۷) بررسی تغییرات فضایی- زمانی ابرناکی بر پایه ویژگی های جغرافیایی و داده های سنجنش از دور در ایران، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۴، شماره ۱: ۱۲۴-۱۰۳.
- Bao, S. H.; Husi, L. T and Zhao, J. (2018). Spatiotemporal distributions of cloud parameters and the temperature response over the Mongolian plateau during 2006-2015 based on Modis

- using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Glob. Planet. Chang.* 100:172–182.
- Hao L.; Yong H.; Li D.; Danya X.; Tian M and Jiayuan L. (2023). Robust variation trends in cloud vertical structure observed from three-decade radiosonde record at Lindenberg, Germany. *Atmospheric Research*, Vol 281:11235-11247.
  - Kaiser, D. P. (1998). Analysis of total cloud amount over China, 1951–1994. *Geophysical Research Letters*, 25(19):3599–3602.
  - Liu, B and Li, D. L. (2018). Spatio-Temporal variation features of cloud cover in China and its correlation to north boundary belt of subtropical summer monsoon. *Meteorol. Mon.* 44 (3): 382-395.
  - Li, J.; Jian and B. Huang, J. (2018). Long-term variation of cloud droplet number concentrations from space-based lidar. *Rem. Sens. Environ.*, 213: 144-161.
  - Li, Z.; Niu, F.; Fan, J.; Liu, Y.; Rosenfeld, D. and Ding, Y. data. *IEEE J. Selected Topics App. Earth Obs. Remote Sens.* 12 (2): 549-558.
  - Chepfer .H. V.; Noel, D and Winker, M. (2014). Where and when will we observe cloud changes due to climate warming? *Geophys. Res. Lett.* 41: 8387-8395.
  - Curry, J. A.; Rossow, W. B.; Randall, D. and Schramm, J. L. (1996). Overview of Arctic cloud and radiation characteristics. *J. Clim.* 9: 1731\_1764.
  - Choi, Y. S.; Kim, B. M.; Hur, S. K.; Kim, S. J.; Kim, J. H. and co-authors. (2014). Connecting early summer cloud-controlled sunlight and late summer sea ice in the Arctic. *J. Geophys. Res. Atmos.* 119: 11087\_11099.
  - Eastman, R. and Warren, S. G. (2013). A 39-yr survey of cloud changes from land stations worldwide 1971–2009: Long-term trends, relation to aerosols, and expansion of the tropical belt. *J. Climate*, 26: 1286–1303.
  - Gocic, M and Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables

- Narendra Reddy, N.; Venkat Ratnam, M.; Basha, G., and Ravikiran, V. (2018). Cloud vertical structure over a tropical station obtained using long-term high-resolution radiosonde measurements, *Atmos. Chem. Phys*, 18: 11709–11727
- Norris J.R.; Allen, A.T.; Evan, M.D.; Zelinka, C.W and O'Dell, S.A. (2016). Evidence for climate change in the satellite cloud record, *Nature*, 536 (2016):72-75,
- Stubenrauch, C. J.; Rossow, W. B.; Kinne, S., Ackerman, S.; Cesana, G and Chefer, H. (2013). Assessment global cloud datasets from satellites: Project and database initiated by GEWEX radiation panel. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(7): 1031–1049.
- Stephens, G. L.; Li, J.; Wild, M.; Clayson, C. A.; Loeb, N and Kato, S. (2012). An update on Earth's energy balance in light of the latest global observations. *Nature Geoscience*, 5(10): 691–696.
- Shen Ge and Xu Dong Ming. (2021). Analysis on Seasonal Variation of Cloud Cover in (2011). Long-term impacts of aerosols on the vertical development of clouds and precipitation. *Nature Geoscience*, 4(12): 888–894.
- Liu, Y.; Wang, N.; Wang, L.; Guo, Z., and Wu, X. (2016). Variation of cloud amount over China and the relationship with ENSO from 1951 to 2014. *Int. J. Climatol*, 36: 2931–2941.
- Mulmenstadt, J.; Sourdeval, O.; Delanoe, J., and Quaas, J. (2015). Frequency of occurrence of rain from liquid-, mixed-, and ice-phase clouds derived from A-Train satellite retrievals. *Geophysical Research Letters*, 42(15): 6502–6509.
- Mahlobo, D. D.; Ndarana, T.; Grab, S and Engelbrecht, F. (2019). In-tegrated climatology and trends in the subtropical Hadley cell, sunshine duration and cloud cover over South Africa, *Int. J. Climatol*, 39: 1805–1821.
- Matuszko, D.; Bartoszek, K and Soroka, J. (2022). Long-term variability of cloud cover in Poland (1971-2020). *Atmospheric Research*, Vol 268: 1423-1437.

- Zhengzhou. 4th International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition September 2021 .Pages 524–530.
- Trenberth, K. E.; Fasullo, J. T., and Kiehl, J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3):311–324.
  - Wetherald, R. T and Manabe, S. (1980). Cloud Cover and Climate Sensitivity. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 37(7):1485–1510.
  - Zhao, C. F.; Chen, Y. Yand Li, J. M. (2019). Fifteen-year statistical analysis of cloud characteristics over China using Terra and Aqua moderate resolution imaging spectroradiometer observations. *Int. J. Climatol*, 39 (5): 2612-2629.
  - Zhao. M, H.; Zhang, H. B.; Wang, X. X.; Zhou, L.; Zhu, Q and An, Q. (2020) The change of cloud top height over East Asia during 2000–2018. *Adv. Clim. Chang. Res*, 11: 110-117.