





Analysis of Distribution of Temporal-Spatial Trend of Horizontal Visibility on the Southern Coasts of the Caspian Sea using Ridit Analysis

Behroz Sobhani¹ , Leila Jafarzadeh², Gholamhasan Mohammadi³ 

1. (Corresponding Author) Department of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran
Email: sobhani@uma.ac.ir

2. Department of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran
Email: leyla.jafarzadeh95@gmail.com

3. Department of Climatology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran
Email: gh.mohammadi88@gmail.com

Article Info

Article type:
Review Article

Article History:

Received:
22 May 2023
Received in revised form:
27 August 2023
Accepted:
28 September 2023
Available online:
1 November 2023

Keywords:

Climatic Parameters,
Horizontal Visibility,
The Southern Coasts of the
Caspian Sea,
Ridit Analysis,
Temporal-Spatial Trend.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the temporal-spatial trend of horizontal visibility in the southern coasts of the Caspian Sea. For this purpose, horizontal visibility and climatic parameters (relative humidity, temperature, precipitation, and wind speed) were obtained in 13 selected meteorological stations from 1951-2010. After the data screening, the temporal changes of the perspective were examined. Also, Ridit tests were applied to examine the trend of horizontal visibility, and a correlation coefficient was used to identify the relationship between the climatic parameters effective in reducing horizontal visibility. The results of the research showed that the average annual dispersion of horizontal visibility in the studied stations experienced relatively different periods; the first period from 1951 to 1976 period of horizontal increase, the second period from 1977 to 1985 period of noticeable decline, the third period from 1986 to 2002 fixed period (no fundamental change) and the fourth period from 2003 to 2020 relative increase. Among the stations, the highest negative correlation coefficient was experienced by Astara station, with a value of -0.47, and the lowest was experienced by Sari station, with a value of -0.07. In the correlation between horizontal visibility and precipitation in the studied stations, the maximum significant negative correlation was observed in the Manjil station (with a value of -0.15) and the least in the Maratape station (with a value of -0.012). The correlation between horizontal visibility and temperature is direct and positive in most stations, and the maximum positive correlation is assigned to the Astara station with a value of 0.38. It also showed a negative correlation between wind speed and horizontal visibility. The inverse correlation's maximum and minimum range fluctuates between -0.28 in Sari and -0.08 in Babolsar.

Cite this article: Sobhani, B., Jafarzadeh, L., Mohammadi, Gh. (2023). Analysis of Distribution of Temporal-Spatial Trend of Horizontal Visibility on the Southern Coasts of the Caspian Sea using Ridit Analysis. *Physical Geography Research Quarterly*, 55 (3), 37-54.
<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.362522.1007784>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended abstract

Introduction

Horizontal visibility is one of the indicators of air quality. Atmospheric visibility refers to the maximum horizontal distance at which a person with naked eyes can detect objects on the ground. The range of visibility in a clear atmosphere is between 145 and 225 kilometers; in a normal atmosphere, it is between 10 to 100 kilometers, and in polluted areas, it is less. Horizontal visibility depends on the level and concentration of air pollutants, and its relationship with temperature and weather conditions is of particular interest in the studied region. This research aims to obtain the necessary information and specialized and public use of meteorological and climatological station data in northern Iran concerning natural disaster planning and prevention of resulting hazards in the studied area.

Methodology

This research was conducted on the southern coasts of the Caspian Sea, which includes three provinces. All three provinces are located downstream from the Caspian Sea and are highly humid. First, filtering was done so that the data related to the hours of the day 06, 09, 12, and 15 Greenwich synopses were used, and also, the synopses with missing horizontal visibility and precipitation phenomena and relative humidity above 90% were screened. Then, to analyze the data, the annual average changes in horizontal visibility were checked by calculating the regional average and drawing a graph. Ridit analysis was used to analyze the behavior of horizontal visibility during the study period in selected stations. Finally, using the correlation coefficient, the relationship between the climatic parameters of the horizontal wind in the region was examined. ArcGIS software prepared horizontal visibility spatial distribution maps with climatic parameters.

Results and discussion

From 1951 to 1976, the first period had a mostly higher average horizontal visibility, ranging from 17 to 5.21 kilometers. The second period, covering the years 1977 to

1985, experienced a significant decrease in horizontal visibility, with its average decreasing to 10 kilometers. The third period, from 1986 to 2002, was stable, with only minor fluctuations in the average horizontal visibility (1 kilometer). The fourth period, from 2003 to 2020, was a period of relative improvement in the average horizontal visibility, with a relatively high variability. Among the studied stations, Babolsar and Ramsar stations experienced an increasing trend compared to the regional average. The average horizontal visibility trend analysis showed a decrease from early winter to early spring, with its value reaching 8.11 kilometers in March. From mid-spring to late summer, horizontal visibility increased, with the highest average in June at 8.12 kilometers. In the autumn, a relative increase in horizontal visibility was observed, with the highest average reaching 13 kilometers in March. Almost all studied stations in the region followed a similar pattern, except for Babolsar and Qara Khial stations. In the spring season, the eastern part of the region has higher horizontal visibility compared to the western part. The maximum horizontal visibility is observed in the coastal strip of the Caspian Sea in the summer. This season, the southernmost part of the region, which is close to the Alborz Mountains, has lower horizontal visibility. As we approach the Alborz Mountains in the autumn, horizontal visibility decreases due to increased precipitation and fog. Horizontal visibility increases in the western and eastern parts of the region, respectively. In the winter season, the lowest horizontal visibility is concentrated in the southernmost part of the region. The results of the RIDIT analysis for selected stations showed that the Babolsar station had the best horizontal visibility conditions at the beginning of the study period and the worst conditions at the end of the period, showing a decreasing trend in horizontal visibility overall. The horizontal visibility at Ramsar station showed a decreasing trend from the beginning to the end of the study period, with RIDIT values ranging from 0.6 to 4.0. The Astara station had a decreasing trend in horizontal visibility, with RIDIT values ranging from 5.0 to 4.0,

which is very close to the reference distribution conditions. The Nowshahr station showed an increasing trend in horizontal visibility, with a relatively small difference in RIDIT values ranging from 4.0 to 6.0, close to the reference distribution line. The Gonbad Kavus station showed no trend in horizontal visibility, with very little difference in RIDIT values. The Maraveh Tappeh station had a very small difference in RIDIT values throughout the study period. The spatial distribution of RIDIT analysis for annual scales showed that Maraveh Tappeh, Gonbad Kavus in the eastern region, and Nowshahr near the coastal strip had no trend in horizontal visibility conditions. The Babolsar and Ramsar stations near the coastal strip showed an increasing trend in horizontal visibility. The Astara station in the northwest of the region had a decreasing trend. In the spring and summer, the Nowshahr and Ramsar stations near the Caspian Sea experienced a decreasing trend, while Babolsar station had an increasing trend. In the autumn, the Nowshahr and Astara stations had a decreasing trend, while the Ramsar station had an increasing trend. In the winter, a decreasing trend was observed in the Babolsar, Nowshahr, and Astara stations, while an increasing trend was observed in the Ramsar station near the coastal line. The correlation between relative humidity and horizontal visibility showed a negative correlation coefficient in the study area. In the annual scale, the Astara, Bandar Anzali, Nowshahr, Gonbad Kavus, and Siah Bisheh stations showed a relatively strong inverse relationship between relative humidity and horizontal visibility, with a range of values from -23.0 to -47.0. On the monthly scale, the same stations showed a range of values from -25.0 to -47.0. The correlation between horizontal visibility and precipitation in the area was positive and negative. A significant correlation between horizontal visibility and precipitation was found in 27% of the area. The correlation between horizontal visibility and temperature was direct and significant in 72% of the area. The correlation between horizontal visibility and wind speed was

direct and inverse, significant in 54% of the area.

Conclusion

The results indicate that the annual mean of horizontal visibility in the study stations shows four relatively different periods. The most significant number of stations with a decreasing trend compared to other seasons was observed in winter. The spatial distribution of horizontal visibility on an annual scale shows that horizontal visibility has been higher in the eastern region compared to the western region. The results of the correlation analysis between horizontal visibility and climatic parameters showed that the correlation coefficient between horizontal visibility and precipitation was both direct and inverse, and 27% of the area had a significant correlation.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.


Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

تحلیل توزیع روند زمانی-مکانی دید افقی و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از آنالیز Ridity

بهرروز سبحانی^۱✉، لیلا جعفرزاده علی‌آباد^۲، غلامحسین محمدی^۳ 

۱- نویسنده مسئول، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: sobhani@uma.ac.ir

۲- گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: leyla.jafarzadeh95@gmail.com

۳- گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: gh.mohammadi88@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله مروری

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۳/۰۱

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۷/۰۶

تاریخ چاپ:

۱۴۰۲/۰۸/۱۰

واژگان کلیدی:

آنالیز Ridity

پارامترهای اقلیمی،

دید افقی،

روند زمانی-مکانی،

سواحل جنوبی دریای خزر.

به‌منظور بررسی روند زمانی- مکانی دید افقی در سواحل جنوبی دریای خزر، داده‌های ساعتی دید افقی و پارامترهای اقلیمی (رطوبت نسبی، بارش، دما و سرعت باد) در ۱۳ ایستگاه هواشناسی در دوره ۱۹۵۱-۲۰۲۰ اخذ گردید. بعد از غربالگری داده‌ها، تغییرات زمانی دید افقی بررسی شد و آماره Ridity روی داده‌های ساعتی و ضریب همبستگی روی پارامترهای اقلیمی اجرا شد. نتایج حاکی است که تغییرات میانگین سالانه دید افقی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴ دوره (دوره اول سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۶ دوره افزایش؛ دوره دوم سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۵ دوره کاهش محسوس؛ دوره سوم سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۲ دوره ثابت (بدون تغییر اساسی) و دوره چهارم سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ دوره افزایش نسبی بوده‌اند. بیشترین اختلاف مقادیر Ridity در بابلسر (۰/۸ تا ۰/۲) و کمترین اختلاف آن در مراوه‌تپه (۰/۵) مشاهده شد. بررسی ضریب همبستگی دید افقی و رطوبت نسبی نشان داد که در هر دو مقیاس سالانه و ماهانه منفی و معکوس بوده است و بیش‌ترین ضریب همبستگی منفی را آستارا (-۰/۴۷) و کمترین مقدار آن را ساری (-۰/۰۷)، ضریب همبستگی دید افقی با بارش که بیشینه همبستگی منفی معنی‌دار در منجیل (-۰/۱۵) و کم‌ترین آن در مراوه‌تپه (-۰/۰۱۲)، همبستگی دید افقی با دما در بیشتر ایستگاه‌ها مستقیم و مثبت بوده و بیشینه همبستگی مثبت را آستارا با مقدار ۰/۳۸ به خود اختصاص داده است. همچنین همبستگی سرعت باد بادید افقی منفی نشان داد دامنه بیشینه و کمینه همبستگی معکوس بین ۰/۲۸- در ساری و ۰/۰۸- در بابلسر در نوسان است.

استناد: سبحانی، بهروز؛ جعفرزاده علی‌آباد، لیلا و محمدی، غلامحسین. (۱۴۰۲). تحلیل توزیع روند زمانی-مکانی دید افقی و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از آنالیز Ridity. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۵ (۳)، ۵۴-۳۷.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.362522.1007784>

مقدمه

دید افقی یکی از شاخص‌های کیفیت هوا است (Kooa et al, 2013: 443). اندازه دید افقی یا نمایانی به مسافتی گفته می‌شود که در آن فاصله، یک جسم و یا یک شعاع نور از محیط زمین‌اش کاملاً قابل تشخیص باشد. البته جذب، سهم فراوانی در کاهش قابلیت دید ندارد. علت اصلی کاهش تباین جسم و زمینه، پراکندگی نور از ذراتی است که در هوای بین مشاهده‌گر و جسم قابل مشاهده قرار دارند (رنجبران و همکاران، ۱۳۹۳). دید اتمسفری، به حداکثر فاصله افقی که شخص با چشم غیرمسلح می‌تواند عوارض موجود در سطح زمین را به صورت واضح تشخیص دهد، اطلاق می‌شود (Huizheng et al, 2007). پژوهشگران متعددی به بررسی دید افقی با استفاده از شاخص‌های مختلف پرداختند از جمله: حجازی و همکاران (۱۳۹۳)، آرامی (۱۳۹۴)، جابری و همکاران (۱۳۹۹)، دهقان و همکاران (۱۳۹۸)، جبالی و همکاران (۱۳۹۹) می‌توان اشاره کرد. پیامدهای دید افقی می‌تواند در بخش‌های مختلف زندگی اثر گذارد. محققان زیادی در داخل و خارج در این زمینه مطالعه کرده‌اند از جمله: حاتمی مهند و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی شرایط هواشناسی کمینه دید افقی روزانه با استفاده از اطلاعات دستگاه RVR فرودگاه امام خمینی پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین رخداد کمینه دید مربوط به فصل زمستان، اواخر پاییز و اوایل بهار است که می‌تواند به دلیل تأثیر فعالیت بیشتر سامانه‌های جوی و شرایط آب و هوایی متغیر در این ماه‌ها باشد. صابر و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی دلایل اصلی کاهش دید افقی در شهر زنجان نشان دادند که دید افقی در ماه‌های سردتر سال کاهش پیدا می‌کند. دلیل اصلی آن را به شرایط جوی بارانی، مه و برفی نسبت دادند. همچنین نامبردگان بین افزایش غلظت غبار به عنوان هواویز غالب جوی در ایستگاه زنجان با کاهش دید افقی ارتباط معناداری پیدا نکردند. یانگ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی روند دید در کره شمالی دو دهه گذشته پرداختند. نتایج به بیانگر آن شد که دید در صبح زمستان کمترین و در بعدازظهرهای تابستان در سراسر کره کمترین میزان را دارد. همچنین نشان دادند که در سؤال میزان دید در حال افزایش است درحالی‌که به‌ویژه در مناطق پاک ساحلی در سطح کشور کاهش یافته است. خوش‌سیما و احمدی گیوی (۲۰۱۶) به بررسی مطالعه تغییر طولانی‌مدت ضریب انقراض بر اساس دید افقی در شلوغ‌ترین فرودگاه‌های ایران پرداختند. نامبردگان نشان دادند که بین دید ۴۰ ساله ضعیف یا خوب در تمام ایستگاه‌ها تفاوت متمایزی وجود ندارد. فرودگاه تهران کمترین میزان برد بصری را نسبت به سایر فرودگاه‌ها دارد. درحالی‌که دید خوب (دارای بزرگ‌ترین مقدار آستانه حدود ۲۰ کیلومتر) در فرودگاه‌های شیراز و مشهد مشاهده شد.

بررسی پیشینه تحقیق نشان داد که اغلب مطالعات مربوط به دید افقی به صورت موردی در ایران و خارج انجام شده است. در ایران تاکنون مطالعه مستقل و ساختاربنندی درباره دید افقی و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی در سواحل جنوبی خزر انجام نشده است. این مطالعه با تمرکز بر بررسی روند زمانی و مکانی دید افقی و همچنین تأثیر پارامترهای اقلیمی بر کاهش و یا افزایش دید افقی انجام شده است؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر به دست آوردن اطلاعات لازم و استفاده تخصصی و عمومی از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی در سواحل جنوبی دریای خزر در ارتباط با برنامه‌ریزی‌های بحران‌های طبیعی و جلوگیری از مخاطرات حاصل از آن در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

روش پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی روند زمانی و مکانی دید افقی در ساحل جنوبی خزر از داده‌های ۶۹ ساله دید افقی، پدیده هوای حاضر، رطوبت نسبی، سرعت باد، دما و بارش ۱۳ ایستگاه سینوپتیکی مورد مطالعه برگرفته از سازمان

هواشناسی کشور استفاده شد. ابتدا فیلترگذاری به صورتی که داده‌های مربوط به ساعات روز یعنی سینوپ های ۰۶، ۰۹، ۱۲ و ۱۵ گریجوی استفاده شد و همچنین سینوپ های دارای دید افقی گم شده و پدیده‌های بارشی و رطوبت نسبی بالای ۹۰٪ غربالگری شدند. سپس برای تحلیل داده‌ها در ابتدا تغییرات^۱ میانگین سالانه دید افقی از طریق محاسبه میانگین منطقه‌ای و از طریق ترسیم نمودار بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل رفتار دید افقی در طی بازه زمانی مطالعاتی در ایستگاه‌های منتخب از آنالیز Ridit استفاده شد. مقدار Ridit در هر دوره منفرد از طریق مقایسه توزیع دید افقی آن دوره با توزیع مرجع به دست می‌آید، ریدیت هر دوره هم با طبقه‌بندی رکوردهای دید افقی به ۵ طبقه ۰ تا ۴/۹؛ ۵ تا ۹/۹؛ ۱۰ تا ۱۴/۹؛ ۱۵ تا ۱۹/۹ کیلومتر برآورد می‌گردد توزیع مرجع دید یک از سال‌ها محاسبه می‌شود و وجود روند در سری مقادیر آن نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود روند در دید افقی در هر ایستگاه می‌باشد همچنین مقادیر ریدیت بزرگ‌تر (کوچک‌تر) از ۰/۵ نمایشگر شرایط دید افقی بهتر (بدتر) در مقایسه با کل دوره است (چن و ژیه، ۲۰۱۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). در آخر با استفاده از ضریب همبستگی، به بررسی رابطه پارامترهای اقلیمی بادید افقی در منطقه پرداخته شد. برای تهیه نقشه‌های پراکندگی مکانی دید افقی با پارامترهای اقلیمی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

آنالیز ریدیت^۲

ریدیت یک روش آماری برای تجزیه و تحلیل می‌باشد که توسط Bross در سال ۱۹۵۸ در ادبیات آماری وارد شده است. روشی است برای مقایسه توزیع متغیرهای مقیاس ترتیبی (رتبه‌ای) و مشابه تکنیک‌های آماری غیر پارامتریک که مستلزم محاسبه تغییرات برای کلاس‌های متوالی می‌باشد (Daili and Doyring, 2002). این روش تغییرات سال به سال را نسبت به توزیع مرجع مقایسه می‌کند. اگر در گذر زمان نسبت به مقادیر افزایش داشته باشد، احتمال روند افزایشی نسبت به توزیع مرجع دارد ولی اگر نسبت به مقادیر کاهش داشته باشد، نسبت به توزیع مرجع احتمال روند کاهشی وجود دارد. ریدیت روشی برای بیان نوسان نسبت به توزیع مرجع می‌باشد.

توزیع مرجع^۳: کل دوره آماری را یکجا به شکل توزیع درآورده و مقایسه می‌کند. این روش همه داده‌های کلاس‌بندی را که در نه کلاس است در آخر تبدیل به یک کلاس یا به عبارتی یک عدد می‌کند.

زمانی که احتمال مشاهده‌ای از توزیع A، از مشاهدات توزیع R فراتر رود از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$P(V_A > V_R) = \int_0^{\max} \int_0^v f_A(v) f_R(v) dv dv = \int_0^{\max} f_A(v) f_R(v) dv \quad (1)$$

FA(V): تابع چگالی احتمال مشاهدات در یک دوره داده شده A

FR (^V): تابع چگالی احتمال مرجع

FA, FR: توابع توزیع مجدد تجمعی

اگر FAi و FRi فرکانس‌های نسبی آن برای هر توزیع باشند، احتمال با فرمول زیر تخمین زده می‌شود:

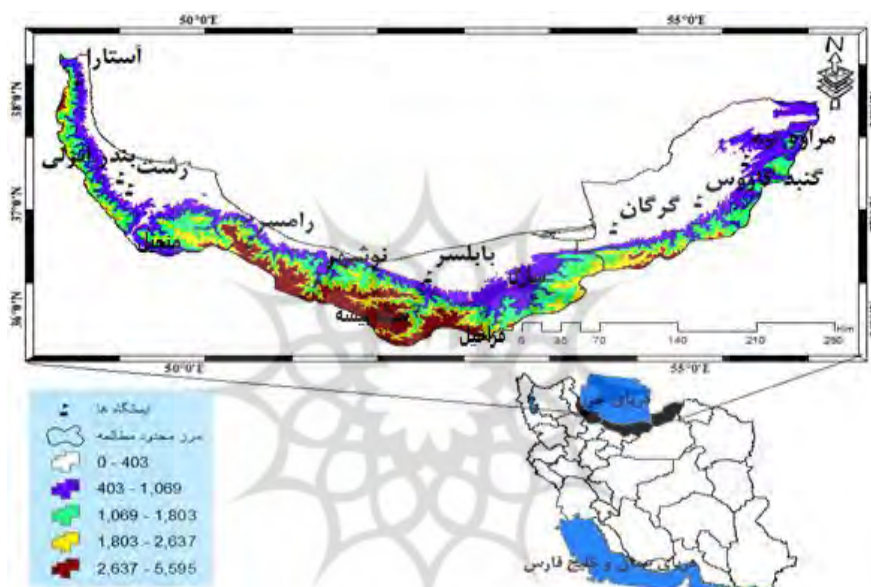
$$P(V_A > V_R) = \sum_{i=1}^k f_{Ai} (\sum_{i=1}^{i-1} f_{Ri} + 1/2 f_{Ri}) = \text{MEAN RIDIT} \quad (2)$$

تعداد مشاهدات در رده دید i و n تعداد کل مشاهدات است. توزیع fRi = ni/n، مشابه با fA تعریف می‌شود اما

برای زیرمجموعه‌های RK ساخته شده است (Daili & Doyring, 2002).

محدوده مورد مطالعه

این پژوهش در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد. سواحل جنوبی دریای خزر شامل سه استان (گیلان، مازندران و گلستان) می‌باشد که هر سه استان در قسمت جنوبی ساحل دریای خزر قرار دارند و از لحاظ رطوبت غنی می‌باشند. باران فراوان و رطوبت بالای هوا از مشخصه اصلی اقلیم گیلان می‌باشد. استان مازندران در کرانه‌های مرکزی و شرقی دریای خزر قرار دارد و مرکز استان مازندران شهر ساری است. استان مازندران دومین استان پر بارش در ایران می‌باشد هرچند حجم بارش سالیانه در شرق استان نسبت به غرب پایین‌تر می‌باشد. استان گلستان از کم‌ترین مقدار نوار ساحلی را با دریای خزر برخوردار می‌باشد. مرکز این استان شهر گرگان می‌باشد. استان گلستان بیش‌ترین مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک را در شمال ایران دار است. شکل (۱) و جدول (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در نوار شمالی ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیای منطقه مورد مطالعه در سطح جهان و کشور

جدول ۱. مشخصات ایستگاه مورد مطالعه در جنوب دریای خزر

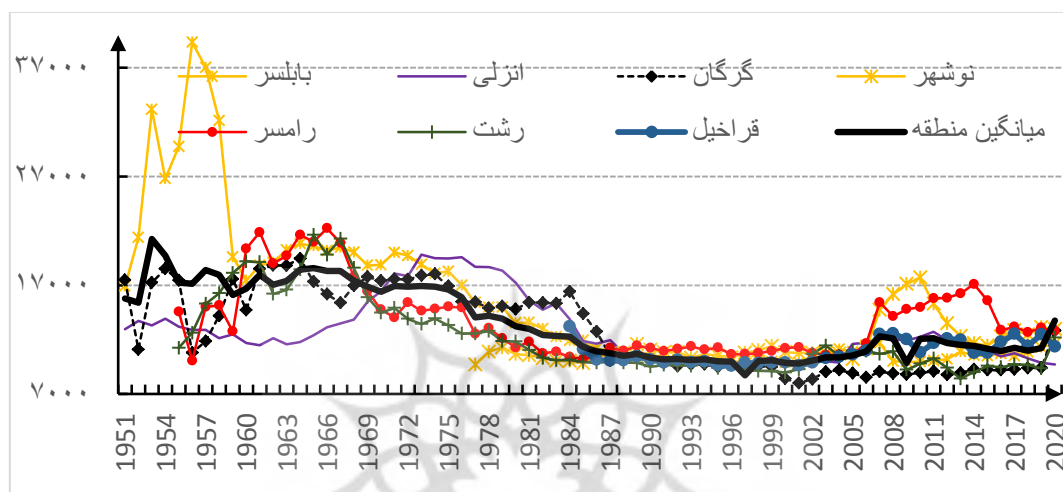
ردیف	ایستگاه‌ها	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۱	رامسر	۵۰° / ۴۰'	۳۶° / ۵۴'	-۲۰
۲	نوشهر	۵۱° / ۳۰'	۳۶° / ۳۹'	-۲۰/۹
۳	بابلسر	۵۲° / ۳۹'	۳۶° / ۴۳'	-۲۱
۴	آستارا	۴۸° / ۵۲'	۳۸° / ۲۵'	-۲۱/۱
۵	بندر انزلی	۴۹° / ۲۷'	۳۷° / ۲۹'	-۲۳/۶
۶	رشت	۴۸° / ۵۱'	۳۸° / ۲۲'	-۲۱/۱
۷	گرگان	۵۴° / ۲۴'	۳۶° / ۵۴'	۱۵۷
۸	گنبدکاووس	۵۵° / ۱۰'	۳۷° / ۱۵'	۳۷/۲
۹	مراوه‌تپه	۵۵° / ۵۷'	۳۷° / ۵۴'	۴۶۰
۱۰	ساری	۵۳° / ۰۳'	۳۶° / ۳۳'	۴۵
۱۱	سیاه‌بیشه	۵۱° / ۳۱'	۳۶° / ۲۱'	۲۴۱۱
۱۲	منجیل	۴۹° / ۴'	۳۶° / ۷۴'	۳۲۱
۱۳	قراخیل	۵۲° / ۷۸'	۳۶° / ۴۵'	۱۴

یافته‌ها

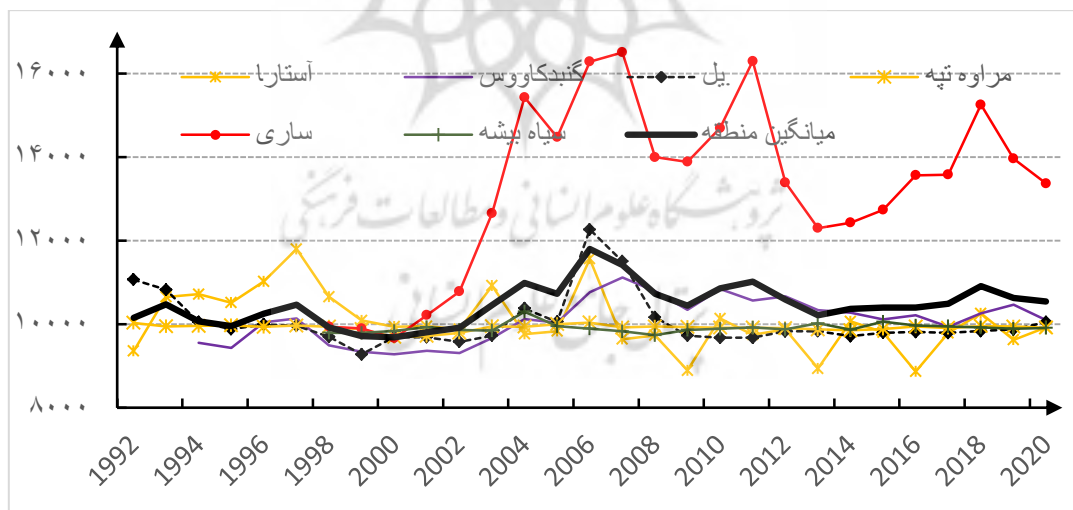
شکل ۲ الف نتایج حاصل از تغییرات میانگین سالانه دید افقی در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای بازه زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. در این شکل همچنین میانگین دید افقی ۷ ایستگاه به‌عنوان میانگین منطقه‌ای با خط سیاه ضخیم نمایش داده شده است. بر اساس شکل ۲ الف در بررسی نوسانات میانگین منطقه‌ای دید افقی ۴ دوره نسبتاً متفاوت قابل تشخیص می‌باشد. دوره اول از ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۶ بوده که در این دوره میانگین دید افقی اغلب بالاتر از ۱۷ کیلومتر است و از ۱۶ تا ۲۱/۵ کیلومتر در نوسان بوده است. دوره دوم که سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۵ را شامل می‌شود، کاهش محسوس در میزان دید افقی رخ داده است. میانگین آن در انتهای این دوره به ۱۰ کیلومتر کاهش یافته است. در دوره سوم که دوره ثبات (بدون تغییر محسوس) است، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۲ ادامه دارد. تنها نوسانات جزئی در میانگین دید افقی (۱ کیلومتر) رخ داده است. دوره چهارم، دوره بهبود نسبی میانگین دید افقی است که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ دوام دارد. در این دوره میانگین دید افقی تغییرات نسبتاً زیادی را داشته است. به طوری که مقدار آن مابین ۹ تا ۱۳ کیلومتر متغیر بوده است. در بین ایستگاه‌ها ایستگاه‌های بابلسر، رامسر روند افزایشی نسبت به میانگین منطقه‌ای را تجربه کرده‌اند. بررسی نوسانات ایستگاه بابلسر دوره اول (۱۹۵۱ تا ۱۹۶۱) نشان داد که در این دوره دید افقی بالاتر از ۲۲ کیلومتر است و از ۱۷ تا ۳۸ کیلومتر متغیر بوده است. دوره دوم کاهش محسوس در میزان دید افقی در فاصله سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۵ رخ داده است و در انتهای این دوره به ۱۲ کیلومتر رسیده است. در دوره سوم (۲۰۰۶-۲۰۱۴)، میزان دید افقی با یک افزایش محسوس به ۱۸ کیلومتر رسیده است. دوره چهارم، دوره کاهش نسبی دید افقی است که از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ دوام دارد. در این دوره تغییرات دید افقی مابین ۱۰ تا ۱۳ کیلومتر در نوسان بوده است. در بررسی نوسانات ایستگاه رامسر دوره اول از سال‌های ۱۹۵۶ تا ۱۹۷۳ بوده که در این دوره دید افقی عمدتاً بیشتر از ۱۷ کیلومتر بوده است و از ۹ تا ۲۲ کیلومتر در نوسان بوده است. دوره دوم کاهش محسوس دید افقی در فاصله سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۷ رخ داده است و دید افقی به ۸ کیلومتر کاهش یافته است. دوره سوم (۱۹۸۸-۲۰۰۷)، با نوسانات جزئی بدون تغییر محسوس است. دوره چهارم، دوره بهبود نسبی دید افقی است که از سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ دوام دارد. در این دوره دید افقی تغییرات نسبتاً زیادی داشته و مابین ۱۲ تا ۱۷ کیلومتر متغیر بوده است. در بررسی تغییرات دید افقی در ایستگاه گرگان و رشت روند کاهش نسبی به میانگین منطقه‌ای را دارد. در بررسی نوسانات ایستگاه گرگان نیز دوره اول بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۶۹ بوده که در این دوره دید افقی اغلب بالاتر از ۱۲ کیلومتر بوده و مابین ۹ تا ۱۸ کیلومتر در نوسان بوده است. دوره دوم، کاهش محسوس دید افقی بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۷ رخ داده است و در آخر این دوره دید افقی به ۷ کیلومتر کاهش یافته است. دوره سوم که دوره ثبات است از بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ ادامه داشت. دوره چهارم، دوره بهبود نسبی از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ ادامه دارد که در این دوره میانگین دید افقی تغییرات مابین ۹ تا ۱۳ کیلومتر متغیر است. در بررسی نوسانات ایستگاه رشت نیز دوره اول از ۱۹۵۵ تا ۱۹۷۰ بوده که در این دوره بیشتر از ۱۲ کیلومتر است و از ۱۰ تا ۲۲ کیلومتر در نوسان بوده است. دوره دوم کاهش محسوس دید افقی در فاصله بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۸۴ رخ داده است و دید افقی به ۸ کیلومتر کاهش یافته است. دوره سوم (۱۹۸۵-۲۰۰۲)، با نوسانات جزئی دوره بدون تغییر محسوس است. دوره چهارم (۲۰۰۳-۲۰۲۰)، دارای بهبود نسبی در میزان دید افقی است که این میزان مابین ۸ تا ۱۲ متغیر است (شکل ۲ الف).

شکل ۳ ب، باهدف بررسی تغییرات میانگین دید افقی در سه دهه اخیر ترسیم شده است. به طوری که نوسانات این پارامتر در بازه‌های زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ تقریباً با دوره‌های سوم و چهارم شکل ۲ الف انطباق دارد. بر اساس شکل ۳ ب، میانگین دید افقی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ نزدیک به ۱۰ کیلومتر بوده و از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ با افزایش جزئی به بالاتر

از ۱۰ کیلومتر تغییر یافته است. در بررسی تغییرات دید افقی در ایستگاه ساری روند افزایشی نسبت به میانگین منطقه‌ای دارد که نوسانات این پارامتر در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۲۰ با دوره‌های اول و دوم میانگین دید افقی شکل ۲ الف منطبق است. به طوری که دید افقی ایستگاه از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ بوده که در این دوره اغلب بالاتر از ۱۴ کیلومتر است و مابین ۱۰ تا ۱۶/۵ کیلومتر در نوسان بوده است و از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ با کاهش جزئی به ۱۲/۵ کیلومتر تغییر یافته است. بررسی تغییرات دید افقی در آستارا روند کاهشی نسبت به میانگین منطقه‌ای دارد. نوسانات این پارامتر در بین بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۷ می‌باشد که در این دوره بالاتر از ۱۱ کیلومتر و از ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر در نوسان بوده است و از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ با کاهش نسبی به ۹ کیلومتر تغییر یافته است.



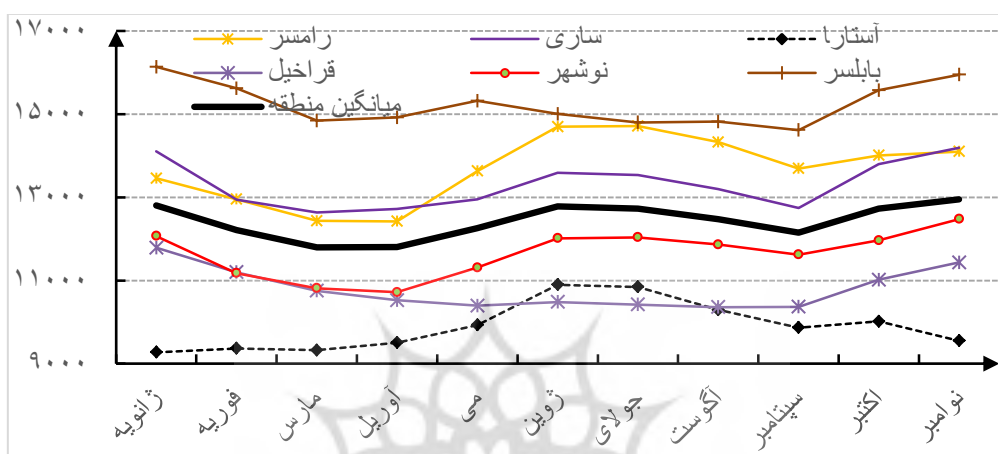
شکل ۲. نمودار تغییرات میانگین سالانه دید افقی برحسب متر در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه‌های زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۲۰ (الف)



شکل ۳. نمودار تغییرات میانگین سالانه دید افقی برحسب متر در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه‌های زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ (ب)

شکل ۴ روند میانگین دید افقی را در یک دوره ۱۲ ماهه برای ۶ ایستگاه هواشناسی به همراه میانگین منطقه‌ای ایستگاه‌های هواشناسی را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۴ روند میانگین دید افقی از اوایل فصل زمستان تا اوایل بهار کاهش یافته است. به طوری که در ماه مارس مقدار آن به ۱۱/۸ کیلومتر رسیده است. از اواسط بهار تا اواخر تابستان، یعنی در دوره گرم سال افزایش در میزان دید افقی رخ داده است که بالاترین میانگین دید افقی در ماه ژوئن به ۱۲/۸ کیلومتر

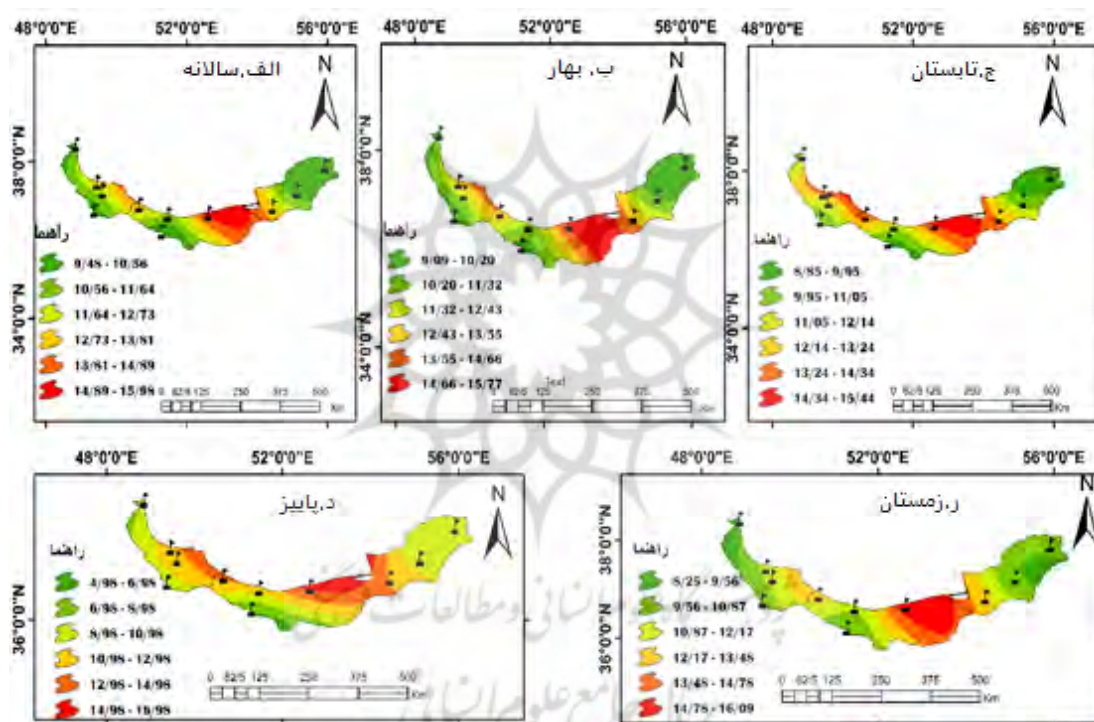
رسیده است. در فصل پاییز، افزایش نسبی در دید افقی روی داده است. بالاترین میانگین دید افقی در ماه مارس به ۱۳ کیلومتر رسیده است. تقریباً تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه (به جز بابلسر و قراخیل) از یک الگو تبعیت کرده‌اند. به این صورت که در دوره گرم سال افزایش دید افقی در این ایستگاه‌ها اتفاق افتاده است. در حالی که بابلسر در دوره گرم یک‌روند کاهشی داشته است. علت افزایش و کاهش دید افقی قطعاً در ارتباط با دریای خزر، میزان بارندگی‌ها و افزایش بخار است که البته عوامل دیگر نیز تأثیرگذار هستند. ایستگاه آستارا در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها اختلاف قابل توجهی در میزان دید افقی دارد؛ یعنی با وجود اینکه از الگوی افزایشی در دوره گرم تبعیت می‌کند ولی در کل میزان دید افقی کمتری را دارد. البته قابل توجه است که عرض جغرافیایی این ایستگاه بیشتر از بقیه ایستگاه‌ها می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴. روند میانگین ماهانه دید افقی برحسب متر در ایستگاه‌های مورد مطالعه از ماه‌های ژانویه تا نوامبر

شکل ۵ (الف-ر) پراکندگی مکانی میانگین سالانه و فصلی دید افقی را در منطقه نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۵ الف، نقشه پراکندگی مکانی میانگین سالانه می‌توان دریافت که در منطقه مورد مطالعه ایستگاه بابلسر بیشینه دید افقی را (۱۵/۳ کیلومتر) داشته است و کمترین دید افقی نیز در سیاه‌پیشه (۹/۹ کیلومتر) مشخص شد. در منطقه مورد مطالعه دید افقی در شرق منطقه نسبت به غرب منطقه بیشتر است. شرقی‌ترین و غربی‌ترین بخش منطقه مورد مطالعه کمینه دید افقی را نشان می‌دهد. تقریباً در مرکز منطقه متمایل به شرق دید افقی بیشترین افزایش را دارد. از نوار ساحلی به اطراف دید افقی کاهش می‌یابد. با توجه به نقشه شکل ۵ ب، در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار دامنه دید افقی با بیشینه دید افقی (۱۵/۰۸ کیلومتر) در بابلسر و کمینه آن با ۹/۸۸ کیلومتر در مراوه‌تپه در نوسان می‌باشد. از نظر پراکندگی مکانی با دور شدن از نوار ساحلی به دلیل افزایش ارتفاع، دید افقی کاهش می‌یابد. در فصل بهار شرق منطقه نسبت به غرب دارای دید افقی بیشتری می‌باشد. تقریباً در مرکز منطقه متمایل به شرق دید افقی مقادیر ماکزیمم را نشان می‌دهد. در جنوب منطقه نیز به دلیل افزایش ارتفاع و افزایش مه آلودگی دید افقی با کاهش مواجه می‌شود. از ساحل به اطراف نیز دید افقی کاهش می‌یابد. از نظر مکانی کاهش دید افقی به سمت جنوب و شرقی‌ترین بخش منطقه بیشتر است که با افزایش ارتفاع رابطه معکوس دارد. بر اساس شکل ۵ ج، در فصل تابستان دامنه دید افقی بین بیشینه ۱۴/۷۴ کیلومتر در بابلسر تا کمینه ۹/۳۹ کیلومتر در مراوه‌تپه می‌باشد. به‌طور کلی بیشینه دید افقی در نوار ساحلی خزر مشاهده می‌شود. در این فصل وسعت نواحی با دید افقی بالا در سواحل بیشتر می‌شود و جنوبی‌ترین بخش منطقه که نزدیک به ارتفاعات البرز است از دید افقی کمتری برخوردار است. شمال شرق منطقه نیز با کاهش چشمگیر دید افقی مواجه است. همانند فصل بهار در این فصل نیز دید افقی از ساحل به اطراف کاهش می‌یابد. در فصل پاییز (شکل ۵ د) با سرد شدن دما و افزایش

بارش‌های شدید دامنه دید افقی از ۱۵/۸۹ کیلومتر در بابلسر تا ۷/۶ کیلومتر در سیاه‌بیشه متغیر است. به‌طور کلی در فصل پاییز با نزدیک شدن به ارتفاعات البرز با افزایش بارش و مه آلودگی دید افقی کاهش می‌یابد. وسعت نواحی با دید افقی بالا در نوار ساحلی بیشتر است و کمترین دید افقی به جنوبی‌ترین بخش منطقه محدود می‌شود. از نظر مکانی دید افقی بیشتر به سمت غرب و دید افقی کم به سمت شرق متمایل می‌شود. با توجه به شکل ۵، در فصل زمستان بیشینه دید افقی در بابلسر ۱۵/۵ کیلومتر ثبت شده است. با دور شدن از نوار ساحلی به سمت ارتفاعات خصوصاً ارتفاعات تالش با کاهش شدید دید افقی به میزان ۹/۲ کیلومتر در آستارا مواجه می‌شود که با توجه به مه آلودگی و ارتفاعات تالش در زمستان کاهش دید افقی قابل توجه است. در ۴۰ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه دید افقی دارای دامنه ۹/۲ تا ۹/۹ کیلومتری می‌باشد. در این فصل دید افقی بالا محدود به نواحی ساحلی است. همچنین کمترین دید افقی نیز در جنوبی‌ترین بخش منطقه متمرکز شده است. شمال شرق منطقه نیز افزایش نسبی دید افقی را نسبت به فصل‌های دیگر نشان می‌دهد.



شکل ۵. پراکنندگی مکانی میانگین دید افقی مقیاس‌های زمانی سالانه (الف) و فصلی (بهار (ب)، تابستان (ج)، پاییز (د) و زمستان (ر)) در منطقه مورد مطالعه

شکل ۶ (الف-) نمودارهای مربوط به خروجی آنالیز ریدیت را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار شکل ۶ الف، در بابلسر تا سال ۱۹۸۶ دید افقی با مقادیر ۰/۸ تا ۰/۵ دارای روند کاهشی بوده است اما به دلیل بالا بودن از خط توزیع مرجع دید افقی از شرایط بهتری برخوردار بوده است؛ اما از سال ۱۹۸۶ به بعد دید افقی با همان روند کاهشی به شدت کاهش پیدا کرده و شرایط نامطلوب را نشان می‌دهد. به طوری که در سال ۲۰۲۰ با مقدار ۰/۲، پایین‌ترین مقدار ریدیت دید افقی را در این ایستگاه در را نشان می‌دهد. در حالت کلی بابلسر در ابتدای دوره مورد مطالعه بهترین شرایط را دارا بوده است و در انتهای دوره مورد مطالعه بدترین شرایط را دارا می‌باشد و در کل دوره مورد مطالعه این

ایستگاه روند کاهشی دید افقی را نشان می‌دهد و اختلاف مقادیر بالا و پایین ریدیت، بسیار زیاد بوده است و مقادیر آن بین ۰/۸ تا ۰/۲ مشخص شد.

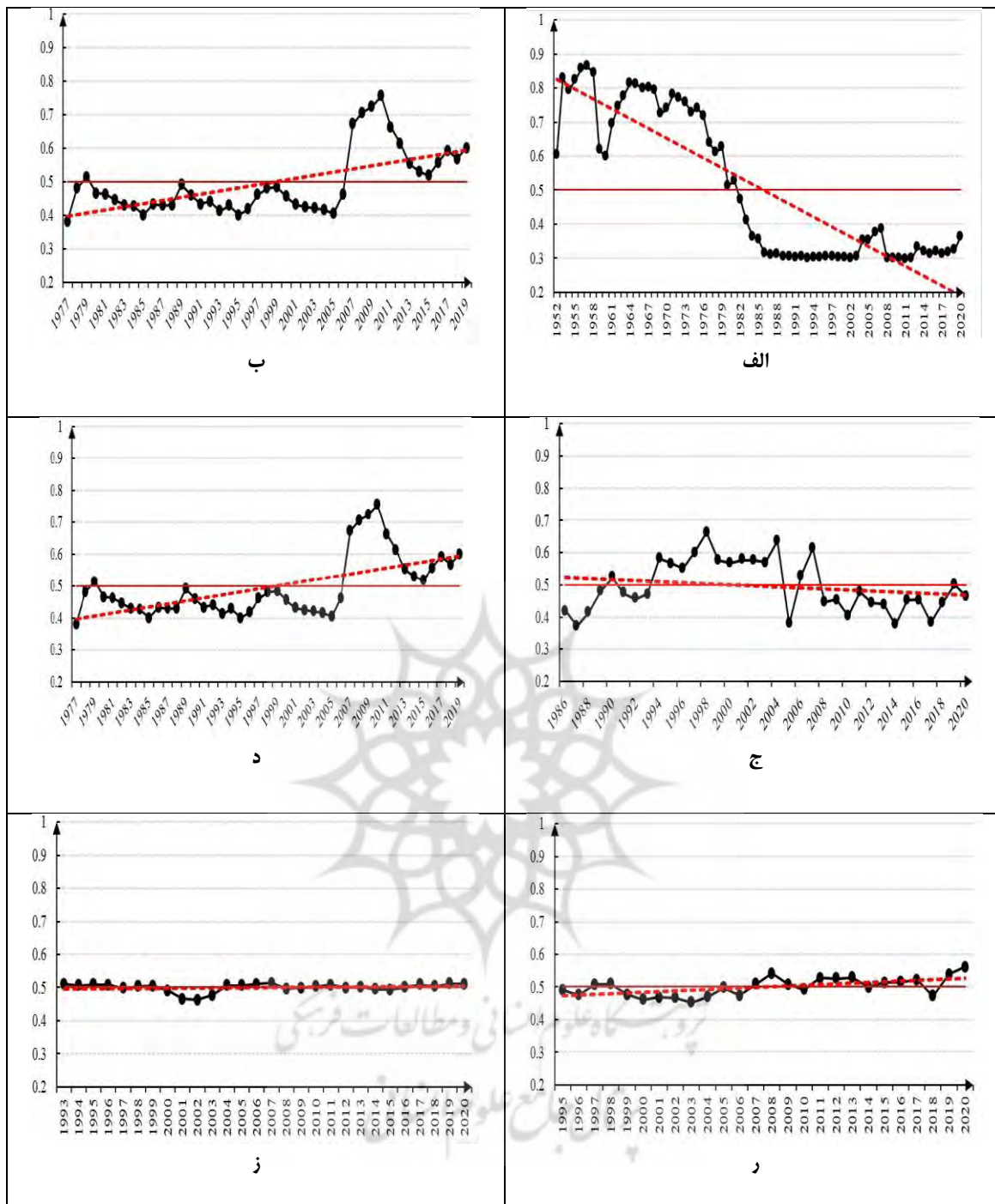
در رامسر (شکل ۶ ب) از ابتدای دوره مورد مطالعه تا سال ۱۹۸۸ دید افقی با مقدار ۰/۶ تا ۰/۵ با روند کاهشی مواجه شده است. هرچند که به دلیل بالا بودن مقادیر ریدیت از ۰/۵ در این دوره، دید افقی از شرایط مطلوبی برخوردار است؛ اما از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۱ خط بدون روند مماس با خط توزیع مرجع یعنی با مقدار ۰/۵ بوده است که بیانگر شرایط متعادل دید افقی می‌باشد. از سال ۱۹۹۱ به بعد تا پایان دوره مورد مطالعه روند دید افقی با کاهش نسبی مواجه بوده است که مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۴ را نشان می‌دهد. کمینه مقادیر در سال ۲۰۲۰ ثبت شده است. به دلیل پایین بودن خط روند از خط توزیع مرجع شرایط نامطلوب دید افقی را نشان می‌دهد. در حالت کلی دید افقی در این ایستگاه از ابتدای دوره مطالعاتی تا پایان دوره مطالعه با روند کاهشی نمایانگر است و مقادیر ریدیت بین ۰/۶ تا ۰/۴ می‌باشد. شرایط دید افقی به حالت متعادل نزدیک‌تر است و اختلاف مقادیر بالا و پایین، کم است.

در آستارا (شکل ۶ ج) تا سال ۱۹۹۱ روند کاهشی دید افقی با مقادیر ریدیت به مقدار ۰/۵، بسیار نزدیک به توزیع مرجع مشاهده می‌شود و دید افقی از شرایط مطلوبی برخوردار است. از سال ۱۹۹۱ تا پایان دوره مطالعاتی دید افقی با همان روند کاهشی از شرایط نسبتاً نامطلوبی برخوردار است و مقدار ۰/۵ تا ۰/۴ را نشان می‌دهد که کمینه مقدار ریدیت دید افقی در سال ۲۰۲۰ ثبت شده است. به‌طور کلی در کل دوره مورد مطالعه در آستارا دید افقی از روند کاهشی برخوردار است و مقادیر ریدیت بین ۰/۵ تا ۰/۴ می‌باشد که بسیار نزدیک به شرایط توزیع مرجع می‌باشد. اختلاف مقادیر بالا و پایین ریدیت ناچیز است و شرایط دید افقی بسیار نزدیک به حالت متعادل است.

در نوشهر (شکل ۶ د) از ابتدای دوره مورد مطالعه تا سال ۱۹۹۹ دید افقی با مقادیر ۰/۴ تا ۰/۵ از شرایط نامطلوب برخوردار است و روند افزایشی را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۷۶ بدترین شرایط را با مقدار ۰/۴ نشان می‌دهد؛ اما از سال ۱۹۹۹ تا پایان دوره مورد مطالعه دید افقی با همان روند افزایشی شرایط مطلوبی را نشان می‌دهد که مقادیر ریدیت بین ۰/۵ تا ۰/۶ می‌باشد. بهترین شرایط دید افقی در سال ۲۰۲۰ با مقدار ریدیت ۰/۶ نمایانگر است. به‌طور کلی در کل دوره مورد مطالعه در این ایستگاه دید افقی روند افزایشی را نشان می‌دهد و اختلاف مقادیر بین ۰/۴ تا ۰/۶ می‌باشد و نسبتاً کم، نزدیک به خط توزیع مرجع می‌باشد.

در گنبدکاووس (شکل ۶ ر) از ابتدای دوره مورد مطالعه تا سال ۲۰۰۵ مقادیر ریدیت کمتر از ۰/۵ بوده است. از سال ۲۰۰۵ تا پایان دوره مورد مطالعه مقادیر ۰/۵ می‌باشد. به‌طور کلی در کل دوره مورد مطالعه این ایستگاه دید افقی بدون روند را نشان می‌دهد و اختلاف مقادیر بالا و پایین مقادیر ریدیت، بسیار ناچیز و نزدیک به توزیع مرجع می‌باشد.

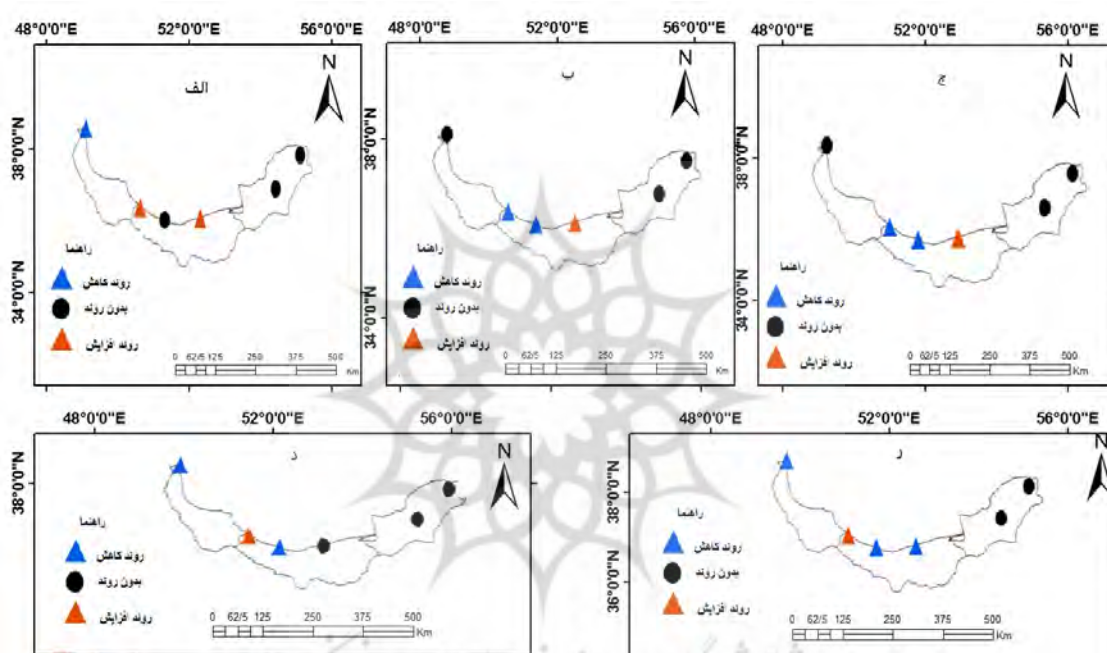
در ایستگاه مراوه‌تپه (شکل ۶ ز) از ابتدای دوره مورد مطالعه تا سال ۱۹۹۹ مقادیر ۰/۵ بوده است و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ با کاهش ناچیز روبه‌رو شده است. از سال ۲۰۰۵ تا آخر دوره مطالعه نیز مقادیر ۰/۵ بوده است. در این ایستگاه اختلاف مقادیر ریدیت در کل دوره مورد مطالعه بسیار ناچیز می‌باشد.



شکل ۶. خروجی نتایج آنالیز ریدیت برای دید افقی ایستگاه‌های مورد مطالعه. (بابلسر (الف)، رامسر (ب)، آستارا (ج)، نوشهر (د)، گنبد کاووس (ر)، مراوه‌تپه (ز))

شکل ۷ (الف-ر) پراکندگی مکانی آنالیز ریدیت دید افقی برای بازه‌های زمانی سالانه و فصلی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷ الف، در مقیاس سالانه دید افقی در مراوه‌تپه، گنبد کاووس در شرق منطقه و نوشهر در نزدیکی نوار ساحلی شرایط بدون روند را نشان می‌دهد. در بابلسر و رامسر واقع در نزدیکی نوار ساحلی روند افزایشی دید افقی مشاهده می‌شود. فقط در آستارا واقع در شمال غرب منطقه روند کاهشی را داشته است. در فصل بهار (شکل ۷ ب) در ایستگاه‌های مراوه‌تپه، گنبد کاووس و آستارا واقع در شرق و شمال غرب منطقه مورد مطالعه دید افقی شرایط بدون روند را نشان می‌دهد. در ایستگاه‌های نوشهر و رامسر واقع در نزدیکی نوار ساحلی خزر روند

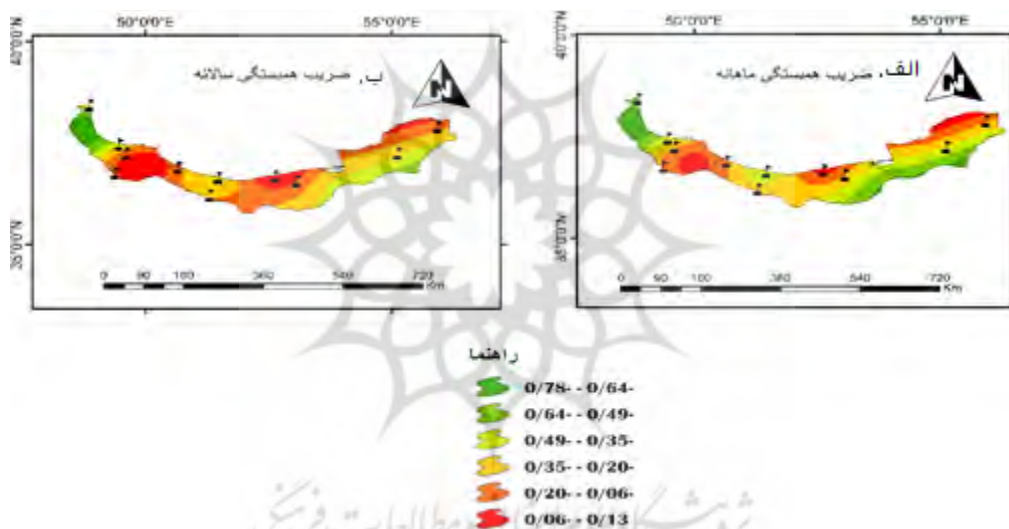
کاهشی دید افقی مشاهده می‌شود. روند افزایشی دید افقی فقط در بابلسر در نزدیکی نوار ساحلی به چشم می‌خورد. در فصل تابستان (شکل ۷ ج) مانند فصل بهار شرایط بدون روند دید افقی در ایستگاه مراوه‌تپه، گنبدکاووس و آستارا مشاهده می‌شود؛ اما روند کاهش دید افقی در ایستگاه واقع در نزدیکی خط ساحلی یعنی در نوشهر و رامسر مشاهده شد. در حالی که روند افزایشی دید افقی تنها در بابلسر مشاهده می‌شود. در فصل پاییز (شکل ۷ د) نیمه شرقی منطقه ایستگاه مراوه‌تپه، گنبدکاووس و بابلسر شرایط بدون روند دید افقی را نشان می‌دهند و در نیمه غربی منطقه دید افقی دارای روند است. در نوشهر و آستارا روند کاهش دید افقی و در رامسر روند افزایشی دید افقی مشاهده می‌شود. در فصل زمستان (شکل ۷ ر) شرایط بدون روند دید افقی فقط در مراوه‌تپه و گنبدکاووس واقع در شرق منطقه مشاهده می‌شود. روند کاهش دید افقی در بابلسر، نوشهر و آستارا واقع در نزدیکی نوار ساحلی خزر و شمال غرب منطقه نشان داده شده است. در حالی که روند افزایشی فقط در رامسر در نزدیکی خط ساحلی نمایانگر است.



شکل ۷. نقشه پراکندگی مکانی آنالیز ریدیت دید افقی برای مقیاس‌های سالانه (الف) و فصلی (بهار (ب)، تابستان (ج)، پاییز (د) و زمستان (ر)) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه

شکل ۸ (الف-ب) ضریب همبستگی بین دید افقی و رطوبت نسبی برای مقیاس سالانه و ماهانه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۸ (الف-ب) ضریب همبستگی رطوبت نسبی و دید افقی منطقه مورد مطالعه منفی بوده است؛ که بیانگر وجود رابطه معکوس قوی رطوبت نسبی و دید افقی است. برای هر دو مقیاس ماهانه و سالانه بیشترین ضریب همبستگی منفی با مقدار $-0/47$ در آستارا در شمال غرب منطقه مشاهده شد؛ که نشان از وجود رابطه معکوس قوی رطوبت نسبی و دید افقی دارد. در حالی که کمترین ضریب همبستگی منفی در مقیاس سالانه در ساری تقریباً در مرکز منطقه با کمیت $-0/07$ و در مقیاس ماهانه در منجیل واقع در جنوب غرب منطقه ($-0/11$) مشخص شد. در مقیاس سالانه ایستگاه‌های آستارا، بندر انزلی، نوشهر، گنبدکاووس و سیاه‌بیشه با دامنه مقادیر $-0/47$ تا $-0/23$ در مقیاس سالانه و در مقیاس ماهانه همین ایستگاه‌ها با دامنه مقادیر ($-0/47$ تا $0/25$) وجود رابطه معکوس نسبتاً قوی رطوبت نسبی و دید افقی را تأیید می‌کنند. هرچند که در بقیه ایستگاه‌ها نیز رابطه معکوس بین دو متغیر برقرار است. در هر دو مقیاس

سالانه و ماهانه شمال غرب منطقه مورد مطالعه بالاترین ضریب همبستگی معکوس را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که در هر دو مقیاس نیمه غربی منطقه نسبت به نیمه شرقی منطقه از پراکندگی رابطه معکوس بیشتری برخوردار می‌باشد. کم بودن فاصله بین دریا با مناطق کوهستانی سبب می‌شود هرچقدر وسعت منطقه محصور شده بین تیغه کوه و دریا کم باشد، رابطه معکوس قوی‌تر می‌شود. به دلیل اینکه با افزایش مقدار بیشتر رطوبت نسبی در این منطقه، موجب محصور و نشست هر چه بیشتر رطوبت نسبی در ارتفاعات پایین شده در نتیجه دید افقی کاهش می‌یابد؛ اما با افزایش فاصله بین ارتفاعات و دریا در نیمه شرقی منطقه، رطوبت نسبی به دلیل حرکت به سمت ارتفاعات، فرصت کافی برای نشست ندارد در نتیجه رابطه معکوس نسبتاً کاهش می‌یابد. جهت وزش باد نیز در افزایش یا کاهش دید افقی تأثیر دارد به طوری که اگر جهت وزش باد از دریا به سمت ارتفاعات باشد، منجر به انباشت هر چه بیشتر رطوبت نسبی و کاهش دید افقی در منطقه محصور می‌شود. همچنین در فصل زمستان، اواخر پاییز و اوایل بهار کاهش دید افقی به همراه افزایش رطوبت نسبی می‌تواند به دلیل فعالیت بیشتر سامانه‌های جوی و شرایط آب و هوایی متغیر در این ایام باشد که بیانگر وجود رابطه معکوس بین رطوبت نسبی و دید افقی است. به عبارتی در دوره‌هایی که هوا سرد است و میانگین دما پایین است، رطوبت نسبی بیشتر می‌شود به دنبال آن حداکثر فراوانی وقوع مه و مه دود، باعث ایجاد کاهش در دید افقی می‌شود.



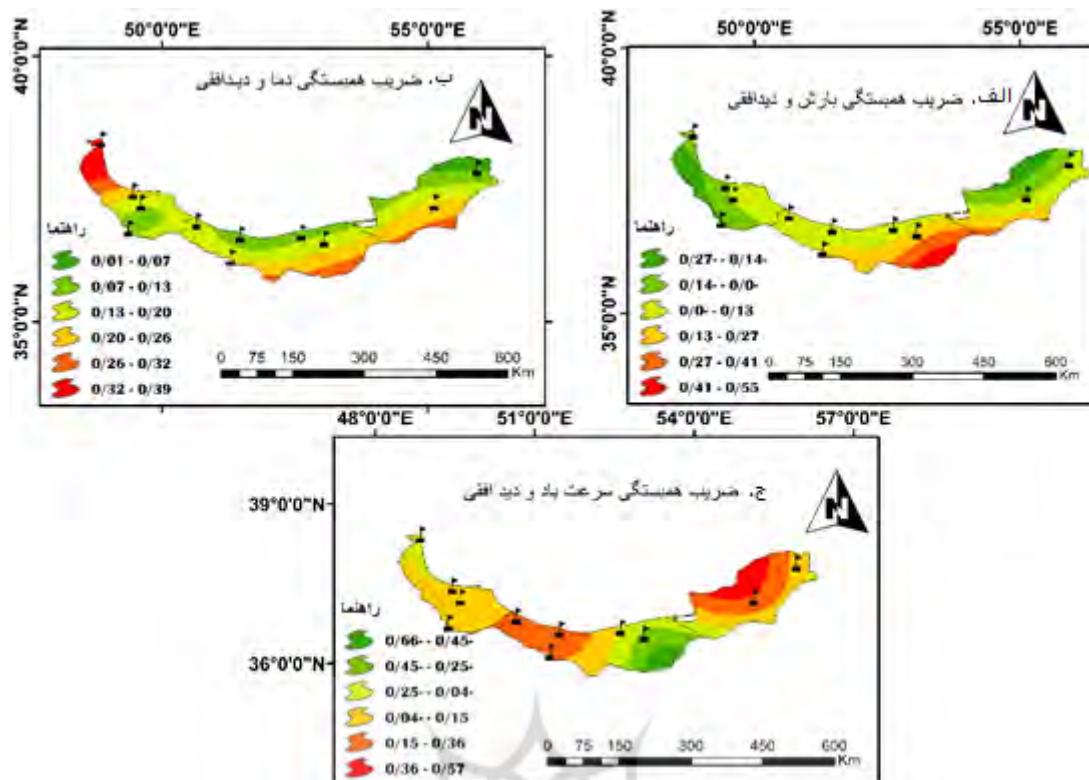
شکل ۸. ضریب همبستگی بین رطوبت نسبی و دید افقی برای مقیاس‌های ماهانه (الف) و سالانه (ب)

شکل ۹ (الف، ب، ج) ضریب همبستگی بین دید افقی با پارامترهای اقلیمی در منطقه را نشان می‌دهد. طبق نقشه ضریب همبستگی دید افقی و بارش (شکل ۹ الف) در منطقه مطالعاتی بین دو متغیر مذکور هم روابط مستقیم و هم رابطه معکوس برقرار است. به بیانی دیگر در ایستگاه‌های آستارا، بندر انزلی، گنبد کاووس، مراوه تپه و منجیل بین دو متغیر دید افقی و بارش همبستگی معکوس برقرار است که دامنه همبستگی معکوس در ایستگاه‌های مذکور (۰/۱۵-) تا (۰/۱۲-) در نوسان است. بالاترین همبستگی معکوس در منجیل با همبستگی ۰/۱۵- در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد نشان داده شد. همچنین ضعیف‌ترین همبستگی معکوس بین دو متغیر در مراوه تپه (۰/۱۲-) به ثبت رسیده است. در نقطه مقابل، در ایستگاه‌های بابلسر، رامسر، رشت، ساری، سیاه‌بیشه و نوشهر بین دید افقی و بارش همبستگی مستقیم برقرار است. بیشترین همبستگی مثبت در ساری (۰/۱۷) در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد مشخص شد. ضعیف‌ترین همبستگی مستقیم (۰/۱۲) در بابلسر نمایان شد. بررسی سطح معنی‌داری ضریب همبستگی دید افقی و بارش نشان می‌دهد که در ۲۷ درصد از مساحت منطقه همبستگی بین دید افقی و بارش معنی‌دار می‌باشد. بررسی پراکندگی مکانی

ضریب همبستگی دید افقی و بارش در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که به‌استثنای مناطق کوچکی در شمال غرب و شمال شرق منطقه (که همبستگی معکوس دارند)؛ در سایر مناطق همبستگی مستقیم نمایانگر است. به‌عبارت‌دیگر، پراکندگی همبستگی از مستقیم به معکوس؛ از جنوب به شمال منطقه نشان داده‌شده است. میزان کاهش دید در زمان بارش به‌اندازه قطرات و شدت بارش نیز بستگی دارد. به‌طوری‌که در بارش‌های ملایم تأثیر کمتری را بر دید افقی می‌گذارند اما بارش‌های شدید می‌تواند دید افقی را حتی تا ۵۰۰ متر کاهش دهد.

با توجه به نقشه (ب) شکل ۹، بررسی مقادیر ضریب همبستگی دید افقی و دما نشان می‌دهد که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه بین دید افقی و دما رابطه مستقیم وجود دارد. بدین معنا که با افزایش دما، دید افقی نیز افزایش می‌یابد. همچنان که در تمامی ایستگاه‌ها ضریب همبستگی مقادیر مثبتی را نشان می‌دهد. در ۷۲ درصد از مساحت منطقه همبستگی دید افقی و دما در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. در منجیل معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد نشان داده‌شده است. در عین حال در ایستگاه‌های مراوه‌تپه و نوشهر همبستگی غیر معنی‌دار به ترتیب (۰/۰۶۴ و ۰/۰۷۷) را مشاهده شد. در این میان بیشترین همبستگی دید افقی و دما در آستارا واقع در شمال غرب منطقه (۰/۳۸) گزارش شد. همان‌گونه که نقشه (ب) نشان می‌دهد پراکندگی مکانی ضریب همبستگی در شمال شرق منطقه مطالعاتی کمترین میزان را نشان می‌دهد. با نزدیک شدن به نوار ساحلی مقادیر همبستگی کاهش می‌یابد. در حالت کلی پراکندگی مکانی مقادیر ضریب همبستگی از شمال غرب به شمال شرق و از جنوب منطقه یعنی از ارتفاعات البرز به سمت شمال یعنی نوار ساحلی کاهش می‌یابد.

بر اساس شکل ۹ ج، توزیع مکانی ضرایب همبستگی دید افقی و سرعت باد در منطقه بیانگر وجود همبستگی مستقیم و معکوس می‌باشد. به‌طوری‌که دامنه همبستگی مستقیم بین ۰/۳۴ در گنبدکاووس تا ۰/۰۰۱ در رشت در نوسان است. همچنان که دامنه همبستگی معکوس بین ۰/۲۸- در ساری و ۰/۰۸- در بابلسر نوسان دارد. لازم به ذکر است که در ۵۴ درصد از مساحت منطقه همبستگی بین دید افقی و سرعت باد معنی‌دار می‌باشد. در ایستگاه‌های رامسر، ساری، سیاه‌بیشه، گنبدکاووس و نوشهر در سطح ۹۹ درصد و در منجیل در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. بررسی نقشه پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی دید افقی و سرعت باد نشان می‌دهد که در شمال غرب و نیمه شمالی مرکز منطقه همبستگی معکوس نشان داده‌شده است. می‌توان بیان کرد که ۳۶ درصد از مساحت منطقه را رابطه معکوس شامل می‌شود. همچنین بیشترین همبستگی مثبت در شمال شرق منطقه مطالعاتی نشان مشاهده شد. بالا بودن سرعت باد در نواحی فاقد پوشش گیاهی سبب افزایش ذرات معلق در هوا می‌شود و در نواحی نزدیک دریا با توجه به جهت وزش باد می‌تواند منجر به جابجایی مه از روی دریا به ساحل و یا عقب‌نشینی مه از ساحل به روی دریا شود. در شرایطی که ذرات معلق در هوا بیشتر باشد مثل شمال غرب منطقه مطالعاتی که در توپوگرافی پیچیده محصور شده است بالا بودن سرعت باد می‌تواند منجر به کاهش دید افقی گردد.



شکل ۹. ضریب همبستگی بین دید افقی با پارامترهای اقلیمی در منطقه مطالعاتی. بارش (الف)، دما (ب) و سرعت باد (ج)

بحث

همان‌طور که یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد تغییرات میانگین سالانه دید افقی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴ دوره (دوره اول سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۶ دوره افزایش؛ دوره دوم سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۵ دوره کاهش محسوس؛ دوره سوم سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۲ دوره ثبات (بدون تغییر اساسی) و دوره چهارم سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ دوره افزایش نسبی بوده‌اند. در این راستا، نتایج حاصل از این پژوهش همسو با یافته‌های مطالعات (حسینی صدر و همکاران، ۱۴۰۲) است. پژوهش‌هایی شامل هوا و همکاران (۲۰۱۷) در چین، هند و ایالات متحده و فوندا و همکاران (۲۰۱۷) در یونان دوره‌های نوسانی خاصی را بررسی کرده‌اند. تغییرات دید افقی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متفاوت است که می‌تواند متأثر از عوامل مختلف باشد. یافته‌های این پژوهش از نظر دوره‌های نوسانی با مطالعات بالا منطبق است. یافته‌های ساری صراف و همکاران (۱۴۰۲) در بررسی روند دید افقی جنوب غرب ایران با این پژوهش منطبق نیست علت این امر می‌تواند شاید به علت وجود گردوغبار در کاهش دید در منطقه یا به خاطر تفاوت در بازه زمانی موردنظر باشد.

نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر روند زمانی-مکانی دید افقی در سواحل جنوبی دریای خزر است. به این منظور از آنالیز ریدیت و ضریب همبستگی دید افقی با پارامترهای اقلیمی (رطوبت نسبی، دما، بارش و سرعت باد) برای بازه زمانی ۶۹ ساله (۱۹۵۱-۲۰۲۰) استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که تغییرات میانگین سالانه دید افقی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴ دوره نسبتاً متفاوتی را نشان می‌دهد. دوره اول میانگین دید افقی اغلب بالاتر از ۱۸ کیلومتر بود و از ۱۶ تا ۲۱/۵ کیلومتر در نوسان بوده است. دوره دوم کاهش محسوسی در میزان دید افقی رخ داده است و میانگین آن در انتهای این دوره به

۱۰ کیلومتر کاهش یافته است. در دوره سوم دوره ثبات است فقط نوسانات جزئی رخ داده است. در دوره چهارم دوره بهبود نسبی دید افقی می‌باشد که در این دوره میانگین دید افقی تغییرات نسبتاً زیادی داشته است و مابین ۹ تا ۱۲ کیلومتر متغیر بوده است. ایستگاه‌های بابلسر، رامسر و ساری روند افزایشی و ایستگاه‌های گرگان، رشت و آستارا روند کاهشی نسبت به میانگین منطقه‌ای را داشته‌اند. در میانگین ماهانه از اوایل فصل زمستان تا اوایل بهار میزان دید افقی کاهشی یافته به طوری که در ماه مارس مقدار آن به ۱۱/۸ کیلومتر رسیده است. از اواسط بهار تا اواخر تابستان، افزایش دید افقی رخ داده است. در بین ماه‌ها، بیشترین میانگین دید افقی در ماه ژوئن با مقدار ۱۲/۸ کیلومتر گزارش شد. در فصل پاییز، افزایش نسبی دید افقی رخ داده است. بیشترین میانگین دید افقی در این فصل در ماه مارس (۱۳) کیلومتر مشاهده شد. تقریباً تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه (به جز بابلسر و قراخیل) از یک الگو تبعیت کردند، به این صورت که در دوره گرم سال افزایش دید افقی در این ایستگاه‌ها اتفاق افتاده است. علت افزایش و کاهش دید افقی قطعاً در ارتباط با دریای خزر، میزان بارندگی‌ها و افزایش بخار است که البته عوامل دیگر نیز تأثیرگذار هستند. تفاوت فاحشی در میزان دید افقی ایستگاه آستارا با بقیه ایستگاه‌ها وجود دارد، یعنی با وجود اینکه از الگوی افزایشی در دوره گرم تبعیت می‌کند ولی در کل، میزان دید افقی کمتری دارد. در بین ایستگاه‌ها، ایستگاه‌های بابلسر، رامسر و آستارا روند کاهشی و ایستگاه نوشهر، روند افزایشی و گنبدکاووس و مراوه‌تپه بدون روند دید افقی را تجربه کرده‌اند. بیشترین اختلاف مقادیر ریدیت در ایستگاه بابلسر (۰/۸ تا ۰/۲) و کمترین اختلاف آن در مراوه‌تپه مشاهده شد. در مراوه‌تپه خط بدون روند به خط توزیع مرجع نزدیک می‌باشد و در بابلسر فاصله خط روند و خط توزیع مرجع بیشترین مقدار را داشته است. به طور کلی شرق منطقه هم در مقیاس سالانه و هم در مقیاس فصلی دید افقی روند خاصی را نشان نمی‌دهد. در نیمه گرم سال یعنی فصل‌های بهار و تابستان روند دید افقی در تمام ایستگاه‌ها بدون روند است. در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز سه ایستگاه شرایط بدون روند و دو ایستگاه روند کاهشی و یک ایستگاه روند افزایشی دید افقی را نشان می‌دهد. در فصل زمستان از تعداد ایستگاه‌های بدون روند یک مورد کم شده و به دو ایستگاه کاهش یافته است و چهار ایستگاه دارای روند است. بیشترین تعداد ایستگاه‌های دارای روند کاهشی نسبت به سایر فصل‌ها در فصل زمستان مشاهده شد. به طور کلی با افزایش ارتفاع، دید افقی شرایط بدون روند یا روند کاهشی را نشان می‌دهد. از نظر پراکندگی مکانی دید افقی در مقیاس سالانه نشان می‌دهد که دید افقی در شرق منطقه نسبت به غرب منطقه بیشتر است. همچنین بررسی‌های مربوط به پراکندگی مکانی دید افقی فصلی نشان داد که در بهار با دور شدن از نوار ساحلی به دلیل افزایش ارتفاع، دید کاهش می‌یابد. در فصل بهار شرق منطقه نسبت به غرب دارای دید افقی بیشتری می‌باشد. در تابستان بیشینه دید افقی در نوار ساحلی خزر مشاهده شد. در این فصل جنوبی‌ترین بخش منطقه که نزدیک به ارتفاعات البرز است از دید افقی کمتری برخوردار است. در فصل پاییز با نزدیک شدن به ارتفاعات البرز با افزایش بارش و مه آلودگی دید افقی کاهش می‌یابد. در قسمت‌های غرب و شرق به ترتیب دید افقی افزایش و کاهش نشان داد. در زمستان کمترین دید افقی نیز در جنوبی‌ترین بخش منطقه و بیشینه آن در قسمت شمال شرق منطقه متمرکز شده است. ضریب همبستگی در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه به جز ایستگاه بابلسر که رابطه مستقیم بین دید افقی و رطوبت نسبی را نشان داد، در بقیه ایستگاه‌ها رابطه معکوس بین دو متغیر برقرار است. در شمال غرب منطقه در آستارا شدیدترین رابطه معکوس با ۰/۴۷- برقرار است. این در حالی است که ضعیف‌ترین رابطه معکوس در مقیاس سالانه در ساری با ۰/۰۷- و در مقیاس ماهانه در منجیل با ۰/۱۱- برقرار است. در هر دو مقیاس مورد مطالعه بیشترین ضریب همبستگی معکوس در شمال مشاهده شد. نتایج بررسی همبستگی بین دید افقی با پارامترهای اقلیمی نشان داد که ضریب همبستگی دید افقی و بارش هم رابطه مستقیم هم رابطه معکوس برقرار است و ۲۷ درصد از مساحت منطقه همبستگی معنی‌دار می‌باشد. ضریب همبستگی دید افقی و دما در تمام ایستگاه‌ها

رابطه مستقیم وجود دارد بدین معنا که با افزایش دما دید افقی افزایش می‌یابد و ۷۲ درصد از مساحت منطقه همبستگی دید افقی و دما در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است و پراکندگی مکانی ضریب همبستگی در شمال شرق منطقه کمترین میزان را نشان داد و با نزدیک شدن به نوار ساحلی مقادیر همبستگی کاهش می‌یابد. ضریب همبستگی دید افقی و سرعت باد بیانگر وجود همبستگی مستقیم و معکوس است که ۵۴ درصد مساحت منطقه همبستگی بین دید افقی و سرعت باد معنی‌دار می‌باشد. همچنین بررسی نقشه پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی دید افقی و سرعت باد نشان داد که بالاترین ضریب همبستگی مثبت در شمال شرق منطقه مطالعاتی متمرکز شده است.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آرامی، زیبا. (۱۳۹۴). تخمین عمق دید با استفاده از پردازش تصویر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی علی امیری: دانشگاه زنجان، دانشکده علوم پایه.
- ابراهیمی خوسفی، زهره. (۱۳۹۸). تحلیل اثر سرعت باد و رطوبت خاک بر تغییرات دید افقی ناشی از رخداد گردوغبار در مناطق خشک (منطقه مطالعاتی: جنوب شرق ایران). نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، ۱(۲۴)، ۸۷-۹۱. Doi: 10.22052/deej.2018.7.24.61
- جابری، پریسا؛ ثابت‌قدم، سمانه و قادر، سرمد. (۱۳۹۳). پیش‌بینی کاهش دید ناشی از مه و بارش در منطقه تهران با استفاده از مدل WRF. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۷(۳)، ۱۰۷-۱۲۴. Doi:10.29252/jsaeh.7.3.107
- جبال، عاطفه؛ زارع، محمد؛ اختصاصی، محمدرضا و جعفری، رضا. (۱۳۹۹). بررسی گسترده تغییرپذیری دید افقی مناطق متأثر از خدادهای گردوغبار در استان یزد. نشریه مدیریت بیابان، ۱۵، ۲۱-۳۶. doi: 10.22034/jdmal.2020.44927.۳۶-۲۱
- حاتمی مهند، جلال‌الدین؛ ثابت‌قدم، سمانه و احمدی، گیوی. (۱۳۹۸). بررسی شرایط هواشناسی کمینه دید افقی روزانه با استفاده از اطلاعات دستگاه RVR فرودگاه امام خمینی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۶(۱)، ۲۷-۳۰. Doi: 10.29252/jsaeh.6.1.2
- حجازی، عباس؛ مباشری، محمدرضا؛ مجیدی، داوود. (۱۳۹۳). استفاده از تصویر ماهواره‌ای در محاسبه قابلیت دید افقی جو. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۵(۱۷)، ۴۷-۵۶.
- حسینی صدر، عاطفه؛ صلاحی، برومند و محمدی، غلامحسین. (۱۴۰۲). تحلیل اقلیمی نوسانات طولانی‌مدت دید افقی در شمال غرب ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. Doi: 10.22034/GP.2023.57121.3156

- دهقان، مهدی؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی و مزیدی، احمد. (۱۳۹۸). برآورد رابطه میان PM10 و دید افقی به تفکیک کد همدیدی در یزد. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۸(۱۹)، ۷۵-۹۰. Doi 10.22111/jneh.2018.20849.1283
- رنجبران، ملیحه؛ عجمی، بتجخی، محسن؛ برزویی، هادی و برزین، مجتبی. (۱۳۹۳). بررسی رابطه بین زاویه و شدت پراکندگی برای ذرات جوی کاهنده قابلیت دید افقی، مرکز خدمات تخصصی اپتیک جهاد دانشگاهی صنعتی شریف. بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۷-۱۴۰۰. ساری صراف، بهروز؛ محمدی، غلام حسن و یزدانی، محمد. (۱۴۰۲). تحلیل روند دید افقی در جنوب غرب ایران بین سال‌های ۱۹۹۸-۲۰۲۰. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۵(۱)، ۱-۱۸. DOI: 10.22059/JPHGR.2022.339960.10076

References

- Arami, Z. (2015). Estimate of visibility by image processing. Supervisor: ali amiri, Zanjan University. [In Persian]
- Boudala, F., Isaac, G., Crawford, R., & Reid, J. (2012). Parameterization of Runway Visual Range as a Function of Visibility: Implications for Numerical Weather Prediction Models. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29, 177-191. Doi.org/10.1029/2012jd011130
- Clark, P; Harcourt, S; Macpherson, B; Mathison, c; cusack, S; Naylor, M. (2008). Prediction of visibility and aerosol within the operational met office unified model. *journal of the royal meteorological society*, 134, 1801-1816. Doi.org/10.1002/dj.318
- Dehghan, M., Omidvar, K., Mozafari, G., & Mazidi, A. (2019). Assessment of the relationship between PM10 and visibility in the separation of synoptic code in Yazd. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(19), 75-90. Doi: 10.22111/jneh.2018.20849.1283 [In Persian]
- Ebrahimikhusfi, Z. (2022). Analysis of the Effect of Wind Speed and Soil Moisture on Horizontal Visibility Variations Caused by Dust Event in Arid Regions (Study Region: Southeast of Iran). *Desert Ecosystem Engineering*, 8(24), 109-121. doi: 10.22052/deej.2018.7.24.61 [In Persian]
- Hejazi, A., Mobasheri, M. R., & Majidi, D. (2014). Using satellite images to calculate atmospheric visibility. *Journal of Climate Research*, 17, 47-56. [In Persian]
- Hatami, J., Sabatghadam, S., & Ahmadi-Givi, F. (2019). Investigation of the daily minimum visibility meteorological conditions using RVR data at IKA airport during 2013-2014. *Journal of Spatial Analysis Environmental hazards*, 6(1), 17-30. Doi: 10.29252/jsaeh.6.1.2 [In Persian]
- Hoseyni sadr, A., Salahi, B., Mohamadi, G. (2023). Long-term Fluctuations in Horizontal Visibilities over Northwest of Iran. *Geography and urban planning*. Doi 10.22034/GP.2023.57121.3156
- Huizheng, C; Xiaoye, Z; Yang, L; Zijiang, Z; John, J.Q. (2005). Horizontal visibility trend in China. *geophysical research letters*, 34, 124706, doi:10.1029/2007GL31450
- Jaberi, P., Sabatghadam, S., & Ghader, S. (2020). Visibility prediction during fog and precipitation using the WRF model over Tehran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7(3), 107-124. Doi:10.29252/jsaeh.7.3.107 [In Persian]
- Jebali, A., Zare, M., Ekhtesasi, M. R., & jafari, R. (2020). Investigating of Change Extent of Horizontal Visibility in Regions Affected by Dust events in Yazd Province. *Desert Management*, 8(15), 21-36. doi: 10.22034/jdmal.2020.44927 [In Persian]
- khoshsim, M., & Ahmadi, F. (2016). Study of long-term variation of extinction coefficient based on horizontal visibility in busiest airports in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 42 (2), 459-467. DOI. 10.22059/JESPHYS.2016.55503.
- Masoumi, A., Khaledifard, H., Bayat, A., & Moradhaseli, R. (2013). Retrieval of aerosol optical and physical properties from groundbased measurements for Zanjan, a city in Northwest Iran. *Atmospheric research*, 120-121, 343-355. Doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.09.002.
- Ranjbaran, M., Ajami, A., Bonjakhhi, M., Borzouei, H., & Barzin, M. (2015). Study of the relationship between the scattering angle and intensity of the atmospheric particles, reducing horizontal visibility. *ICOP & ICPET*, 21, 1397-1400. [In Persian]

- Saber, A., Meihami, M., & Masoumi, A. (2020). Study of reduction of horizontal visibility for the city of Zanzan based on the data of synoptic and ground-based remote sensing stations. *Earth and space physics*, 46(2), 347-354. DOI:10.22059/jesphys.2020.291264.1007173
- Sari saraf, B., Mohamadi, G., & Yazdani, M. (2023). Analysis of horizontal trends in southwest iran, natural geography research, 55 (1), 1-18. DOI: 10.22059/JPHGR.2022.339960.10076 [In Persian]
- Young, S., Kil, Ch., Sihye, L., & Yong, P. (2014). Visibility Trends in Korea during the Past Two Decades. *Air & Waste Manage. Assoc*, 55, 73–82. Doi.org/10.1080/10473289.2005.10464599.
- Wang, Z., Chen, L., Tao, J., Zhang, Y., & Su. L. (2010). Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method. *Remote Sensing of Environment*, 114, 50–63. Doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.009.
- Wu, J., Fu, C., Zhang, L., & Tang, J. (2012). Trends of visibility on sunny days in China in the recent 50 years. *Atmos. Environ*, 55, 339-346. Doi.10.22059/jesphys.2012.55503.

