



Spatial and Temporal Analysis of Cloud Cover over Ormia Lake drainage basin



Fatemeh Ghavidel¹, Majid Rezaei Banafsheh^{2*}, Gholam Hasan Mohammadi³



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/HYD.2024.59481.1714

Reference to this article: Ghavidel, Fatemeh; Rezaei Banafsheh, Majid; Mohammadi, Gholam Hasan. (2024). Spatial and Temporal Analysis of Cloud Cover over Ormia Lake drainage basin. *Hydrogeomorphology*, 11(39): 19 – 40.

Keywords

Cloudy, Temporal changes and spatial distribution, Pearson correlation, Ormia Lake basin

Receive Date: 2023/12/07

Accept Date: 2024/07/08

Available: 2023/07/24

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the temporal changes and spatial distribution of the total cloud cover of the sky in the Ormia Lake drainage basin. In order to achieve the goals of this research, observational data on total cloud cover of the sky at five selected meteorological stations and the product of total cloud cover of the sky (CFFCM) from MODIS sensors (Tera and Aqua) were used. The observed cloudiness values according to the ICAO standard were classified into five classes: cloudless sky, slightly cloudy, partly cloudy, semi-cloudy, and full cloudy, and the sky cloudiness changes were investigated. Pearson's correlation test was also used in order to investigate the relationship between the total cloud cover of the sky and the elements of precipitation, temperature, evaporation, and sunshine hours. The findings of the research showed that in the study area, the sky is mostly clear (28.7%) and slightly cloudy (23.9%), and only about 30% of the cases are semi-cloudy and full cloudy. In the examination of the frequency of occurrence of each of the cloudy classes, it was found that, in most cases, there was an increasing trend in the clear and slightly cloudy classes and a decreasing trend in the semi-cloudy and full cloudy classes. The study of the correlation coefficients between the total cloud cover of the sky and climatic parameters showed that there is a direct and significant relationship between the cloudiness of the sky and annual precipitation and an inverse relationship with temperature, evaporation, and sunshine hours, which is weaker in the case of annual temperature than the rest of the parameters, and also that the relationships established with observational data are more logical than those established with those established with satellite data. Investigating the spatial distribution of average seasonal cloudiness showed that cloudiness in winter and autumn is different from spring and especially summer. The highest amount of winter (summer) cloudiness is observed in the southern (northern) half of the Ormia Lake drainage basin, and this arrangement is consistent with the seasonal synoptic currents and the distribution of altitudes.

* Corresponding Author: Majid Rezaei Banafsheh
E-mail: mrbanafsheh@tabrizu.ac.ir

1. Ph.D student of Climatology, Tabriz University, Tabriz, Iran
2. Professor, Department of Climatology, Tabriz University, Tabriz, Iran
3. Ph.D in Climatology, Tabriz University, Tabriz, Iran

Introduction

Clouds are one of the important moderators of the Earth's climate and play a large role in the creation of precipitation, temperature changes, hydrological balance, and radiation balance. They also play an important role in climate and weather forecasting, affect climate variability, and change the hydrological cycle. Therefore, creating any temporal and spatial changes in clouds can affect all climatic elements and cause complex climatic changes (Fallahi et al., 2017). The Ormia Lake drainage basin and the lake itself have faced various challenges; among these challenges is the reduction of surface runoff in this basin area and the subsequent decrease in the water level of this lake, which is one of the factors in water level reduction, climate change, and phases. There is a severe drought in this region. With the decrease in the water level of this lake, the salt obtained from it is suspended in the atmosphere and causes damage to the people and crops of this region (Hadadi et al., 2015). Most of the studies carried out in the Ormia Lake drainage basin in the field of revealing the changes of climatic elements and parameters are focused on finding the trends of temperature and precipitation changes, and the changes of total cloud cover have not been studied. This is despite the fact that clouds provide sources of moisture and precipitation. Considering the lack of study of cloud cover changes in the Ormia Lake drainage basin, the importance of the subject and the need to study it double. The aim of the current research is to reveal the temporal and spatial distribution of changes in the total cloud cover of the sky in the Ormia Lake drainage basin.

Methodology

In order to achieve the goals of this research, data on the amount of total cloud cover of the sky on a daily scale and data on precipitation, temperature, evaporation, and sunshine hours on a monthly scale for a statistical period of 70 years (1951–2020) were obtained from the Statistics Center of the Meteorological Organization. After sorting and screening the required data, the parametric histogram chart was used to show the changes over time. For this purpose, the cloud cover of the sky was divided into five classes (0 to 8 Okta), which are as follows :
0 (clear), 1-2 Okta (few), 3-4 Okta (scatter), 5-6-7 Okta (broken), 8 (overcast)

In meteorology, the unit of measurement of cloud cover in each region is Okta. These eight degrees range from 0 octaves (clear) to 8 octaves (total cloud cover) (Sahraian, 2004). For total cloud cover of the sky, the data of the hours of the day (06, 09, 12, 15) were analyzed. Then, based on the classification of clouds, the frequency percentage of each class was determined, and the histogram of the parabola was drawn and analyzed annually. Also, in this research, in order to study the total cloud cover of the sky, the MODIS cloud sensor product (Terra and Aqua satellites) was used. The data and images of the MODIS Aqua sensor for a 20-year period (2003–2022) and the MODIS Terra sensor for a 22-year period (2001–2022) were used from the NASA website to extract the total cloud cover of the sky (CFFCM). Also, after taking the satellite images, the images were averaged annually and seasonally in the GIS environment. The study area was cut and analyzed. Pearson's correlation test was used in order to investigate the relationship between observational data on the total cloud cover of the sky and Aqua and Terra satellite data with the elements of precipitation, temperature, evaporation, and sunshine hours.

Results and Discussion

The percentage of the total cloud cover of the sky on an annual basis showed that in 23.9% of the cases, slightly cloudy conditions occurred, and in 22.9% of the cases, semi-cloudy conditions and partly cloudy conditions occurred in 15.3% of the cases in the Ormia Lake drainage basin.

Changes in the average cloudiness of the sky on an annual basis through the averages taken from satellite images (Aqua and Tera) along with the average taken from meteorological observation data in a unit of one (fraction) indicated that the average cloudiness of the sky in the data observations is significantly higher than the cloudiness estimated from satellite images. The difference between the highest and lowest observed values (dispersion) in satellite images is steeper than the observed values.

Also, the average annual cloudiness changes taken from satellite and observation data indicate the similarity and simultaneous changes in the amount of cloudiness in the study area. So, in the years 2004, 2005, 2013, and 2017, a lower level of cloudiness occurred in the Ormia Lake drainage basin. In the years 2007, 2011, 2014, 2018, and 2020, relatively higher cloudiness was recorded in the Ormia Lake drainage basin.

The study of the correlation coefficients between the total cloud cover of the sky and climatic parameters showed that there is a direct and significant relationship between the cloudiness of the sky and annual precipitation and an inverse relationship with temperature, evaporation, and sunshine hours.

In the spatial distribution of cloudiness in the Ormia Lake drainage basin, the change in cloudiness values and its spatial distribution in different seasons can be recognized in satellite images of seasonal averages. In general, the relative increase of cloud cover from south to north and from east to west can be recognized in the annual average cloud cover, which shows relative compliance with the synoptic patterns and distribution of mountains in the northwest of the country.

Despite the occurrence of some differences in the different studied stations, relatively the same behavior can be observed in different parts of the Ormia Lake drainage basin. There may be slight differences due to differences in the location of the stations in relation to topography, latitude, and differences in the seasonal behavior of clouds. The main reason that a relatively similar behavior is observed in the study area is that the geographical dimensions of the study area are small compared to the dimensions of synoptic systems that cause cloudiness, and therefore, in the case of the passage of precipitation systems (causing cloudiness), it dominates the entire study area.

Conclusions

The purpose of this research was to investigate the temporal and spatial distribution of changes in the total cloud cover of the sky in the Ormia Lake drainage basin and its relationship with precipitation, temperature, evaporation, and sunshine hours. Urmia Lake drainage should be paid for.

In the present study, the total cloud cover of the sky was classified into five classes (clear, slightly cloudy, partly cloudy, semi-ccloudy, and full cloudy) for better analysis, and the temporal and spatial distribution of cloudiness in the Ormia Lake drainage basin was based on the classes determined in a 70-year time span using observational data and satellite data for the first time.

The findings of the research showed that in the study area, the sky is mostly clear (28.7%) and slightly cloudy (23.9%), and only about 30% of the cases are semi- and full-cloudy.

In the examination of the frequency of occurrence of each of the cloudy classes, it was found that, in most cases, there was an increasing trend in the clear and slightly cloudy classes and a decreasing trend in the semi-cloudy and full-cloudy classes.

The study of the correlation coefficients between the total cloud cover of the sky and climatic parameters showed that there is a direct and significant relationship between the cloudiness of the sky and annual precipitation and an inverse relationship with temperature, evaporation, and sunshine hours, which is weaker in the case of annual temperature than the rest of the parameters; and also that the relationships established with observational data are more logical than those established with satellite data.

Investigating the spatial distribution of average seasonal cloudiness showed that cloudiness in winter and autumn is different from spring and especially summer. The highest amount of winter (summer) cloudiness is observed in the southern (northern) half of the Ormia Lake drainage basin, and this arrangement is consistent with the seasonal synoptic currents and the distribution of altitudes.

References

- Fallahi, M., Alijani, B., Hejazizadeh, Z., & Naserzadeh, M.H.(2017). The effect of climate change on the characteristics of cloudiness in Iran. PhD Thesis, Kharazmi University, Faculty of Geography
- Hadadi, H., & Heydari, H. (2015). Detection of the effect of rainfall fluctuations on the surface runoff the Ormia Lake drainage basin. *Geography and environmental planning*, 26(2): 262-248
- Sahraiyani, F., Rahimzadeh, F., & Pedram, M.(2004). trend of annual average cloud cover and annual average maximum temperature in a number of stations in the country. *Newar*, 45, 7–19.

مقاله پژوهشی



تحلیل توزیع زمانی و مکانی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

فاطمه قوبدل^۱، مجید رضایی بنفشه^{۲*}، غلام حسن محمدی^۳

این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کرییتیو کامنز قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: قوبدل، فاطمه؛ رضایی بنفشه، مجید؛ محمدی، غلام حسن (۱۴۰۳). تحلیل توزیع زمانی و مکانی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. هیدروژنومورفولوژی، ۱۱(۳۹): ۴۰ - ۱۹.

DOI:10.22034/HYD.2024.59481.1714



چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات زمانی و توزیع مکانی پوشش کلی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. به منظور رسیدن به اهداف این تحقیق از داده‌های مشاهداتی پوشش کلی ابرناکی در ۵ ایستگاه منتخب هواشناسی و از محصول پوشش کلی ابرناکی (CFFCM) سنجنده مودیس (ترا و آکوا) استفاده شد. مقادیر ابرناکی مشاهداتی منطبق بر استاندارد ایکائو (ICAO) به پنج کلاس آسمان بدون ابر، کمی ابری، قسمتی ابری، نیمه‌ابری و تمام ابری طبقه‌بندی شده و به بررسی تغییرات ابرناکی پرداخته شد. همچنین به منظور بررسی ارتباط بین پوشش کلی ابرناکی با عناصر بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که در منطقه مورد مطالعه اغلب آسمان صاف (۲۸/۷٪) و کمی ابری (۲۳/۹٪) است و تنها در حدود ۳۰ درصد از موارد شرایط نیمه‌ابری و تمام ابری مشاهده می‌گردد. در بررسی روند فراوانی رخداد هر یک از کلاس‌های ابرناکی مشخص شد که در اغلب موارد روند افزایشی در کلاس‌های صاف و کمی ابری و در مقابل روند کاهشی در کلاس‌های نیمه‌ابری و تمام ابری رخ داده است. مطالعه ضرایب همبستگی بین پوشش کلی ابرناکی با پارامترهای اقلیمی نشان داد رابطه مستقیم و معنی‌داری بین ابرناکی با بارش سالانه و رابطه معکوس با دما، تبخیر و ساعات آفتابی وجود دارد که این رابطه در مورد دمای سالانه ضعیف‌تر از بقیه پارامترها بوده و همچنین رابطه‌های ایجاد شده با داده‌های مشاهداتی منطقی‌تر از داده‌های ماهواره‌ای است. بررسی پراکندگی مکانی میانگین ابرناکی فصلی نشان داد ابرناکی در فصل زمستان و پاییز با فصل بهار و مخصوصاً تابستان متفاوت است. بالاترین مقدار ابرناکی زمستانه (تابستانه) در نیمه جنوبی (شمالی) حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشاهده می‌گردد و این چینش با جریان‌های همدیدی فصلی و پراکندگی ارتفاعات انطباق دارد.

کلیدواژه‌ها

ابرناکی، تغییرات زمانی و توزیع مکانی، همبستگی پیرسون، حوضه آبریز دریاچه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴

* نویسنده مسئول: مجید رضایی بنفشه

ایمانامه: mrbanafsheh@tabrizu.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد گروه اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

ابرها نقش مهمی در پیش‌بینی اقلیمی و هوا دارند و تغییرپذیری اقلیمی را تحت تأثیر قرار داده، چرخه آب‌شناختی را تغییر می‌دهند. بنابراین ایجاد هرگونه تغییرات زمانی و مکانی در ابرها می‌تواند بر سراسر عناصر اقلیمی تأثیرگذار بوده و باعث تغییرات اقلیمی پیچیده‌ای گردد. با جدی شدن بحث تغییر اقلیم در دنیا، پارامترها و عناصر آب و هوایی به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته، در این میان ابرها و پارامترهای اقلیمی وابسته به آن‌ها نیز به عنوان ورودی‌های مهم در مدل‌های پیش‌بینی اقلیم مورد توجه قرار گرفتند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷). پس از ورود ماهواره‌ها به عرصه علم، به علت فراهم شدن اطلاعات فراوان در مورد ابرها، مطالعه آن‌ها برای بهبود کارایی مدل‌های اقلیمی مورد توجه قرار گرفت. این توانایی به باز شدن زمینه‌های تحقیقاتی جدیدی در مطالعه ابرها منجر شد و پژوهشگران زیادی تحقیقات خود را بر روی این زمینه متمرکز کردند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۴). ابرها تعیین‌کننده شدت، مقدار و نوع بارش‌ها و میزان ابرناکی و مقدار رطوبت ورودی هستند و درصد احتمال بارش را نشان می‌دهند (لشکری و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۸۳). مطالعه ابرها از این نظر حائز اهمیت هست که ابرها در رأس چرخه هیدرولوژی قرار دارند و هرگونه تغییر در مقدار و پارامترهای آن‌ها، می‌تواند سرآغاز زنجیره‌ای از واکنش‌ها و تغییرات در توزیع زمانی و مکانی دیگر عناصر آب و هوایی گردد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۷).

حوضه آبریز دریاچه ارومیه و خود دریاچه، که یکی از مهمترین و بزرگترین اکوسیستم‌های آبی در شمال غرب ایران است، امروزه با چالش‌های مختلفی مواجه بوده که از جمله این چالش‌ها، کاهش رواناب سطحی در این حوضه آبریز و متعاقب آن کاهش سطح آب این دریاچه است. یکی از عوامل کاهش سطح آب، تغییر اقلیم و فازهای خشکی شدید در این منطقه است. با کاهش سطح آب این دریاچه، نمک حاصل از آن در جو معلق گردیده و موجب آسیب به انسان‌ها و مزارع این منطقه می‌شود (حدادی و حیدری، ۱۳۹۴: ۲۴۹). با توجه به اینکه حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از قطب‌های مهم کشت دیم غلات و محصولات مختلف کشاورزی محسوب می‌شود، بنابراین نوسانات پوشش ابر و ارتباط آن با دیگر پارامترهای اقلیمی از قبیل دما و بارش می‌تواند تأثیر بسزایی در زندگی و معیشت ساکنان حوضه آبریز دریاچه ارومیه داشته باشد، چراکه بارندگی یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی به سیستم‌های هیدرولوژیکی محسوب می‌شود، بنابراین مطالعه و اندازه‌گیری آن اهمیت زیادی دارد.

در زمینه پوشش کلی ابرناکی در ایران و جهان مطالعاتی انجام شده از جمله مطالعات: مطالعه تغییرات سالانه بین ابر و بارش و روابط احتمالی آن‌ها با آئروسول‌های سطحی در شانگهای است که از داده‌های سنجنده مودیس (ترا) برای استخراج عمق نوری آئروسول‌ها و برای استخراج پارامترهای ابر از CERES SYN deg1 و روش همبستگی استفاده کردند. به این نتیجه رسیدند که ابرناکی کاهش یافته و همبستگی منفی بین ابرناکی با ساعات آفتابی و همبستگی مثبت با بارش و رطوبت نسبی وجود دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۳۶۷). تغییرات پوشش ابری جهان را در طول روز و شب با استفاده از داده‌های سنجنش از دور از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ و تصاویر مودیس محاسبه کردند Zhang et al - ۲۰۱۲. نشان دادند که پوشش ابر در مناطق خشکی کاهش یافته، در حالی که پوشش ابر در مناطق اقیانوس افزایش داشته

است (مائو و همکاران، ۲۰۱۹: ۳۰۶). برای بررسی ارتباط بین توپوگرافی و توزیع پوشش کلی ابرناکی در صربستان از سنجنده مودیس و از روش من - کندال برای بررسی روند استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که فراوانی پوشش ابر با توپوگرافی و ارتفاع بالا به خصوص در فصل زمستان ارتباط مستقیم دارد (والجارویچ و همکاران، ۲۰۲۱: ۹۶۴). در بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران روند تغییرات سری زمانی سالانه چندین پارامتر آب و هوایی مانند: دما، رطوبت نسبی، بارش، سرعت باد، برف و گردوخاک، تعداد روزهای دارای آسمان صاف، نیمه‌ابری و ابری را با استفاده از آزمون من - کندال و حداقل مربعات خطا برای چهار ایستگاه بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که روند افزایشی تعداد روزهای دارای آسمان صاف و روند کاهشی تعداد روزهای ابری در کلیه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه مشهد مشاهده می‌شود (بنائیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۸). ارتباط بین پارامترهای مهم ابر و بارش روزانه در ایران را با استفاده از چهار پارامتر مهم ابر (دمای قله ابر، فشار قله ابر، عمق نوری ابر، مقدار ذرات آب و یخ ابر) بررسی کرده و برای این هدف از اطلاعات ایستگاه‌های همدید و سنجنده مودیس استفاده کردند. نتایج حاکی از این بود که دمای قله ابر ۲۰ تا ۳۹ درصد و عمق نوری ابر ۱۹ تا ۳۱ درصد، مقدار ذرات آب و یخ ابر ۲۱ تا ۳۱ درصد، فشار قله ابر ۲۰ تا ۳۷ درصد از تغییرات بارش در پهنه‌ها را تبیین نموده و یا به عبارت دیگر توضیح می‌دهد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳). به شناسایی فصلی و ماهانه ابرناکی در ایران با بهره‌گیری از داده‌های فرآورده ابر سنجنده مودیس ماهواره ترآ پرداختند و نشان دادند که به لحاظ توزیع مکانی پوشش ابر، گستره بیشینه فراوانی تعداد روزهای ابری در فصول بهار، تابستان و پاییز در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر و گستره کمینه روزهای ابری در فصول بهار، پاییز و زمستان در جنوب شرق کشور است (حاتمی بهمن بیگلو و موحدی، ۱۳۹۷: ۲۱۳). به مطالعه تحلیل آب و هواشناسی ماهواره ای ابرناکی در ایران پرداخته و بدین منظور از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس روی دو ماهواره ترآ و آکوا طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۱ و روش من - کندال و همبستگی اسپیرمن استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که داده‌های مودیس در مقایسه با داده‌های زمین مبنا دقت بالایی را به میزان بیش از ۸۰ درصد در ماه‌های سرد سال و بین ۴۰ تا ۸۰ درصد در ماه‌های گرم سال دارند. نتایج تغییرات زمانی نیز حاکی از روند افزایشی معنادار در ماه می و روند کاهشی معنادار در ماه دسامبر بوده است (قاسمی فر و همکاران، ۱۳۹۷: ۵). توزیع زمانی و مکانی روزهای ابری در ایران را مطالعه کردند. برای تعیین الگوی فضایی از روش‌های زمین‌آمار و برای ارزیابی روند تغییرات از روش من - کندال و کمترین مربعات استفاده کرده و نشان دادند که توزیع زمانی و مکانی روزهای ابری در ایران تابع مؤلفه‌های مکانی بوده و عرض جغرافیایی بیشترین تأثیر را دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵۴). استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای بررسی و شناسایی نوع و مقدار ابرها متداول است که تحقیقات زیادی را در این زمینه می‌توان یافت از جمله: (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۶۰۶، ویلی و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۰۲۱، آسکلسن، ۲۰۰۷: ۴۶۵، هانا و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۵۱، اودل و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۷۲۱، کالس و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۳۴۰).

1- MAO et al
2- Valjarević et al
3- Wang et al

4- Wylie et al
5- Askelson
6- Hana et al

7- odel et al
8- Kalesse et al

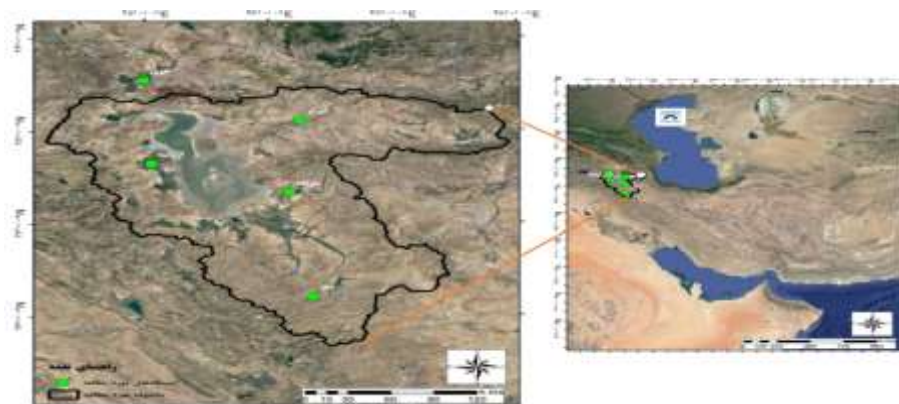
با توجه به پیشینه مطالعات انجام شده، تغییرات پوشش ابر در حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه مورد مطالعه قرار نگرفته و مطالعات انجام شده در حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه بیشتر معطوف به بررسی تغییرات دما و بارش (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۳، صلاحی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۷، یاراحمدی، ۱۳۹۳: ۷۷، عبدالعلی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲: ۴۲) بوده است. این در حالی است که ابرها تأمین‌کننده‌ی بارش هستند. پوشش کلی ابرناکی نیز در سه طبقه (صاف، نیمه‌ابری و ابری) مطالعه شده و بیشتر پارامترهای ابر بررسی شده و برای داده‌های ماهواره‌ای نیز تنها از داده‌های یک ماهواره استفاده شده است مانند مطالعات (قاسمی دستگردی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵، بنائیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۸، حاتمی بهمن بیگلو و موحدی، ۱۳۹۷: ۲۱۳).

در پژوهش حاضر پوشش کلی ابرناکی برای تحلیل بهتر در پنج کلاسه (صاف، کمی ابری، قسمتی ابری، نیمه‌ابری و تمام ابری) طبقه‌بندی شد و آشکارسازی تغییرات زمانی و توزیع مکانی پوشش کلی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس کلاسه‌های تعیین شده در یک بازه زمانی ۷۰ ساله با استفاده از داده‌های مشاهداتی و داده‌های ماهواره‌ای برای اولین بار انجام شد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه:

حوضه آبریز دریاچه ارومیه با وسعت حدود ۵۱۸۷۶ کیلومترمربع بین مختصات جغرافیایی ۴۴ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی در شمال غرب ایران قرار گرفته است (جوان، ۱۳۹۹: ۱۲۲). این حوضه یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی (۴۶٪)، آذربایجان شرقی (۴۳٪) و کردستان (۱۱٪) قرار دارد (باقری وند و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۶). از نظر آب و هوایی جز مناطق نیمه خشک و خشک سرد محسوب می‌شود (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۸). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

Fig 1: Geographical Location Of The Region And Studied Meteorological Stations

داده‌ها و روش پژوهش:

هدف از این پژوهش آشکارسازی توزیع زمانی و مکانی ابرناکی در حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران می‌باشد. در ابتدا لازم است اشاره شود که پوشش کلی ابرناکی در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور براساس دستورالعمل سازمان هواشناسی جهانی (WMO) و توسط کارشناسان آموزش دیده برآورد و گزارش می‌شود. لازم به توضیح است که ابعاد جغرافیایی یا مساحت میدان دید آسمان توسط دیدبان به موقعیت استقرار ایستگاه نسبت به توپوگرافی اطراف بستگی دارد و ممکن است شعاع دایره‌ی دید از ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر متغیر باشد. به منظور رسیدن به اهداف این تحقیق داده‌های مقدار پوشش کلی ابرناکی در مقیاس روزانه (داده‌های سه ساعته معروف به سینوپ) به همراه داده‌های میانگین دمای ماهانه، جمع بارش، تبخیر و ساعات آفتابی در مقیاس ماهانه برای دوره آماری ۷۰ سال (۲۰۲۰ - ۱۹۵۱) از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه‌های منتخب اخذ گردید. طول دوره‌ی آماری بر اساس موجودی ایستگاه‌ها انتخاب شد. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده برای مطالعه حاضر در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

Table 1: Geographical Characteristics Of The Studied Meteorological Stations

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه	شروع داده	پایان داده
ارومیه	۳۷° ۳۲'	۴۵° ۰۵'	۱۳۲۸	۱۹۵۱/۱/۱	۲۰۲۱/۳/۳۱
تبریز	۳۸° ۰۵'	۴۶° ۱۷'	۱۳۶۱	۱۹۵۱/۱/۱	۲۰۲۱/۳/۳۱
خوی	۳۸° ۳۳'	۴۴° ۵۸'	۱۱۰۳/۴	۱۹۵۹/۷/۱	۲۰۲۱/۳/۳۱
سقز	۳۶° ۱۵'	۴۶° ۱۷'	۱۵۲۲/۸	۱۹۶۱/۲/۱	۲۰۲۱/۳/۳۱
مراغه	۳۷° ۲۴'	۴۶° ۱۶'	۱۳۴۴	۱۹۸۳/۶/۱	۲۰۲۱/۳/۳۱

همچنین به منظور استفاده از منبع تولید داده متفاوت دیگر، برای بررسی توزیع ابرناکی از محصول تولید شده برای پوشش ابر از سنجنده مودیس (ماهواره ترآو آکوا)^۱ (CFFCM) استفاده گردید. این محصول که به صورت میانگین ماهانه و سالانه از سایت سازمان ناسا^۲ اخذ گردید عبارت‌اند از: محصول MYD08_M3 v6.1 برای آکوا^۳ و محصول MOD08_M3 v6.1 برای پلتفرم ترآو^۴. همچنین باید اشاره گردد که محصولات سنجنده مودیس آکوا برای دوره‌ی آماری ۲۰ ساله (۲۰۲۲ - ۲۰۰۳) و سنجنده مودیس ترآو برای دوره‌ی ۲۲ ساله (۲۰۲۲ - ۲۰۰۱) مورد استفاده قرار گرفت. CFFCM درصد پوشش ابرهای سطح زمین را نشان می‌دهد و در تعیین میزان نور خورشیدی که به سطح

1- Cloud Fraction From Cloud Mask-
worldview.earthdata.nasa.gov
2- <https://giovanni.gsfc.nasa.gov>

3- Cloud Fraction From Cloud Mask- Aqua
4- Cloud Fraction From Cloud Mask-Terra

زمین می‌رسد و میزان نور خورشیدی که به فضا بازتاب می‌شود، همچنین میزان گرمایی که از سطح و جو به فضا بازمی‌گردد مهم است. این محصول از هر دو ماهواره ترآ و آکوا برای روز و شب در دسترس است.

در این پژوهش بعد از أخذ داده‌ها در مرحله غربالگری به دلیل اینکه تعداد داده‌های مفقود کمتر از یک درصد داده‌ها را شامل می‌شد، داده‌های مفقود حذف شدند و داده‌های ابرناکی برای ساعات روز یعنی ۰۶، ۰۹، ۱۲ و ۱۵ گرینویچ آنالیز شد. به دلیل اینکه بعضی از ایستگاه‌ها ۲۴ ساعته و بعضی ۱۲ ساعته هستند؛ ایستگاه‌های ۱۲ ساعته برای شب آمار ثبت شده ندارند و همچنین به خاطر اینکه کارشناسان همدیدی به صورت بصری مقدار ابرناکی را تخمین می‌زنند، تخمین و مقدار ابرناکی در شب با خطا همراه است. نهایتاً به دلیل اینکه ممکن است تحلیل توأمان داده‌های ۲۴ ساعته و ۱۲ ساعته با خطا همراه باشد، به همین دلیل برای اینکه بخشی از خطا حذف شود از داده‌های روزانه استفاده شد. در هواشناسی یکای اندازه‌گیری میزان پوشش ابر اکتا (Okta) یعنی ۸ است. هر بخش از ۸ قسمت از آسمان، دید دیده بان با یک اکتا (همان یک هشتم) گزارش می‌شود. بنابراین میزان ابرناکی می‌تواند از صفر اکتا (آسمان کاملاً صاف) تا ۸ اکتا (تمام ابری) متفاوت باشد. علاوه بر این در کدبندی ابرناکی در گزارش‌های سینوپ، یک نشانگر دیگر با کد ۹ وجود دارد که نشان‌دهنده وضعیت است که آسمان به دلایلی کاملاً از دید پنهان است که معمولاً به دلایل مه (ابر) یا برف سنگین می‌باشند (صحرائیان و همکاران، ۱۳۸۳: ۱۲). لازم به توضیح است با وجود اینکه تعداد رکوردهای ثبت شده برای کد ۹ بسیار ناچیز است، در مرحله غربالگری داده‌ها این رکوردها نیز حذف شدند.

مطلب مهم دیگر طبقه‌بندی کیفی ابرناکی بر اساس استاندارد «سازمان بین‌المللی هوانورد غیرنظامی»^۱ ICAO است. در این طبقه‌بندی پوشش کلی ابرناکی در پنج کلاس: آسمان صاف، کمی ابری، قسمتی ابری، نیمه‌ابری و تمام ابری از ۰ تا ۸ اکتا (جدول ۲) در محیط Spss تعیین شد (دستورالعمل متار و اسپسی، ۱۳۸۱: ۹۵).

جدول ۲: طبقه‌بندی پوشش کلی ابرناکی

Table 2: Classification Of Total Cloud Cover

طبقات	پوشش ابر بر حسب اکتا	سطوح به فارسی	سطوح به انگلیسی
۱	۰	صاف	Clear
۲	۱ تا ۲	کمی ابری	Few
۳	۳ تا ۴	قسمتی ابری	Scatter
۴	۵ تا ۶ تا ۷	نیمه ابری	Broken
۵	۸	تمام ابری	Overcast

برای نشان دادن تغییرات درگذر زمان به صورت سالانه بر اساس طبقه‌بندی ابرها، درصد فراوانی هر طبقه تعیین، نمودار هیستوگرام سهمی به صورت سالانه ترسیم گردید. همچنین نمودار خطی درصد پوشش کلی ابرناکی ایستگاه‌های مورد مطالعه و نمودار میانگین‌های أخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای (آکوا و ترآ) و داده‌های دیده‌بانی

1- International Civil Aviation Organization

هواشناسی، با هدف بررسی تغییرات زمانی ابرناکی ترسیم و تحلیل شد. برای بررسی ارتباط بین داده‌های مشاهداتی، داده‌های ماهواره آکوا و ترآ با عناصر بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. کارل پیرسون یکی از افرادی بود که نحوه محاسبه همبستگی را به صورت فرمول بیان کرد و این روش زمانی کاربرد دارد که مقیاس اندازه‌گیری داده‌ها فاصله‌ای و یا نسبی باشد. که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود (پیرسون، ۱۸۹۷: ۴۸۹).

(۱)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x^-)(y_i - y^-)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x^-)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y^-)^2}}$$

که در آن y_i : متغیر و y^- : میانگین متغیر و x_i : زمان و x^- : میانگین زمان و n تعداد سری‌های زمانی است. ضریب همبستگی در فاصله $r_{xy} + 1$ تغییر می‌کند. بنابراین علامت ضریب همبستگی جهت و مقدار آن شدت ضریب همبستگی را نشان می‌دهد (پور غلام آمیجی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۱۳، عساکره و اشرفی، ۱۳۹۰: ۱۳، یار احمدی، ۱۳۹۳: ۷۷).

نهایتاً به منظور بررسی توزیع مکانی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه میانگین ماهانه‌ی محصول CFFCM تهیه شده از پلتفرم های ترآ و آکوا از سایت ناسا اخذ شد. ابعاد جغرافیایی اخذ داده‌ها طوری انتخاب شد که کل منطقه مورد مطالعه را پوشش دهد. سپس محصولات مذکور در محیط GIS^۱ به صورت سالانه و فصلی میانگین‌گیری شده و نقشه‌های هرکدام ترسیم گردید.

بحث و یافته‌ها

جدول ۳ درصد پوشش کلی ابرناکی به صورت سالانه را نشان می‌دهد. با نگاهی به وضعیت ابرناکی مشخص است که در منطقه مورد مطالعه غلبه با شرایط آب و هوایی صاف و کمی ابری است و تنها در حدود ۳۰ درصد موارد شرایط نیمه‌ابری و تمام ابری در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. به لحاظ اینکه شرایط ابرناکی صاف و تمام ابری از لحاظ هواشناسی دارای اثرات مؤثرتری هستند، تحلیل آن‌ها دید اقلیمی کاربردی‌تری ایجاد می‌کند. میانگین درصد هوای صاف در منطقه مورد مطالعه ۲۸/۷ درصد می‌باشد که در این میان ایستگاه‌های سقز و مراغه به ترتیب با ۳۸/۲۶ و ۳۷/۰۷ درصد بالاترین درصد فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند. در حالی که در ایستگاه تبریز ۱۵/۷۰ درصد هوای صاف گزارش شده است، اما تنها حدود ۱۹/۳ درصد سینوپ های گزارش شده در حالت تمام ابری بوده است. نکته جالب این است که اختلاف زیادی در درصد فراوانی شرایط تمام ابری در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. پایین‌ترین درصد کلاسه تمام ابری در ایستگاه مراغه حدود ۸ درصد و بالاترین آن مربوط به ایستگاه خوی با ۱۰/۴ درصد محاسبه شده است.

1- Geographic Information System

جدول ۳: درصد پوشش کلی ابرناکی به صورت سالانه (۱۹۵۱-۲۰۲۰)

Table 3: The Percentage Of Total Cloud Cover Annually(1951-2020)

ایستگاه‌ها	صاف	کمی ابری	قسمتی ابری	نیمه‌ابری	تمام ابری
ارومیه	۲۲/۸۶	۲۹/۷۷	۱۴/۶۶	۲۳/۴۴	۹/۲۷
تبریز	۱۵/۷۰	۳۱/۸۴	۱۶/۰۱	۲۷/۴۶	۸/۹۹
سقز	۳۸/۲۶	۱۶/۴۹	۱۵/۳۳	۲۰/۷۱	۹/۲۱
مراغه	۳۷/۰۷	۱۸/۱۰	۱۵/۱۵	۲۱/۷۲	۷/۹۶
خوی	۲۹/۴۳	۲۳/۳۸	۱۵/۵۹	۲۱/۲۰	۱۰/۴۰
میانگین	۲۸/۶۶	۲۳/۹۱	۱۵/۳۴	۲۲/۹۰	۹/۱۶

طبق محاسبات در ۲۳/۹ درصد اوقات شرایط کمی ابری و در ۲۲/۹ درصد اوقات شرایط نیمه‌ابری و شرایط قسمتی ابری در ۱۵/۳ درصد موارد در حوضه آبریز دریاچه ارومیه رخ می‌دهد.

به منظور تحلیل پراکندگی درصد هر یک از کلاسه‌های ابرناکی در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه با بررسی تعدادی از ایستگاه‌ها به این نتیجه رسیدیم که در شمال منطقه مورد مطالعه (ایستگاه خوی) بالاترین فراوانی به کلاسه‌های صاف و کمی ابری اختصاص یافته و شرایط نیمه‌ابری در درجه سوم قرار گرفته است. شرایط ابرناکی تمام ابری با ۱۰/۴ درصد در کمترین فراوانی است. در مناطق مرکزی با در نظر گرفتن آماره‌های ایستگاه‌های ارومیه و تبریز (با وجود ثبت اختلافات جزئی در رفتار ابرناکی) بالاترین درصد فراوانی (در حدود نیمی از موارد)، شرایط صاف و کمی ابری مشاهده می‌شود. این در حالی است که تنها در ۹ درصد موارد شرایط تمام ابری گزارش شده است. در حدود ۲۵ درصد موارد شرایط نیمه‌ابری رخ داده است. در جنوب منطقه مورد مطالعه (ایستگاه سقز)، هم شرایط نسبتاً مشابهی حاکم بوده و در اکثر مواقع یعنی ۳۸/۳ درصد موارد شرایط هوای صاف رخ می‌دهد. این در حالی است که شرایط تمام ابری و نیمه‌ابری به ترتیب در ۹/۲ و ۲۰/۷ درصد موارد اتفاق می‌افتد.

در بررسی هیستوگرام سهمی کلاسه‌های ابرناکی (شکل ۲) در ایستگاه ارومیه درصد رخداد کلاسه‌های صاف و کمی ابری بیشتر از کلاسه‌های ابری و نیمه‌ابری است. به طوری که فراوانی رخداد کلاسه صاف و کمی ابری در حدود ۴۰ تا ۷۰ درصد موارد حاکم بوده و در مقابل کلاسه‌های ابری و نیمه‌ابری کمتر از ۴۰ درصد موارد را به خود اختصاص داده‌اند. در این میان پایین‌ترین سطوح ابرناکی در سال‌های ۱۹۶۳، ۲۰۱۷، ۱۹۹۳، ۱۹۹۷، ۲۰۲۰ بالاتر از شرایط نرمال بوده است.

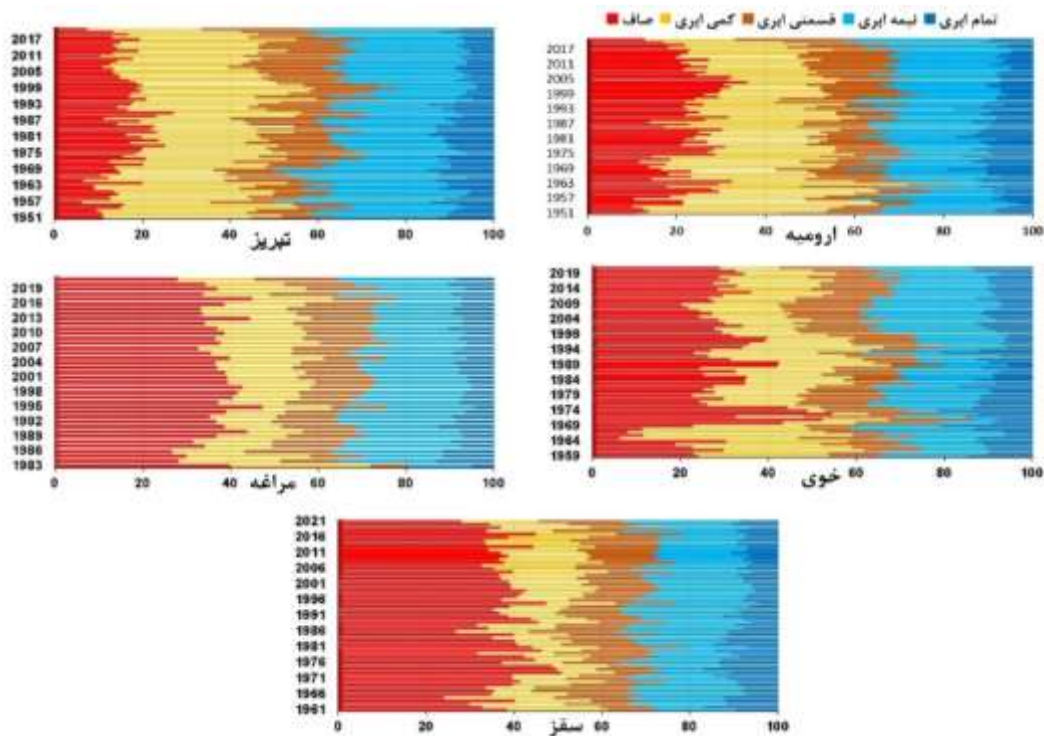
در ایستگاه تبریز مشخص گردید که در اغلب موارد ابرناکی در حالت ابری و نیمه‌ابری به ترتیب با میانگین ۳۱/۷ و ۲۷/۵ درصد می‌باشد. در حالی که آسمان تمام ابری در ۹ درصد موارد گزارش شده است. با بررسی درصد رخداد هر یک از کلاسه‌های ابرناکی مشخص شد که از ۱۹۵۱ تا اواخر دهه ۱۹۶۰ شرایط نسبتاً متعادلی وجود داشته است. اما از اوایل دهه ۱۹۷۰ ابرناکی صاف و کمی ابری به طور مشخص فراوانی بالاتر و در مقابل کلاسه‌های ابری و

نیمه‌ابری درصد رخداد کمتری داشتند. برای تشخیص تغییرات میانگین ابرناکی و به عبارتی تشخیص ابرناکی‌های پایین‌تر با ابرناکی‌های بالاتر، تغییرات درصد کلاسه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد در سال‌های ۱۹۵۷، ۱۹۶۹، ۲۰۲۱ ابرناکی در شرایط بالاتری قرار داشته است. این موضوع از طریق افزایش نسبی کلاسه‌های ابری و نیمه‌ابری و کاهش کلاسه‌های صاف و کمی ابری قابل تشخیص است. با بررسی نمودار مشخص شد در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰، درصد رخداد ابرناکی‌های صاف و کمی ابری بیشتر شده است که در فاصله سال‌های ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۰۰ مشهودتر بوده است.

در ایستگاه خوی به طور کلی در بیشتر مواقع ابرناکی صاف و کمی ابری رخ داده است. به طوری که در اغلب موارد درصد رخداد این دو کلاسه بیشتر از ۵۰ درصد بوده است. در مقابل کلاسه‌های ابرناکی تمام ابری و نیمه‌ابری درصد پایین‌تری را به خود اختصاص داده‌اند و در همه موارد پایین‌تر از ۴۰ درصد بودند. پایین‌ترین مقدار کلاسه‌های ابری و نیمه‌ابری در سال ۱۹۷۱ به ترتیب به مقدار ۷/۶ و ۵/۷ درصد گزارش شده است. در حالی که کلاسه ابرناکی صاف ۵۲/۲ درصد رخ داده است که نشان‌دهنده شرایط ابرناکی پایین در این سال نسبت به کل دوره است. در این میان در سال ۱۹۹۳ شرایط ابرناکی بهتری حاکم بوده و درصد رخداد کلاسه‌های ابرناکی تمام ابری و نیمه‌ابری به ۲۰/۶ و ۱۷/۹ درصد افزایش یافته و در مقابل کلاسه‌های ابرناکی کمی ابری و صاف به ۲۸/۳ و ۲۳ درصد کاهش یافته‌اند. تفاوت بین کلاسه‌های ابرناکی پایین (صاف و کمی ابری) با ابرناکی‌های بیشتر (تمام ابری و نیمه‌ابری) در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰ بیشتر بوده و در بیست سال اخیر اختلاف آن‌ها کاهش پیدا کرده و شرایط نسبتاً متعادل‌تری حاکم شده است.

در ایستگاه مراغه فراوانی ابرناکی تمام ابری و نیمه‌ابری در مقایسه با کلاسه‌های صاف و قسمتی ابری به طور محسوسی کمتر می‌باشد و اغلب کمتر از ۳۵ درصد موارد را شامل می‌شود. در اغلب سال‌ها ابرناکی صاف و قسمتی ابری در بیش از ۵۰ درصد موارد رخ می‌دهد. در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ پایین‌ترین شرایط ابرناکی حاکم بوده است و در سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۱۸ شرایط ابرناکی بالاتری ثبت شده است.

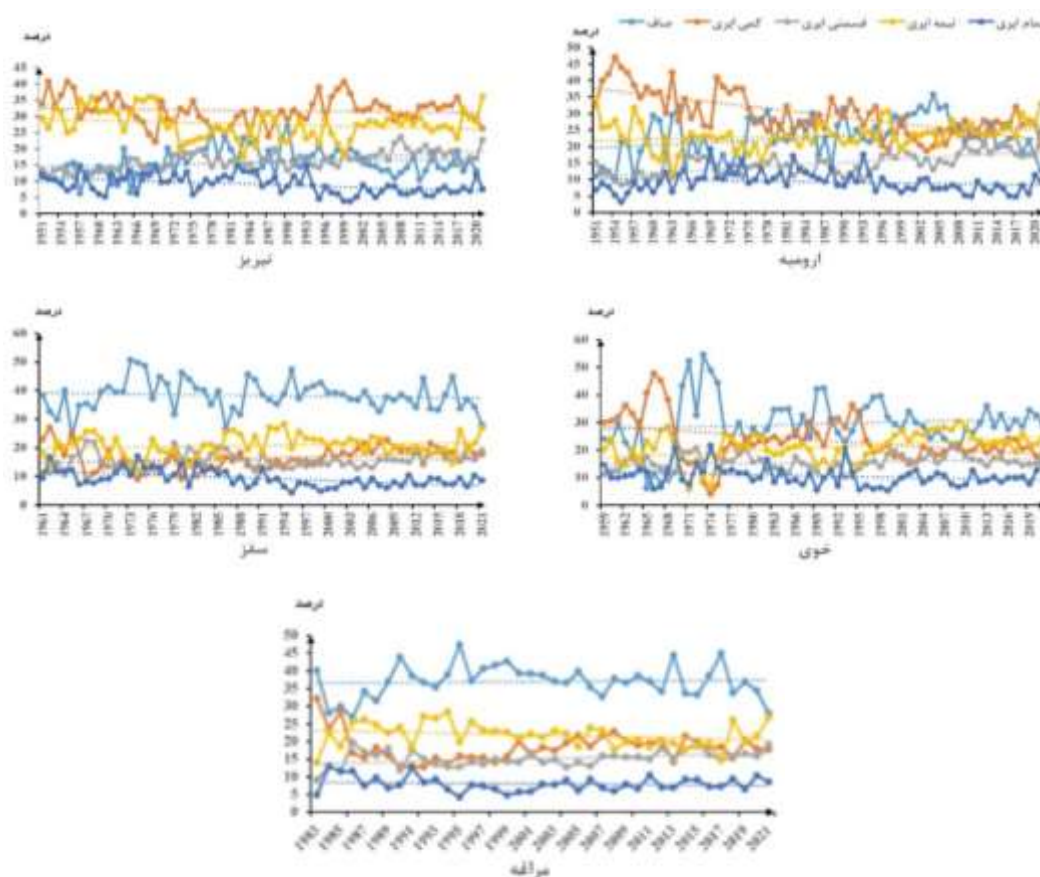
در ایستگاه سقز فراوانی کلاسه ابرناکی صاف به صورت مشهود بالاتر از بقیه کلاسه‌ها می‌باشد و اغلب ۳۰ تا ۵۰ درصد موارد را به خود اختصاص داده است. در مقابل کلاسه ابرناکی تمام ابری پایین‌ترین فراوانی را داشته است. با در نظر گرفتن کل کلاسه‌ها در سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۷۳، ۲۰۱۷ مقدار ابرناکی در پایین‌ترین سطح قرار داشته و در مقابل در سال‌های ۱۹۶۸، ۱۹۸۶، ۲۰۱۸ بالاترین ابرناکی در این ایستگاه رخ داده است.



شکل ۲: نمودار هیستوگرام سهمی درصد پوشش کلی ابرناکی ایستگاه‌های مورد مطالعه به صورت سالانه

Fig 2: The Percentage Histogram Of The Percentage Of Total Cloud Cover Of The Studied Stations On An Annual Basis

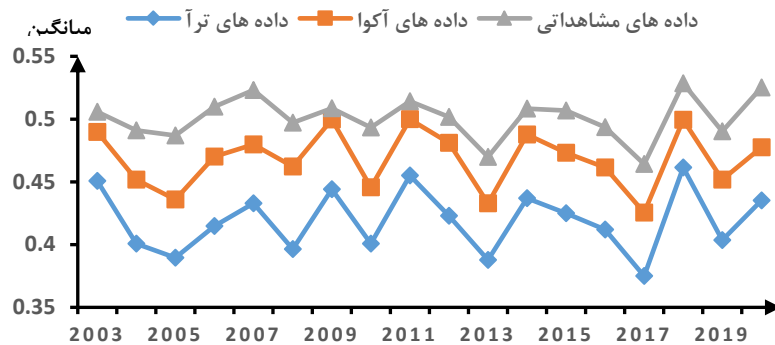
بررسی روند تغییرات درصد رخداد کلاسه‌ها (شکل ۳) در ایستگاه ارومیه حاکی از روند کاهشی محسوس در کلاسه کمی ابری و روند کاهشی ملایم در تمام ابری است. در مقابل فراوانی رخداد کلاسه‌های صاف، قسمتی ابری و نیمه‌ابری روند افزایشی با شیب نسبتاً تند را نشان می‌دهند. در ایستگاه تبریز در کلاسه کمی ابری روند قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود. اما در فراوانی رخداد کلاسه‌های تمام ابری و نیمه‌ابری روند کاهشی قابل تشخیص است. در مقابل در فراوانی رخداد کلاسه‌های صاف و مخصوصاً قسمتی ابری روند افزایشی مشخص وجود دارد. در ایستگاه خوی روند افزایشی در کلاسه‌های صاف، قسمتی ابری و نیمه‌ابری وجود دارد. در مقابل روند کاهشی محسوس در کلاسه کمی ابری مشاهده می‌شود. در کلاسه تمام ابری نیز روند کاهشی با شیب ملایم مشاهده می‌گردد. در ایستگاه سقز در کلاسه صاف روند مشخصی وجود ندارد. در کلاسه تمام ابری روند کاهشی با شیب ملایم مشاهده شد و در مقابل در کلاسه‌های نیمه‌ابری، قسمتی ابری و کمی ابری روند افزایشی قابل تشخیص است. در ایستگاه مراغه نیز تنها در کلاسه‌های قسمتی ابری و کمی ابری روند افزایشی قابل ملاحظه مشاهده شد. بقیه کلاسه‌ها فاقد روند محسوس می‌باشند.



شکل ۳: نمودار خطی درصد پوشش کلی ابرناکی ایستگاه‌های مورد مطالعه به صورت سالانه

Fig 3: Linear Diagram Of The Percentage Of Total Cloud Cover Of The Studied Stations On An Annual Basis

در نمودار شکل ۴ تغییرات میانگین ابرناکی به صورت سالانه از طریق میانگین‌های آخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای (آکوا و ترا) به همراه میانگین آخذ شده از داده‌های دیده‌بانی هواشناسی در واحدی از یک (Fraction) نمایش داده شده است. این نمودار با هدف بررسی تغییرات زمانی ابرناکی ترسیم شد. در نگاه اول تغییرات مشابه و همزمان مقدار ابرناکی در تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مشاهداتی قابل تشخیص است. در بررسی این نمودار در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳، ۲۰۱۷ ابرناکی پایین‌تری در حوضه آبریز دریاچه ارومیه اتفاق افتاده است. در حالی که در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴، ۲۰۱۸، ۲۰۲۰ ابرناکی نسبتاً بالاتری در حوضه آبریز دریاچه ارومیه حاکم بوده است. با این وجود اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین مقدار ابرناکی چندان قابل ملاحظه نیست. اختلاف بین پایین‌ترین (Fraction=0.46) تا بالاترین مقدار (Fraction=0.53) ۹ درصد می‌باشد. همین مقیاس با اختلافات جزئی در داده‌های آخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای نیز مشاهده می‌گردد.



شکل ۴: نمودار میانگین سالانه پوشش کلی ابرناکی بر اساس داده‌های ماهواره آکوا و ترآ و داده‌های مشاهده‌ای حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig 4: The Graph Of The Annual Average Of Total Cloud Cover Based On The Aqua And Terra Satellite Data And The Observational Data Of The Ormia Lake Drainage Basin

جدول ۴ ضریب همبستگی پیرسون بین داده مشاهده‌ای پوشش کلی ابرناکی با بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی را نشان می‌دهد. برای تهیه این جدول از داده‌های میانگین ابرناکی سالانه و پارامترهای اقلیمی در مقیاس سالانه استفاده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت ضریب همبستگی مستقیم بین ابرناکی با بارش سالانه وجود دارد. در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه ضریب همبستگی در سطح معنی‌داری ۹۵ و یا ۹۹ درصد مورد تأیید قرار گرفته است. بالاترین ضریب همبستگی در ایستگاه‌های مراغه و تبریز به ترتیب با ۰/۴۵ و ۰/۴۰ و پایین‌ترین آن در ایستگاه سقز و خوی با ۰/۳۰۲ و ۰/۳۰۶ محاسبه شد. در مطالعه ارتباط بین دما با ابرناکی مشخص گردید رابطه معکوسی در همه ایستگاه‌ها وجود دارد. به استثنای ایستگاه تبریز، در هیچ یک از ایستگاه‌ها این رابطه معنی‌دار تشخیص داده نشده است. میزان ابرناکی با تبخیر سالانه نیز رابطه معکوس ایجاد کرده است که این رابطه در همه ایستگاه‌ها به استثنای ایستگاه خوی معنی‌دار تشخیص داده شده است. بالاترین ضریب همبستگی در ایستگاه‌های ارومیه و مراغه به ترتیب با ۰/۴۷۶ و ۰/۴۳۴ محاسبه شد.

مشخص است که هر قدر ابرناکی بیشتر شود در مقابل ساعات آفتابی کمتر خواهد بود. لذا انتظار می‌رود رابطه بین ابرناکی با ساعات آفتابی رابطه معکوس معنی‌دار باشد. این امر به خوبی در نتایج آماره‌ها قابل تشخیص است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود ارتباط بین ساعات آفتابی سالانه با ابرناکی رابطه معکوس معنی‌دار در سطح اطمینان ۰/۹۹ می‌باشد که در همه ایستگاه‌ها اثبات شده است. در این مورد اختلاف چندانی بین ایستگاه‌ها در ضریب همبستگی وجود نداشته، بالاترین ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه تبریز با ۰/۴۷۶ و پایین‌ترین ایستگاه خوی با ۰/۴۴۱ می‌باشد.

جدول ۴: ضریب همبستگی پیرسون بین داده مشاهداتی پوشش کلی ابرناکی با بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی

Table 4: Pearson's Correlation Coefficient Between The Observed Data Of Total Cloud Cover With Precipitation, Temperature, Evaporation, And Sunshine Hours

ایستگاه‌ها	بارش	دما	تبخیر	ساعات آفتابی
ارومیه	۰/۳۳۶**	-۰/۲۰۹	-۰/۴۷۶**	-۰/۴۴۴**
تبریز	۰/۴۰۱**	-۰/۳۰۲*	-۰/۳۷۶*	-۰/۴۷۶**
خوی	۰/۳۰۶*	-۰/۰۴۵	-۰/۱۲۴	-۰/۴۴۱**
سقز	۰/۳۰۲*	-۰/۱۱۰	-۰/۴۰۵*	-۰/۴۴۷**
مراغه	۰/۴۴۶**	-۰/۲۷۰	-۰/۴۳۴*	-۰/۴۶۶**
*سطح معنی‌داری ۹۵ درصد		**سطح معنی‌داری ۹۹ درصد		

بررسی ضریب همبستگی پارامترهای اقلیمی با میانگین ابرناکی استخراج شده از ماهواره ترآ نتایج نسبتاً متفاوتی در مقایسه با داده‌های مشاهداتی میانگین ابرناکی نشان داد (جدول ۵).

ارتباط بین ابرناکی تنها با پارامتر ساعات آفتابی و ضرایب همبستگی بالای ۰/۶۶ و در سطح معنی‌داری ۰/۹۹ اثبات گردید. ارتباط بین ابرناکی با بقیه پارامترها معنی‌دار تشخیص داده نشده است. تنها در پارامتر بارش و آن‌هم تنها در ایستگاه سقز رابطه معنی‌داری محاسبه شده است. پایین‌ترین ضرایب همبستگی مربوط به پارامتر دما می‌باشد. ارتباط معکوس بین ابرناکی با تبخیر در همه ایستگاه‌ها مشخص می‌باشد. این نتایج با نتایج به دست آمده ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، مبنی بر اینکه بین داده‌های سنجنده مودیس (ترآ) و ابرناکی همبستگی منفی با ساعات آفتابی و همبستگی مثبت با بارش و رطوبت نسبی وجود دارد سنخیت دارد.

جدول ۵: ضریب همبستگی پیرسون بین داده ماهواره ترآ برای پوشش کلی ابرناکی با داده‌های بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی

Table 5: Pearson's Correlation Coefficient Between Tera Satellite Data For Total Cloud Cover With Precipitation, Temperature, Evaporation, And Sunshine Hours Data

ایستگاه‌ها	بارش	دما	تبخیر	ساعات آفتابی
ارومیه	۰/۲۲۶	-۰/۱۰۵	-۰/۳۶۶	-۰/۷۲۶**
تبریز	۰/۲۵۴	-۰/۰۸۷	-۰/۱۰۲	-۰/۶۶۸**
خوی	۰/۲۳۶	-۰/۰۹۴	-۰/۲۸۱	-۰/۶۹۳**
سقز	۰/۶۲۹**	-۰/۰۲۲	-۰/۲۳۸	-۰/۸۱۱**
مراغه	۰/۳۵۶	-۰/۰۲۹	-۰/۱۸۷	-۰/۷۹۵**
*سطح معنی‌داری ۹۵ درصد		**سطح معنی‌داری ۹۹ درصد		

بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی با میانگین ابرناکی استخراج شده از ماهواره آکوا (جدول ۶) نتایج قابل قبولی در مقایسه با داده‌های مشاهداتی و ماهواره ترآ به دست داد. مشابه سنجنده های قبلی بالاترین ضریب همبستگی

معکوس بین ابرناکی با ساعات آفتابی در این مورد نیز اثبات گردید. ضرایب همبستگی محاسبه شده بین ابرناکی با پارامتر بارش در ایستگاه‌های خوی، سقز و مراغه معنی‌دار تشخیص داده شد. با وجود ضرایب همبستگی نسبتاً بالا در ایستگاه‌های ارومیه و تبریز همبستگی بین آن‌ها معنی‌دار نیست. در هیچ یک از ایستگاه‌ها رابطه معنی‌داری بین ابرناکی با دما اثبات نشد. در مورد پارامتر اقلیمی تبخیر اشاره می‌شود که ارتباط آن‌ها تنها در ایستگاه ارومیه به صورت معکوس معنی‌دار با $-0/560$ محاسبه شده است.

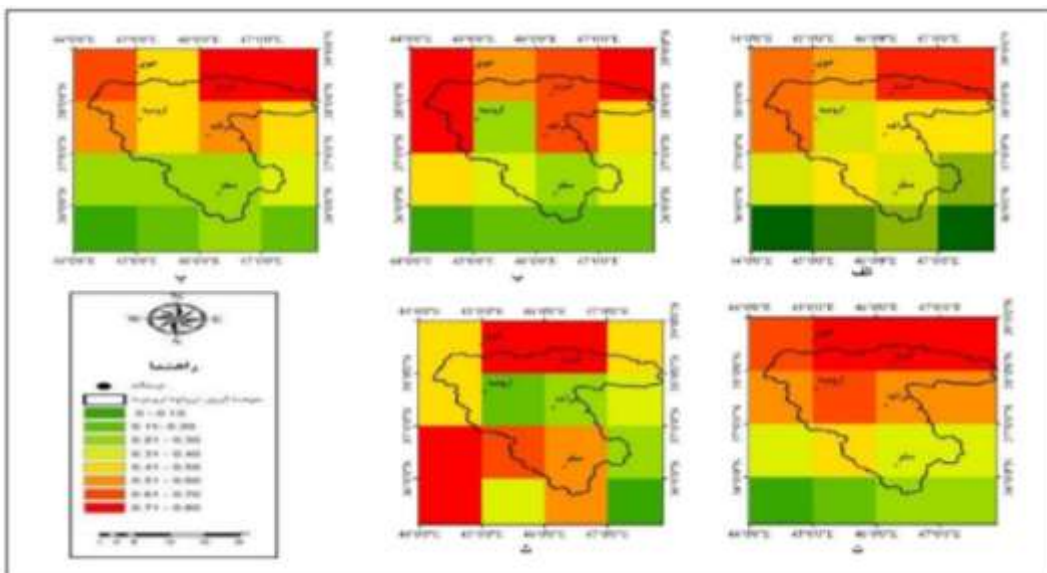
جدول ۶: ضریب همبستگی پیرسون بین داده ماهواره آکوا برای پوشش کلی ابرناکی با داده‌های بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی

Table 6: Pearson's Correlation Coefficient Between The Aqua Satellite Data For Total Cloud Cover With Precipitation, Temperature, Evaporation, And Sunshine Hours Data

ایستگاه‌ها	بارش	دما	تبخیر	ساعات آفتابی
ارومیه	۰/۳۳۱	-۰/۲۵۴	-۰/۵۶۰*	-۰/۶۶۹**
تبریز	۰/۳۴۳	-۰/۲۱۱	-۰/۲۶۹	-۰/۷۱۳**
خوی	۰/۵۱۹*	-۰/۰۵۱	-۰/۴۵۵	-۰/۶۲۹**
سقز	۰/۵۵۵*	-۰/۰۳۹	-۰/۰۳۳	-۰/۹۰۳**
مراغه	۰/۵۷۸*	-۰/۰۷۷	-۰/۲۸۰	-۰/۷۳۹**
*سطح معنی‌داری ۹۵ درصد		**سطح معنی‌داری ۹۹ درصد		

به منظور مطالعه پراکندگی مکانی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه تلاش گردید میانگین سالانه و فصلی محصول پوشش کلی ابرناکی (CFFCM) از سنجنده ماهواره ترا و آکوا محاسبه و با ترسیم نقشه مورد مطالعه قرار گیرد (شکل‌های ۵ و ۶). بررسی میانگین ابرناکی به صورت فصلی نشان داد که الگوی پراکندگی مکانی ابرناکی در فصل زمستان و تا حدودی در پاییز با فصل بهار و مخصوصاً تابستان متفاوت است (شکل ۵).

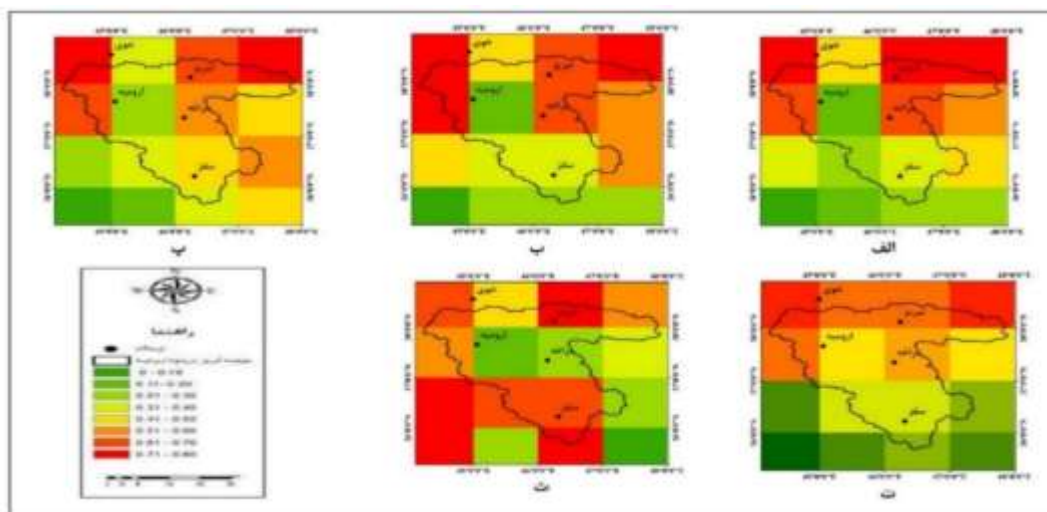
در فصل زمستان متناسب با الگوهای همدیدی در منطقه مورد مطالعه ابرناکی در نیمه جنوبی حوضه آبریز مشهودتر است. به طوری که میانگین پارامتر (CFFCM) در این منطقه بین $0/51$ تا $0/70$ می‌باشد. در فصل پاییز بالاترین مقادیر مربوط به نیمه مناطق مرکزی و شمال حوضه آبریز دریاچه ارومیه برآورد شده است. همان‌طور که انتظار می‌رود با جا به جایی الگوهای همدیدی باران‌زا (پدیدآورنده ابرناکی) به عرض‌های شمالی‌تر در دوره گرم سال بالاترین مقادیر ابرناکی در نیمه شمالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. این مقادیر به طرف عرض‌های بالاتر افزایش نشان می‌دهد. تحت تأثیر عوامل توپوگرافی در نقاط پست به عنوان مثال (ایستگاه خوی و ارومیه) مقادیر ابرناکی نسبتاً کمتری در مقایسه با مناطق همجوار محاسبه شده است.



شکل ۵: تصاویر ماهواره ترا از پوشش کلی ابرناکی به صورت سالانه (الف) و فصل بهار (ب)، تابستان (پ)، پاییز (ت)، زمستان (ث)

Fig 5: Tera Satellite Images Of Total Cloud Cover Annually (A), Spring (B), Summer (C), Autumn (T), And Winter (C)

پراکندگی ابرناکی در مقیاس سالانه و فصلی با اختلاف ناچیز در خروجی های ماهواره آکوا نیز اثبات شد (شکل ۶). بالاترین مقدار ابرناکی در نیمه جنوبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در فصل زمستان مشاهده می گردد. در مقابل بالاترین مقدار ابرناکی در فصول گرم و تأثیر چینش ارتفاعات در ابرناکی به طور نسبی قابل تشخیص است. به دلیل قدرت تفکیک مکانی پایین محصول ماهواره ای مورد استفاده، تأثیر توپوگرافی در ابرناکی دارای وضوح پایینی است.



شکل ۶: تصاویر ماهواره آکوا از پوشش کلی ابرناکی به صورت سالانه (الف)، فصل بهار (ب)، تابستان (پ)، پاییز (ت)، زمستان (ث)

Fig 6: Aqua Satellite Images Of The Overall Cloud Coverage Of Annually (A), Spring (B), Summer (C), Autumn (T), And Winter (C)

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی توزیع زمانی و مکانی تغییرات پوشش کلی ابرناکی در حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با بارش، دما، تبخیر و ساعات آفتابی بوده و سعی بر آن بود تا به تغییرات زمانی و توزیع مکانی ابرناکی در حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه پرداخته شود. یافته‌های تحقیق نشان دادند میانگین ابرناکی در داده‌های مشاهداتی به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از ابرناکی‌های برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. تفاوت بین بالاترین و پایین‌ترین مقادیر ملاحظه شده (پراشیدگی) در تصاویر ماهواره‌ای تندتر از مقادیر مشاهداتی دیده‌بانی شده است. همچنین تغییرات میانگین سالانه ابرناکی أخذ شده از داده‌های ماهواره‌ای و دیده‌بانی حاکی از مشابهت و هم‌زمانی تغییرات مقدار ابرناکی در منطقه مورد مطالعه است. به طوری که در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳، ۲۰۱۷ ابرناکی پایین‌تری در حوضه آبریز دریاچه ارومیه اتفاق افتاده است. در حالی که در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴، ۲۰۱۸، ۲۰۲۰ ابرناکی نسبتاً بالاتری در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ثبت شده است. پراکندگی مکانی ابرناکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داد که تغییر در مقادیر ابرناکی و توزیع مکانی آن در فصول مختلف در تصاویر ماهواره‌ای در میانگین‌های فصلی، قابل تشخیص است. به طور کلی افزایش نسبی ابرناکی از جنوب به شمال و از شرق به غرب در میانگین سالانه ابرناکی مشاهده می‌شود، که این موضوع با الگوهای همدیدی و پراکندگی کوهستان‌ها در شمال غرب کشور انطباق نسبی نشان می‌دهد. با وجود رخداد برخی تفاوت‌ها در ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه، رفتار نسبتاً یکسانی در بخش‌های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. ممکن است تفاوت‌هایی جزئی، ناشی از اختلاف در قرارگیری ایستگاه‌ها نسبت به توپوگرافی، عرض جغرافیایی و اختلافاتی در رفتار فصلی ابرها باشد. دلیل اصلی اینکه رفتار نسبتاً مشابه در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد این است که ابعاد جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با ابعاد سامانه‌های همدیدی که باعث ابرناکی می‌شوند کوچک است و لذا در صورت گذر سامانه‌های بارش زا(ایجادکننده ابرناکی) تقریباً تمام منطقه مورد مطالعه را تحت سیطره خود قرار می‌دهد. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های (حاتمی بهمن بیگلو و موحدی، ۱۳۹۷: ۲۲۹) که به شناسایی فصلی و ماهانه ابرناکی در ایران با بهره‌گیری از داده‌های فرآورده ابر سنجنده مودیس ماهواره ترآ پرداخته و (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۳) که نوسانات ابرناکی بر روی فلات تبت را مطالعه کرده و از روش همبستگی بین ابرناکی با بارش، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی استفاده کردند، مبنی بر همبستگی منفی بین ابرناکی با ساعات آفتابی و همبستگی مثبت با بارش و رطوبت نسبی و همچنین احمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵۲) و قاسمی دستگردی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۱) در مطالعه توزیع زمانی و مکانی روزهای ابری در ایران مبنی بر کاهش پوشش کلی ابرناکی و روزهای تمام ابری همخوانی دارد.

منابع

- AbdolAlizadeh, F., Khorshid Doost, A. M., & Jahanbakhsh, S.(2023). Forecasting and evaluation of the trend of temperature, precipitation and drought in the catchment area of Lake Urmia. *Journal of Hydrogeomorphology*, 10(36): 38-57.
- Ahmadi, M., Ahmadi, H., & Dadashi, A.A.(2017). Analyzing the trend of changes and the spatial pattern of annual & seasonal cloud cover in Iran. *Journal of Natural Environment Hazards*, 7(15): 254–237.
- Asakereh, H., & Ashrafi, S.(1390). modeling the number of annual rainfall days based on relative humidity and annual temperature in Zanjan. *Sepehr Journal*, 20(80): 13–18.
- Askelson, M.(2007). On the use of satellite cloud top pressure data in the estimation of snowfall occurrence and precipitation rates. 23rd Conference on IIPS.
- Bagheri Vand, M., Nader, P., & Asheri, A.(2016). Investigating the relationship between temperature and precipitation in different seasons with the height of the Ormia Lake drainage basin. Master's thesis, Payam Noor University, Urmia Center.
- Banayan, M., Mohammadian, A., & Alizadeh, A.(1389). Investigating the climatic fluctuations in northeastern Iran. *Water and Soil Journal(Agricultural Sciences and Industries)*, 24(1): 118–131.
- Bilgin, Ö.C.(2003). Redit Analysis and Application, Atatürk Univ. Faculty of Agriculture Journal, 34 (2): 135-138.
- Craig, C. D., & Fauikenberp, G. D.(1979). The application of ridit analysis to detect trends in visibility. *Atmospheric Environment*, 13(12): 1617- 1622.
- Donaldson, G.W.(1998). Redit Scores for Analysis and Interpretation of Ordinal Pain Data. *European Journal of Pain*, 2: 221-227.
- Doyle, M ., & Dorling, S.(2002). Visibility trends in the UK 1950–1997. *Atmospheric Environment*, 36(19):3161-3172.
- Fallahi, M., Alijani, B., Hejazizadeh, Z., & Naserzadeh, M.H.(2017). The effect of climate change on the characteristics of cloudiness in Iran. PhD Thesis, Kharazmi University, Faculty of Geography.
- Flesis, J.L., Chilton, N.W., & Wallenstein, S.(1979). Redit Analysis in Dental Clinical Studies. *J Dental Research*, 58 (11): 2080-2084
- Ghasemi Dastgerdi, A.R., Rasouli, A.A., & Jahanbakhsh Asl, S.(2013). modeling temporal and spatial changes of cloud cover with emphasis on rainy days in Iran. PhD Thesis, Tabriz University, Faculty of Literature and Human Sciences.
- Ghasemi Far, A., Farajzadeh Asl, M., Ghavidel Rahimi, Y., & Ali Akbari Bidokhti, A.A.(2017). analyzing the weather and meteorology of the Abernaki satellite in Iran. PhD thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Humanities.
- Hadadi, H., & Heydari, H. (2015). Detection of the effect of rainfall fluctuations on the surface runoff of the Ormia Lake drainage basin. *Geography and environmental planning*, 26(2): 262-248
- Hatami Bahman Biglo, Kh. K., & Movahedi, S.(2017). Seasonal and monthly identification of cloudiness in Iran using the data from the MODIS cloud sensor on the Terra satellite. *Geography and Development*, (50): 213–230.

- Hanna, W., Schultz, D., & Irving, A.(2008). Cloud-Top Temperatures for Precipitating Winter Clouds. *J of Appl. Meteorolo*, 47(1): 351-359.
- Javan, Kh.(2021). Investigating the process of hydrological drought in the Ormia Lake drainage basin. *Journal of Hydrogeomorphology*, 7(25): 119–138.
- Lashkari, H., Zarei, Y., & Moradi, M.(2016). Synoptic-thermodynamic analysis of cloud mechanisms in the Azerbaijan region. *Journal of Geography and Planning*, 21(59): 301-281.
- Rasouli, A. A.(2018). An introduction to satellite meteorology and climatology. Tabriz University, Press, 384 p.
- Rasouli, A. A., Jahanbakhsh Assal, S., & Ghasemi, A. H.(2014). Investigating the relationship between important cloud parameters and daily precipitation in Iran. *Geographical Research Quarterly*, 29(1): 23–42.
- Rezaei Banafsheh, M., Sar afroozeh, F., & Jalali, T. (2011). Investigation of Temperature Trend and Maximum Daily Rainfall in the Ormia Lake drainage basin. *Geography and Planning Journal*, 16 (38) : 43–74.
- Kalesse, H., & Kollias, P.(2013). Climatology of High Cloud Dynamics Using Profiling ARM Doppler Radar Observations. *J. Climate*, 26 (17):6340-6359.
- MAO, K., Zijin, Y., Zhiyuan, Z., Tongren, X., Xinyi, S.H., & Chunyu, Gh.(2019). Changes in Global Cloud Cover Based on Remote Sensing Data from 2003 to 2012. *Geogra*. 29 (2) : 306 -315.
- METAR and SPECI instructions. (1381). Higher Education Center for Meteorology and Atmospheric Sciences, 1- 95.
- O'Del ,Ch. W., Wentz, f.j., & Bennartz, R.(2008). Cloud Liquid Water Path from Satellite-Based Passive Microwave Observations: A New Climatology over the Global Oceans. *Journal Climate*, 21 (8):1721-1739.
- Pearson, K.(1897). Mathematical Contribution to the Theory of Evolution on a Form of Spurious Correlation Which May arise When indices are used in the Measurement of organs. *Proceedings of the royal society of London*, 60(359-367): 489-498.
- Pour Gholam. Amiji, M., Ansari Ghoghghar, M., Iraqinejad, Sh., & Babaian, A.(1400). modeling the relationship between dust storms and extreme and average temperature variables in the western half of the country. *Climatology Research Journal*, 12 (45): 113–126.
- Sahraiyani, F., Rahimzadeh, F., & Pedram, M.(2004). trend of annual average cloud cover and annual average maximum temperature in a number of stations in the country. *Newar*, 45, 7–19.
- Salahi, B., Ghudarzi, M., & Hosseini, S. A.(2016). Forecasting the change of climatic parameters the Ormia Lake drainage basin in the period 2011–2030. *Journal of Watershed Science and Engineering Iran*, 11(37): 47-56.
- Sloane, C.S.(1982). Visibility Trends-I. *Methods of Analysis*. 16(1): 41- 51.

- Valjarević ,A., Morar,C., Živković,J., Niemets ,L., Kićović,D., Golijanin,J., Gocić,M. Martić Bursać,N., Stričević,L., Žiberna, I., Bačević,N., Milevski,I., Durlević,U., Lukić,T.(2021). Long Term Monitoring and Connection between Topography and Cloud Cover Distribution in Serbia. *Atmosphere* 2021, 12(8), 964-964.
- Wang Chung-Chieh, Ch., Chen, G., & Carbone, R. E.(2004). A Climatology of Warm-Season Cloud Patterns over East Asia Based on GMS Infrared Brightness Temperature Observations. *Monthly Weather Review*, 132 (7):1606-1629.
- Wylie, D., Jackson, D., Menzel, W.P., & Bates, J.J.(2005). Trends in global cloud cover in two decades of HIRS observation. *J. climate*, 18(15): 3021-3031.
- Yar Ahmadi, D.(2014). Hydroclimatological analysis of water level fluctuations in Lake Urmia. *Natural Geography Research*, 46(1): 77–92.
- Zhang, D., Chen, X., Junyan, D., Yifan W., Jianfei, D., Shuping, Z., Chunpeng, L., Xiang L., Tiantao, Ch., Tao, J., Zhang, R .(2015). Inter-Annual Variations of Cloud and Precipitation and Their Possible Relationships with Surface Aerosols in Shanghai. *Aerosol and Air Quality Research*, 1367–1379, 1680-8584.
- Zhang, X., Peng, L., Zheng, D., & Tao, J.(2008). Cloudiness variations over the Qinghai-Tibet Plateau during 1971–2004. *Journal of Geographical Sciences*, 18(2): 142-154.