



## Estimation of the Percentage of the Rural Population in Sistan due to the Decrease in Horizontal Visibility Resulting from Dust Storms

Ahmad Hosseini <sup>1</sup>  , Elahe Nakhaei Nezhad <sup>2</sup>

1. (Corresponding Author) *Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Payamnoor University, Tehran, Iran*

**Email:** [Ahmad\\_hossayni@pnu.ac.ir](mailto:Ahmad_hossayni@pnu.ac.ir)

2. *Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Payamnoor University, Tehran, Iran*

**Email:** [e.nakhaiezhad@yahoo.com](mailto:e.nakhaiezhad@yahoo.com)

### ARTICLE INFO

**Article type:**  
**Research Article**

#### Article History:

**Received:**

2 April 2024

**Received in revised form:**

26 May 2024

**Accepted:**

21 June 2024

**Available online:**

26 July 2024

#### Keywords:

*Horizontal Vision,*

*Dust Storms,*


*Rural Migration,*

*Sistan Region.*

### ABSTRACT

Today, one of the most essential migrations is migration related to climate change. This has become very important with the revelation of climate crises and damage to agricultural and livestock products, and it has caused the migration of rural to other cities and the reduction of the annual growth rate of the rural population in Sistan province. Therefore, this issue was considered the horizontal visibility caused by dust storms as one of the environmental hazards in Sistan that cause rural to migrate. Moreover, this trend will continue in the coming years. Based on this, the total population of Sistan and the percentage of its rural population in the statistical periods of 1957 to 2016 were obtained from the statistical yearbooks of the National Statistics Portal of Iran. Then, the necessary programming was done using R software and spatio-temporal regression statistical method and *spdep*, *tseries*, *maptools*, and *alr3* software packages. The obtained results showed that the amount of rural population in 2018 reached 55.57%, in 2019 reached 54.96%, and in 2020 and 2021, it reached 54.26% and 53.47%, respectively, during the previous years. It is estimated that until 2021, 99% of rural migration will be related to reducing horizontal visibility and its destructive effects, and only 1% will be related to other migration factors. Also, the variable coefficient of the t statistic in the regression model (-2.865) is negative. This issue indicates that rural migration in Sistan will decrease with the reduction of horizontal visibility.

**Citation:** Hosseini, A., & Nakhaei Nezhad, E. (2024). Estimation of the Percentage of the Rural Population in Sistan due to the Decrease in Horizontal Visibility Resulting from Dust Storms. *Geographical planning of space quarterly journal*, 14 (2), 61-78.

 <http://doi.org/10.30488/gps.2024.365884.3591>



© The Author(s)

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Publisher:** Golestan University Press

## Extended Abstract

### Introduction

Studies show that in recent years, environmental hazards such as drought, flood, and dust storms have significantly impacted rural migration. Research also shows that rural areas are more exposed to the dangers of dust storms than urban areas. Dust storms in the Sistan, endangering economic, social, and even environmental activities, have reduced agricultural lands' horizontal visibility and fertility and the drying up of Hamoon wetland, leading to decreased agricultural products and increased migration. Therefore, descriptive analysis shows that migration in Sistan is one of the important issues in this region and is one of the critical consequences of environmental and climate change that can seriously threaten this region as a human climate system. Accordingly, this study tries to use spatio-temporal regression until 2021-2022 to predict the rural population of Sistan using horizontal visibility data to be considered in regional planning.

### Methodology

The study area is between 60 to 62 and 30 to 31.30 degrees longitude and latitude in eastern Iran, respectively. This region is within the 120-day winds of Sistan, which starts in mid-May and continues until mid-September. A descriptive analysis of the data shows that from 1987 to 2018, the horizontal visibility of the Sistan region, including the Zabol and Zahak stations, has slightly increased. The distribution of horizontal visibility and rural population during the statistical period shows that as the horizontal visibility decreases, the percentage of the rural population in the Sistan region decreases sharply, so its  $R^2$  level with a figure above 0.87 indicates the criticality of the region. Therefore, considering the important role of horizontal visibility resulting from dust storms in reducing the rural population of Sistan, this issue was investigated in this study, which the statistical method of spatio-temporal regression and R software (2018) and Software packages Spdep, tseries, maptools, and alr3 were used. Therefore, for data preprocessing, first the temporal correlation

of the data, then for the spatial dependence of the data, Run Test and Moran test were used, respectively. Finally, with and due to the continuity of horizontal visibility data, the annual horizontal visibility was estimated with the help of nearby stations. Then, using the horizontal visibility data predicted for the stations of Sistan with the help of temporal regression, the percentage of the rural population of Sistan until 2023 was estimated.

### Results and discussion

The autocorrelation function and the stationary average of the annual horizontal data show that the data are predicted. Hypothesis tests to determine the type of spatio-temporal regression, including hypothesis: normality of errors, non-correlation of errors, and homogeneity of error variance, showed that the Ordinary Least Square estimator (OLS) can be used to predict data. Analysis of spatiotemporal regression test coefficients, including the width from the origin variable, horizontal visibility independent variable, and regression line equation (Statistical distribution F), showed that the horizontal visibility variable could predict the percentage of rural migration in Sistan. According to the 1957 census, the rural population of Sistan was 92%, which in 2016 reached 56%. The coefficient of determination calculations shows that 87% of the population decrease was related to horizontal visibility and its results. Forecasts show that the rural population of Sistan will reach 55.57% in 2019, 54.96% in 2020, 54.26%, and 53.47% in 2021 and 2022. by 2022, 99% of rural migration will be related to decreased horizontal visibility and its destructive effects in this area. Therefore, the results of the data forecast show that horizontal visibility significantly reduces the rural population in Sistan, which should be considered.

### Conclusion

According to the general census in 2016, the population of Sistan, including the cities of Zabol, Zahak Hermand, Hamoon, and Nimroz, was equal to 398.029, of which 146.223 were equivalent to 56% of rural areas, so in 1957, 92% of the population of

Sistan region in the villages lived. The distribution of horizontal visibility and rural population, regardless of the time factor, shows that as the horizontal visibility decreases, so does the percentage of rural population in Sistan. Predicted data spatial-temporal regression show that in 2020, the rural population of Sistan was 55.57%, in 2020 to 54.96%, and in 2021 and 2022 to 54.26% and 53.47%, respectively. It is estimated that during the predicted years, i.e., from 2020 to 2022, 99% of rural migration is related to reduced visibility and its destructive effects, and 1% is related to other migration factors in this area to solve this problem, control measures should be taken to reduce the effects of the spread of fine dust and reduce horizontal visibility and ultimately stabilize the population.

#### **Funding**

There is no funding support.

#### **Authors' Contribution**

The contribution of the first author is 70 and the second author is 30.

#### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

#### **Acknowledgments**

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



## برآورد درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان در اثر کاهش دید افقی حاصله از طوفان‌های گردوغباری

احمد حسینی<sup>۱</sup> ، الهه نخعی نژاد<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: [Asadi.m@cfu.ac.ir](mailto:Asadi.m@cfu.ac.ir)

۲- گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Email: [has.mohamadi7@gmail.com](mailto:has.mohamadi7@gmail.com)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

#### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

#### تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۱/۱۴

#### تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۳/۰۶

#### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۴/۰۱

#### تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۵/۰۵

#### واژگان کلیدی:

دید افقی،

طوفان‌های گردوغبار،

مهاجرت روستایی،

منطقه سیستان.

امروزه یکی از مهم‌ترین مهاجرت‌ها، مهاجرت‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی است که با آشکار شدن بحران‌های آب‌وهوا و وارد آمدن خسارت به محصولات کشاورزی و دامی از اهمیت زیادی برخوردار شده و باعث مهاجرت روستائیان به سایر شهرها و کاهش نرخ رشد جمعیت سالیانه روستایی در منطقه سیستان نیز شده است. لذا این مسئله مدنظر قرار گرفت که آیا دید افقی حاصله از طوفان‌های گردوغباری به‌عنوان یکی از مخاطرات محیطی در سیستان باعث مهاجرت روستائیان می‌شود و این روند در سال‌های آینده ادامه‌دار است؟ بر این اساس جمعیت کل منطقه سیستان و درصد جمعیت روستایی آن در دوره‌های آماری ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ از سالنامه‌های آماری درگاه ملی آمار ایران اخذ شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار R و روش آماری رگرسیون فضایی-زمانی و بسته‌های نرم‌افزاری `spdep`، `tseries`، `maptools` و `alr3` برنامه‌نویسی لازم انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد میزان جمعیت روستایی در سال ۱۳۹۸ به ۵۵/۵۷٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۹۶٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۲۶٪ و ۵۳/۴۷٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی‌شده یعنی تا سال ۱۴۰۱، ۹۹٪ مهاجرت روستایی مربوط به کاهش دید افقی و اثرات مخرب آن و تنها ۱٪ مربوط سایر فاکتورهای مهاجرتی است. همچنین ضریب متغیر آماره  $t$  در مدل رگرسیونی (۲/۸۶۵-) منفی است. این موضوع حاکی از آن است که با کاهش دید افقی مهاجرت روستایی در منطقه سیستان کاهش می‌یابد.

**استناد:** حسینی، احمد و نخعی نژاد، الهه. (۱۴۰۳). برآورد درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان در اثر کاهش دید افقی حاصله از طوفان‌های گردوغباری. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۴ (۲)، ۶۱-۷۸.

<http://doi.org/10.30488/gps.2024.365884.3591>



## مقدمه

مهاجرت پدیده‌ای است که به نقل و انتقال سکونتگاه انسان از مکانی به مکان دیگر مربوط می‌شود. به عبارت دیگر، مهاجرت همان جابجایی مکانی انسان‌ها است که به عنوان موضوعی پایدار در رشته‌های گوناگون علوم انسانی و اجتماعی، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود معطوف داشته است. امروزه به علت گستردگی جابجایی مکانی انسان‌ها، همه جوامع بشری به نحوی با چالش مهاجرت مواجه هستند (سجادپور ۱۳۸۴: ۹). برخی از محققان مهاجرت را یکی از عوامل اصلی تغییر و تحول جمعیت می‌دانند که به دلیل ماهیت خود علاوه بر تغییرات درازمدت، می‌تواند آثاری سریع در ساختار جمعیت ایجاد کند (زنجانی، ۱۳۸۰: ۱۲). امروزه یکی از مهم‌ترین مهاجرت‌ها، مهاجرت‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی است که با آشکار شدن بحران‌های آب‌وهوا در بیشتر نقاط جهان، از اهمیت بالایی برخوردار است (Fussell & Castro, 2022: 205-223). به طوری که نتایج اجتماعی متفاوتی در منطقه مهاجر فرست و مهاجرپذیر به دنبال دارد و به عنوان سیستم اقلیم انسانی مورد بحث قرار می‌گیرد (Jusup et al, 2022: 948). مطالعات نشان می‌دهد، در سال‌های اخیر مخاطرات محیطی همچون خشک‌سالی، سیل، گردوغبار بر مهاجرت تأثیر زیادی داشته است (Millock & Withagen, 2022: 309-341). به طوری که یکی از مهم‌ترین دلایل مهاجرت در سال‌های اخیر پیامدهای مخرب طوفان‌های گردوغبار و کاهش تولید محصولات کشاورزی بوده است (Samuels et al, 2022: 199). همچنین تحقیقات نشان می‌دهد مناطق روستایی نسبت به مناطق شهری، بیشتر در معرض خطرات ناشی از گردوغبار قرار می‌گیرند به نحوی که فرسایش خاک و خسارت به محصولات دامی و کشاورزی، می‌تواند باعث از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی شود (Laczo & Aghazarm, 2009: 53-65). در این خصوص نتایج آزمون فریدمن برای پیامدهای امنیتی، فرهنگی - اجتماعی ناشی از ریزگردها در منطقه اهواز نشان داد که افزایش مهاجرت‌ها از این منطقه با بالاترین امتیاز ۹۳،۴، در استان خوزستان مربوط به گردوغبارها بوده است. از این رو می‌توان گفت مهم‌ترین واکنش به عدم حل بحران ریزگردها، مهاجرت مردم از این منطقه بوده است (عباسی، فرید، ۱۴۰۰: ۱۷۴-۱۵۶).

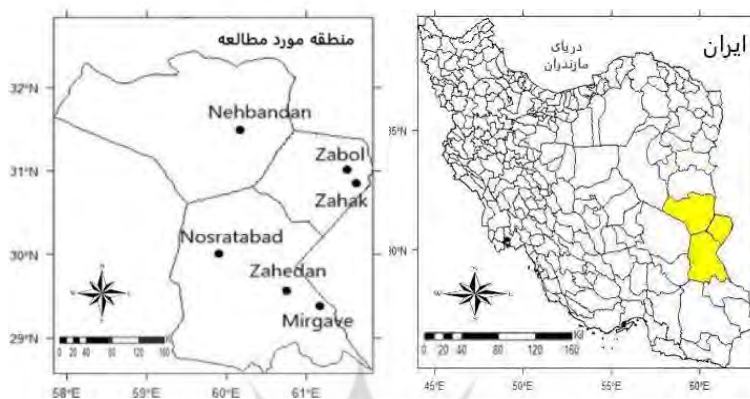
در منطقه سیستان نیز ریزگردها با در معرض خطر قرار دادن فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و حتی زیست‌محیطی، باعث کاهش دید افقی و حاصل خیزی زمین‌های زراعی و خشک شدن تالاب هامون و در نتیجه کاهش محصولات کشاورزی و افزایش مهاجرت را به دنبال داشته است (سردار شهری و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۸-۵۲) که منطقه سیستان یکی از مناطقی است که از دیرباز با پدیده مهاجرت از روستا به شهرهای منطقه و نیز حرکت جمعیت به سمت سایر استان‌های کشور روبرو بوده است. مطالعات نشان می‌دهد که تنها در نیمه دوم سال ۹۲ حدود ۷۰۰۰ هزار خانوار سیستانی از این منطقه مهاجرت کرده‌اند (میرلطفی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۴-۷). بررسی عوامل مؤثر بر گرایش به مهاجرت در بین روستاییان شهرستان زابل، نشان می‌دهد که در بین عوامل مختلف دافعه در مبدأ، افزایش طوفان‌های شن در منطقه رتبه نخست را از نظر پاسخگویان نمونه به خود اختصاص داده است (عبدالله زاده و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۹۵-۱۷۳). یافته‌ها نشان می‌دهد گردوغبار در منطقه سیستان باعث افزایش استرس‌های زندگی، فشارهای روانی، بی‌حوصلگی در کارهای روزمره، بدخلقی و زودرنجی، تصادفات ناشی از کاهش دید، ضعف جسمانی و گسترش بیماری‌های تنفسی می‌شود و در نتیجه گرایش به مهاجرت در آن‌ها تقویت می‌گردد. بررسی‌های میدانی در منطقه و نیز مصاحبه با ساکنین محلی نشان داد، بسیاری از مردم بنا با دلایل فوق‌العاده امیدیه به ماندن ندارند یا مهاجرت کرده‌اند و یا در صورت فراهم شدن شرایط حتماً مهاجرت خواهند کرد که باید گفت مهاجرت را به خاطر ناچاری و از روی اجبار و تحت تأثیر گردوغبار و از بین رفتن معیشتشان انجام می‌دهند (طیب نیا، ۱۳۹۷: ۳۸۹-۳۸۴). بررسی چشمه‌های رخداد گردوغبار و انطباق نقاط روستایی، در

منطقه سیستان نشان می‌دهد، بیشتر جمعیت روستایی درگیر با این پدیده بوده و این مخاطره طبیعی مانعی برای توسعه روستایی و ماندگاری جمعیت می‌باشد (اسماعیل نژاد و فلکی، ۱۳۹۸: ۲۱۵). همچنین به دلیل شرایط بحرانی ناشی از خشک‌سالی‌های پی‌درپی که یکی از منشأهای اصلی افزایش گردوغبار در منطقه سیستان است روستائیان مجبور هستند زمین‌های کشاورزی را رها کرده و به شهرها و استان‌های دیگر مهاجرت کنند که با به هم خوردن تعادل جمعیت منطقه‌ای، مسائل متعدد اجتماعی در سطح ملی را به دنبال دارد (غفاری و رئوف، ۱۳۹۴، ۱۲۵-۱۰۷). منطقه سیستان با مساحتی حدود ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع در شرق ایران قرار گرفته است. بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این منطقه ۳۹۸۰۲۹ نفر بوده است از این تعداد ۱۷۰۵۴۸ نفر در نواحی شهری و ۲۲۳۱۴۶ نفر در نواحی روستایی ساکن بوده‌اند. که ۵۱٪ جمعیت را روستائیان تشکیل می‌دهند. بررسی نرخ رشد سالیانه جمعیت روستایی در منطقه سیستان در ۴ دوره زمانی ۷۰-۷۵-۸۰-۸۵-۹۰-۹۵ نشان می‌دهد که از نرخ سالیانه رشد جمعیت روستایی استان سیستان و بلوچستان به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر است. به‌طوری‌که نرخ رشد سالیانه جمعیت روستایی استان در چهار دوره به ترتیب ۲/۱،۵۵/۱،۱۲/۵۶ و ۱/۷۴ درصد بیشتر از رشد سالیانه جمعیت روستایی محدوده مورد مطالعه است. مقایسه این ارقام با میانگین سالیانه تعداد روزهای گردوغباری نشان می‌دهد، در دوره‌هایی که بیشترین تفاوت بین نرخ رشد سالیانه جمعیت روستایی منطقه مورد مطالعه و استان وجود دارد، بالاترین میانگین تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز مشاهده می‌شود این موضوع در دوره ۹۰-۸۵ که میانگین تعداد روزهای گردوغبار بالاترین مقدار را نشان می‌دهد بیشترین تفاوت نرخ رشد سالیانه جمعیت روستایی در محدوده مورد مطالعه و استان وجود دارد. در این خصوص نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون بین دو متغیر برابر با  $0/۴۸۰-$  و معنی‌دار است یعنی در دوره‌هایی که میانگین تعداد روزهای همراه با گردوغبار بیشترین میزان را نشان می‌دهند نرخ رشد سالیانه جمعیت روستایی در همان دوره کمتر بوده است (Zanganeh & Boroughani, 2021:115-123).

بنابراین تحلیل‌های توصیفی نشان می‌دهد، مهاجرت در سیستان از موضوعات مهم این منطقه است و یکی از پیامدهای مهم تغییرات محیطی و آب‌وهوایی است که می‌تواند به‌عنوان سیستم اقلیم انسانی تهدیدی جدی برای این منطقه باشد. که از اهمیت زیادی در این منطقه برخوردار است. لذا این تحقیق سعی می‌کند نظر به تعریف دید افقی، که معمولاً بیشینه فاصله‌ای است که توسط جسم در جو قابل‌مشاهده است و مقدار آن با جذب و خاموشی نور در اثر مولکول‌های گاز و ذرات تعیین می‌شود و یک نشانگر مشاهداتی ساده از کیفیت هوا به شمار می‌رود. (Hu et al, 2019:740). به بررسی میزان آلودگی هوا و نقش آن در مهاجرت روستایی در منطقه سیستان پردازد تحقیقات اولیه نشان می‌دهد انباشت هواویزها در ستون جو، شدیداً دید افقی را کاهش می‌دهد (Wang & Christopher, 2003:2095-2116) که در اثر فرسایش بادی و فرایند بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت بسیار طولانی در اتمسفر زمین جابه‌جا می‌شود و می‌تواند دید افقی را بین ۱ تا ۲ کیلومتر یا کمتر کاهش دهد (Mie & et al, 2008:965-969) مطالعات در این زمینه نشان می‌دهد، ذرات تولیدکننده گردوغبار تا ارتفاع ۶ کیلومتر صعود و تا مسافت ۶۰۰۰ کیلومتر انتقال می‌یابد و دید افقی را تا ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰ متر کاهش می‌دهند (Xuan & Sokolik, 2004:6239-6252). لذا سعی بر این است با بررسی وضعیت موجود منطقه سیستان و با استفاده از روش رگرسیون فضایی-زمانی تا سال ۱۴۰۱ جمعیت روستایی منطقه سیستان، با به‌کارگیری داده‌های دید افقی منطقه پیش‌بینی شود تا این مسئله در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای در نظر گرفته شود.

## محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه به ترتیب بین ۶۰ تا ۶۲ و ۳۰ تا ۳۱,۳۰ درجه طول و عرض جغرافیایی در شرق ایران واقع شده است (شکل ۱). این منطقه در محدوده بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که از نیمه اردیبهشت‌ماه شروع و تا اواسط شهریورماه ادامه دارد همچنین در این محدوده جغرافیایی ۶ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شامل: نهبندان زابل و زهک، نصرت‌آباد، زاهدان و میر جاوه وجود دارد که از آمار دید افقی آن‌ها در دوره آماری ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است.

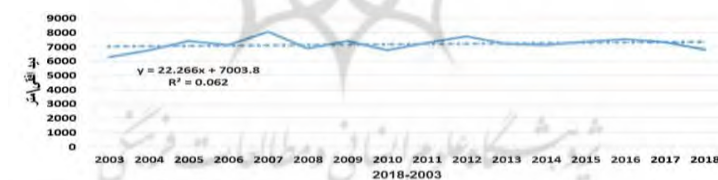


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: برنامه‌نویسی شده در نرم‌افزار R با کمک بسته نرم‌افزاری maptools (Bivand et al, 2022) ترسیم توسط نگارنده مقاله احمد حسینی

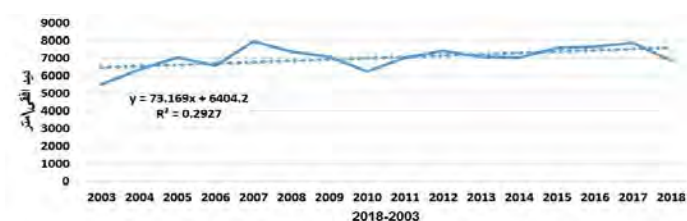
## تحلیل توصیفی داده‌های دید افقی

بررسی توصیفی دید افقی حاصله از طوفان‌های گردوغباری داده‌ها نشان می‌دهد از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۸ میزان دید افقی منطقه سیستان شامل ایستگاه‌های زابل و زهک اندکی افزوده شده است (شکل ۲).



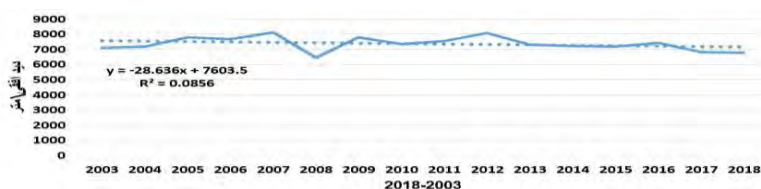
شکل ۲. میانگین دید افقی سالیانه در ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه سیستان

رگرسیون خطی تک متغیره، برای ایستگاه زابل در طول دوره آماری نشان می‌دهد میزان دید افقی از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۸ افزایش می‌یابد اما دارای نوسانات متعددی است منتها از سال ۲۰۱۷ از میزان آن کاسته شده است (شکل ۳).



شکل ۳. میانگین دید افقی در ایستگاه سینوپتیک زابل

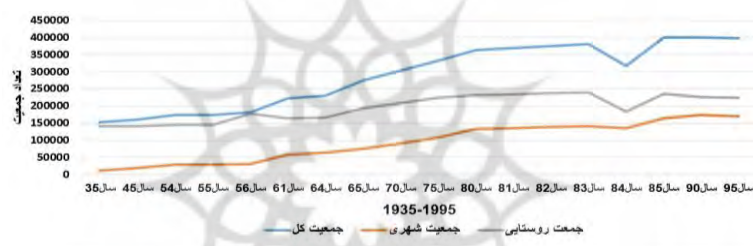
میزان دید افقی در ایستگاه زهک دارای نوسانات بیشتری است اما سری زمانی آمار توصیفی آن نشان می‌دهد که از میزان دید افقی آن از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۸ کاسته شده است و میزان  $R^2$  آن رقم کمتری نسبت به ایستگاه زابل دارد یعنی سری زمانی داده‌ها سهم کمتری در نوسانات آن دارد و عوامل محلی، تأثیر بیشتری در کاهش دید افقی آن دارند (شکل ۴).



شکل ۴. میانگین دید افقی در ایستگاه سینوپتیک زهک

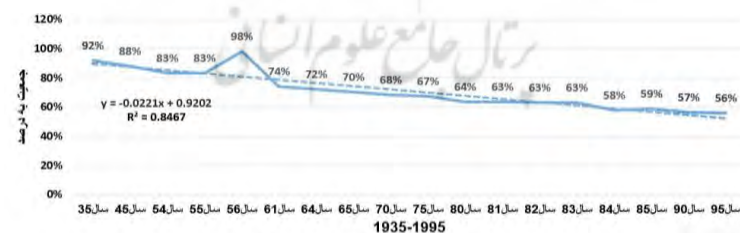
#### بررسی وضعیت جمعیت شهری و روستایی

بررسی جمعیت کل در منطقه سیستان از آمار جمعیت شهری و روستایی منطقه سیستان در طی دوره آماری ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد در این دوره آماری بر میزان کل جمعیت سیستان افزوده شده است. (شکل ۵)



شکل ۵. جمعیت منطقه سیستان از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵

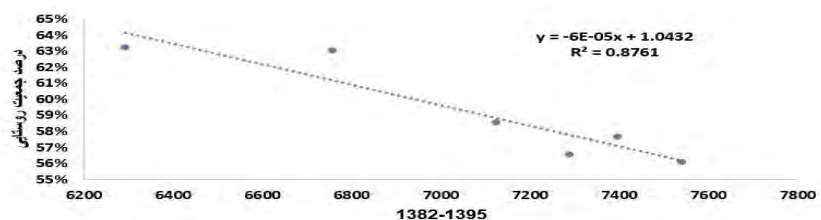
تحولات درونی وضعیت جمعیت روستایی سیستان نشان می‌دهد، ۹۲ درصد مردم منطقه در سال ۱۳۳۵ در روستاها زندگی می‌کردند که در سال ۱۳۹۵ درصد قابل توجهی از جمعیت روستایی آن کاسته شده و به ۵۶ درصد رسیده است (شکل ۶) که این مسئله مهاجرت روستایی را در این منطقه نشان می‌دهد.



شکل ۶. درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان

پراکنش میزان دید افقی و جمعیت روستایی نشان می‌دهد دید افقی تأثیر زیادی در کاهش جمعیت روستایی دارد به طوری که هرچه از میزان دید افقی کم می‌شود درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان به شدت کاهش می‌یابد، میزان  $R^2$  بالای ۰/۸۷ بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد (شکل ۷).





شکل ۷. پراکنش میزان دید افقی و درصد جمعیت روستایی

## روش پژوهش

با توجه به نقش دید افقی حاصله از طوفان‌های گردوغباری در کاهش جمعیت روستایی منطقه سیستان (شکل ۷) این موضوع در این پژوهش مدنظر قرار گرفت ابتدا جهت بررسی وضع موجود تحلیل توصیفی داده‌ها انجام شد سپس با کمک روش آماری رگرسیون فضایی-زمانی<sup>۱</sup> و با استفاده از نرم‌افزار  $R^2(2018)$  و بسته‌های نرم‌افزاری  $spdep$  (Bivand et al, 2022)  $maptools$ ; (al, 2021; Trapletti et al, 2022; Anselin tseries, 2003)  $alr3$  و (Bivand et al, 2022)  $randtests$  (Caeiro & Mateus, 2022) و آزمون Moran (Bivand et al, 2021) استفاده شد در نهایت با و با توجه به پیوسته بودن داده‌های دید افقی<sup>۴</sup> (Liu & Zhang 2021) ابتدا با استفاده از آزمون فرض نوع رگرسیون فضایی \* زمانی مشخص گردید در نهایت با کمک ایستگاه‌های مجاور و با استفاده از برآوردگر رگرسیون فضایی-زمانی کمترین مربعات خطا<sup>۵</sup> (OLS)، میزان دید افقی سالانه برآورد شد (Pebesma & Gräler, 2017). و پس از آن با استفاده از داده‌های دید افقی پیش‌بینی شده برای ایستگاه‌های منطقه سیستان با بکارگیری رگرسیون زمانی درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان تا سال ۱۴۰۱ پیش‌بینی گردید.

در این خصوص ابتدا استقلال و خودهمبستگی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به تجزیه تحلیل فضایی - زمانی داده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. باید گفت داده‌ها باید در درون خودشان وابستگی فضایی- زمانی داشته باشند و چنانچه این فرض برقرار نباشد داده‌ها قابلیت پیش‌بینی ندارند و نمی‌توان از روش‌های فضایی- زمانی مانند رگرسیون فضایی- زمانی استفاده کرد. فرض همبسته بودن داده‌ها یا میزان وابستگی آن‌ها با تابع خودهمبستگی مشخص می‌شود که در این پژوهش یعنی در پیش‌بینی میزان دید افقی بدین معناست که آیا دید افقی امروز به دیروز ارتباط دارد. چنانچه این ارتباط برقرار باشد تا چند روز برای داده‌های روزانه و تا چند سال برای داده‌های سالانه برقرار است در این صورت داده‌ها قابلیت پیش‌بینی دارند. به‌طور کلی قدرت پیش‌بینی داده‌ها با میزان وابستگی آن‌ها به یکدیگر مشخص می‌شود که به آن تابع خودهمبستگی می‌گویند و باید پاسخ مناسبی به آن بدهد به همین منظور جهت برآورد درصد جمعیت روستایی از تابع خودهمبستگی و شاخص ضریب همبستگی بین داده‌ها با تأخیر زمانی، از رابطه زیر استفاده شده است (Cryer & Chan, 2008:49).

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}$$

1. Spatio-temporal regression.
2. R Development Core Team. 2018.
3. package
4. Continuous data.
5. Ordinary Least Square.
6. Autocorrelation horizontal data.

که در آن  $Z_t$  مقدار درصد جمعیت روستایی در زمان  $t$ ،  $k$  تأخیر زمانی و  $n$  حجم داده‌ها است. سپس ایستایی داده‌ها<sup>۱</sup> مورد بررسی قرار گرفت ایستایی داده‌ها از نظر عددی بدین معناست: چنانچه داده آماری در بازه ۳۰ ساله با توزیع نرمال داشته باشیم و چند سال دیگر به داده‌ها بخواهیم اضافه کنیم، میانگین و واریانس داده‌ها نباید تغییر کند در این صورت داده‌ها ایستا هستند در مدل‌های فضایی-زمانی بیانگر این نکته است که باید روابط بین هر زیرمجموعه از داده‌ها بدون توجه به موقعیت قرار گرفتن نقاط در فضا، یکسان باقی بماند. که در این تحقیق جهت ایستایی داده‌ها، فاصله دو موقعیت  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  و  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$  در فضای  $n$  بعدی به صورت زیر تعریف شد (محمد زاده، ۱۳۹۴: ۲۰)

$$\|h\| = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

بنابراین در صورتی که توزیع داده‌ها تنها به فاصله آن‌ها ( $\|h\|$ ) بستگی داشته باشد نه موقعیت مکانی آن‌ها، داده‌های مورد مطالعه ایستا هستند. در این خصوص فرض آماری ایستا بودن داده‌ها، که آیا داده‌ها ایستا یا نا ایستا هستند به صورت زیر تعریف شد (محمد زاده، ۱۳۹۴: ۱۳).

داده‌ها ایستا نیستند  $H_0$ : داده‌ها ایستا هستند:  $H_1$

در ادامه برای بررسی ایستایی داده‌ها آزمون تعمیم ریشه واحد را برای متغیر  $Z_{s,t}$  در مدل رگرسیون فضایی-زمانی به صورت زیر استفاده شد (محمد زاده، ۱۳۹۴: ۱۶۰).

$$\Delta Z_{s,t} = \beta Z_{s,t-1} + \varepsilon_{s,t} \Delta Z_{s,t} = Z_{s,t} - Z_{s,t-1}$$

که در آن  $Z_{s,t}$ : متغیر در زمان  $t$  و موقعیت  $s$ ،  $s_1$  موقعیت نزدیک‌ترین ایستگاه به ایستگاه با موقعیت  $s$  است. در صورتی که  $Z_{s,t-1}$  در مدل فوق معنی‌دار باشد فرض ایستایی تأیید می‌شود. پس از آن آزمون فرض برای تعیین نوع رگرسیون فضایی-زمانی انجام شد که برای مشخص نمودن نوع رگرسیون فضایی-زمانی سه فرض آزمون می‌شود. و در صورتی از برآوردگر کمترین مربعات خطا استفاده می‌شود که تمامی فرض‌ها برقرار باشد. اما چنان چه حداقل یکی از فرض‌ها برقرار نباشد، برازش مدل توسط رگرسیون فضایی-زمانی تعمیم‌یافته<sup>۳</sup> صورت می‌گیرد (Anselin et al, 2010: 73-89). لذا ابتدا جهت بررسی فرض اول "آزمون نرمال بودن خطاها" از آزمون جاک-برا استفاده گردید (Jarque & Bera, 1987: 163-172). سپس به کمک آزمون آماره  $X^2$  مقدار خطاها در منطقه بحرانی در سطح ۹۵٪ با  $dF=n-2$  و  $2$  یا  $1$  به کمک جدول  $t$ -آستودنت، فرضیه تحقیق به شرح زیر تعریف گردید:

$$H_0: (= 0 \quad H_1: (> 0)$$

سپس جهت آزمون فرض دوم "عدم همبستگی خطاها" آزمون دوربین واتسون کمک گرفته شد (Verbeek, 2012: 117) و فرضیه تحقیق به صورت تعریف گردید.

$$H_0: (= 0 \quad H_1: (> 0)$$

در نهایت برای فرض سوم "همسانی واریانس خطاها" از آزمون بروش پاگن استفاده شد (Maddala & Lahiri, 2009: 216) و فرضیه تحقیق در سطح بحرانی ۹۵٪ به شرح زیر تعریف گردید.

$$H_0: (= 0 \quad H_1: (> 0)$$

1-Stationary data.

2-Ordinary Least Square

3-Generalized Linear Model

در ادامه برای تعیین "ضرایب رگرسیون فضایی-زمانی" ابتدا آ معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیون به کمک (آماره  $t$ ) توسط آزمون شیب‌خط در رگرسیون فضایی-زمانی، بین متغیر مستقل و وابسته انجام شد که در اینجا اگر آزمون با مقدار صفر صورت گیرد آزمون همیشه دو طرفه ولی اگر با مقدار غیر صفر صورت گیرد با هر دو شکل یک طرفه و دو طرفه انجام می‌شود. در این تحقیق آزمون به صورت دو طرف با مقدار صفر انجام شد. سپس با کمک هریک از متغیرهای مستقل فرضیه آماری به صورت زیر تعیین گردید (Montgomery et al, 2012:23):

$$H_0: (\beta = 0) \quad H_1: (\beta \neq 0)$$

$H_0$  بدین معناست که رابطه معنی‌داری بین متغیر مستقل و وابسته وجود ندارد.

$H_1$  نشان‌دهنده وجود یک رابطه معنی‌دار بین متغیر مستقل و وابسته است.

برای بررسی این فرضیه آماری، اگر  $y$  متغیر وابسته باشد، آماره  $t$  را برای ضریب متغیر مستقل  $x$  یعنی  $\beta$  به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$t = \frac{\hat{\beta}}{\sqrt{\frac{MSE}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}}$$

که در  $x_i$  ها مشاهدات متغیر  $x$  و  $\hat{\beta}$  و  $MSE$  از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1} \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

در این رابطه  $K$  تعداد متغیرهای مستقل می‌باشد و متغیر  $t$  دارای توزیع  $t$  با درجه آزادی  $n - k - 1$  است. درنهایت مقدار آماره  $t$  با مقادیر جدول  $t$  و احتمال آن با  $0.05$  مقایسه شد در صورتی که احتمال این آماره از  $0.05$  کمتر باشد، فرض صفر مبنی بر عدم تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته رد شده و رابطه معنی‌دار بین متغیر مستقل و وابسته، موردپذیرش قرار می‌گیرد. سپس آزمون معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره  $F$ ) صورت گرفت و آن بدین صورت است که نباید رابطه‌ای میان متغیر وابسته و متغیر مستقل وجود داشته باشد و باید تمام ضرایب متغیرهای مستقل در معادله، برابر با صفر باشد. بنابراین نحوه تصمیم‌گیری به صورت زیر تعریف شد (Montgomery et al, 2012:27):

$$H_0: B_1 = B_2 = \dots = B_k = 0$$

$$H_1: B_i \neq 0 \quad i = 1, 2, \dots$$

(که حداقل یکی از آن‌ها غیر صفر است)

اگر  $y$  متغیر در معادله رگرسیون باشد لازم باشد با استفاده از رابطه زیر آزمون آماره  $F$  انجام می‌شود.

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

که در آن  $MSR$  و  $MSE$  به ترتیب میانگین مربعات رگرسیون و میانگین مربعات خطا هستند و اگر تعداد مشاهدات  $n$  و تعداد متغیرهای مستقل  $k$  باشند  $MSR$  و  $MSE$  از رابطه زیر به دست می‌آیند.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1} \quad MSR = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{k}$$

که در اینجا، آماره  $F$  دارای توزیع  $F$  با درجه آزادی  $k$  و  $n-k-1$  است. اگر در سطح اطمینان  $95\%$ ، آماره  $F$  محاسبه شده از معادله رگرسیون بزرگ‌تر از مقدار  $F$  به دست آمده از آماره باشد، فرض  $H_0$  رد شده و در غیر این صورت فرض  $H_1$  پذیرفته می‌شود. در معادلات رگرسیونی اگر پیش فرض‌های اساسی برای کلیه جملات خطا قابل قبول باشد، برآورد کننده آن علاوه بر حداقل مربعات، دارای حداقل واریانس نیز هست (Montgomery et al, 2012:34). به این ترتیب یک

معیار برای انتخاب مدل رگرسیون، که بهتر از سایر مدل‌ها، تغییرات متغیر وابسته را برحسب متغیر مستقل نشان می‌دهد.. استفاده از ضریب تعیین است که مقدار آن، از ارتباط میان  $x, y$  و از مجذور ضریب همبستگی به دست می‌آید در هر صورت برای بیان قدرت تبیین رگرسیون، ضریب تعیین به صورت زیر تعریف شده است (Montgomery et al, 2012:35):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

که در آن  $y_i$  مشاهده  $i$  ام از  $\hat{y}_i, y$  مقدار برآورد شده  $y_i$  و  $\bar{y}$  میانگین مشاهدات از  $y$  است. معمولاً در مدل‌های رگرسیونی شاخص تورم واریانس از اهمیت زیادی برخوردار است، در این خصوص باید گفت چنان چه متغیر وابسته با سایر متغیرهای ورودی از قبیل متغیرهای مستقل و کنترلی همبستگی بالایی داشته باشد. مدل کاربرد بیشتری دارد. اما باید بین خود متغیرهای ورودی همبستگی وجود نداشته باشد. در صورت وجود همبستگی بین هر دسته از متغیرهای ورودی، اصطلاحاً گفته می‌شود هم خطی چندگانه بین متغیرها به وجود آمده است یکی از راه‌های برطرف نمودن این مشکل، حذف متغیر مزاحمی است که با دیگر متغیرها همبستگی دارد و این کار از طریق برآزش مدل‌های مختلف و مقایسه آن‌ها صورت می‌گیرد (Studenmund, 2006:258). برای بررسی بیشتر هم خطی بین متغیرها، در مدل برآزش شده از عامل تورم واریانس (VIF) استفاده می‌شود که برای محاسبه آن ابتدا رگرسیونی که در آن سایر متغیرهای مستقل در مدل به عنوان متغیر مستقل و  $x$  به عنوان متغیر وابسته برآزش داده می‌شود که مقدار ضریب تعیین آن یعنی  $R^2$  به دست می‌آید در نهایت VIF از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Montgomery et al, 2012:118):

$$VIF = \frac{1}{1-R^2}$$

اگر مقدار آن از ۵ کوچک‌تر باشد، مدل خوب است.

اگر مقدار آن بین ۵ و ۱۰ باشد، نگرانی چندانی درباره مدل وجود ندارد.

اگر مقدار آن از ۱۰ بزرگ‌تر باشد، هم خطی به طوری وجود دارد.

در نهایت جهت پیش‌بینی وضعیت جمعیت روستایی سیستان از رگرسیون فضایی-زمانی با کمک داده‌های دید افقی منطقه مورد مطالعه که تعمیمی از داده‌های فضایی و سری زمانی هستند استفاده شد و به صورت زیر تعریف گردید (Wikle et al, 2019:101):

$$\{Z_{s,t}, s \times t \in S \times T\}$$

که در آن، ابتدا جهت تخمین متغیر وابسته یعنی دید افقی، از داده‌های همسایگی فضایی-زمانی و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده شد. به عبارت دیگر، متغیر مورد مطالعه به موقعیت و زمان وابسته است. بنابراین جهت پیش‌بینی دید افقی در ایستگاه‌های منطقه سیستان و مجاور آن شامل: نهبندان، زاهدان، نصرت‌آباد و میر جاوه مدل رگرسیونی فضایی-زمانی آن به صورت زیر تعریف شد (محمد زاده، ۱۳۹۴:۲۴۰):

$$Z_{s,t} = \beta_0 + \beta_1 Z_{s_1,t-1} + \beta_2 Z_{s,t-1} + \beta_3 X_s + \beta_4 Y_s + \varepsilon_{s,t}$$

که در آن  $Z_{s,t}$  دید افقی در زمان  $t$  در موقعیت  $s$ ،  $s_1$  موقعیت نزدیک‌ترین ایستگاه به ایستگاه مدنظر با موقعیت  $s$ ،  $X_s$  و  $Y_s$  طول و عرض جغرافیایی و  $\varepsilon_{s,t}$  جمله خطاها است.

سپس جهت پیش‌بینی درصد جمعیت روستایی تا سال ۱۴۰۱ منطقه سیستان از مدل رگرسیونی زمانی از رابطه:

$$M_t = \beta_0 + \beta_1 MI_t + \varepsilon_t$$

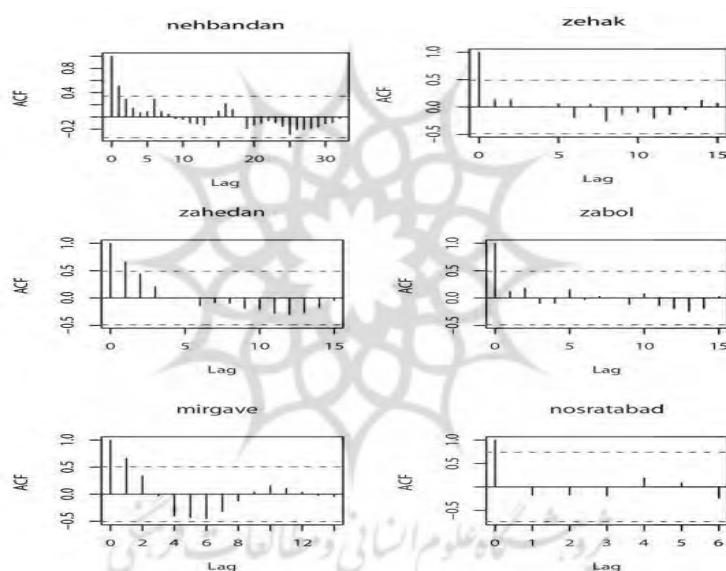
1. coefficient of determination
2. Variance Inflation Factor

استفاده شد که در آن مهاجرت در زمان  $M_{t,t}$  دید افقی در زمان  $t$  و  $\epsilon_t$  جمله خطا است (Weisberg, 2014: 528).

## یافته‌ها

### بررسی خودهمبستگی داده‌ها

تابع خودهمبستگی میانگین سالیانه دید افقی در ایستگاه‌های مورد مطالعه (منطقه سیستان و مجاور آن) نشان می‌دهد که وابستگی زمانی داده‌ها از دو سال شروع شده و تا ۵ سال ادامه دارد. نمودار خودهمبستگی داده‌های دید افقی در ایستگاه‌های زاهدان، زهاب و میرجاوه نشان می‌دهد که در تأخیر اول دارای وابستگی بالایی است (شکل ۸) اما ایستگاه‌های زابل، نصرآباد و زهک و نصرت‌آباد با این شرایط همراه نیستند. به طوری که خودهمبستگی آن‌ها در تأخیر اول دارای افزایش و در تأخیر دوم و سوم کاهش می‌یابد. این موضوع اتفاقی بودن یا تشدید اثر عوامل محلی در کاهش دید افقی را نشان می‌دهد. در نهایت تابع خودهمبستگی داده‌ها بیانگر آن است که داده‌ها قابلیت پیش‌بینی دارند (شکل ۸).



شکل ۸. تابع خودهمبستگی برای داده‌های دید افقی

### ایستایی داده‌ها

جهت انجام فرآیند ایستایی داده‌های دید افقی، آزمون تعمیم ریشه واحد در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد این موضوع برای متغیر  $Z_{s,t}$  در مدل رگرسیون نشان داد که برای تمامی متغیرها  $-P$  مقدار از  $0.05$  کمتر است از این رو می‌توان ایستایی تمامی متغیرها را پذیرفت. نتایج آزمون ایستایی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. آزمون ایستایی داده‌های دید افقی

$Y_s$	$X_s$	$Z_{s,t-1}$	$Z_{s,t}$	$Z_{s1,t-1}$	متغیر
$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$<2 \times 10^{-16}$	$-P$ مقدار آزمون

فرض نرمال بودن خطاها

آزمون جاک-برا، برای تعیین فرض نرمال بودن خطای رگرسیون دید افقی با درصد مهاجرت روستایی منطقه سیستان نشان داد که  $P$ - مقدار آزمون بیشتر از  $0/05$  در سطح اطمینان  $95\%$  است، بنابراین نتایج داده‌ها بیانگر آن است که داده‌ها نرمال هستند (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون جاک-برا برای داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی

آماره خی-دو	درجه آزادی	P-مقدار	نتیجه
$0/926$	۲	$0/629$	خطاها نرمال می‌باشند.

#### فرض همبستگی خطاها

فرض خودهمبستگی خطاها برای داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی به کمک آزمون دوربین واتسون مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد،  $p$ - مقدار آزمون بیش از  $0/05$  می‌باشد و در نتیجه خطاها خود همبسته نیستند، نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. نتایج آزمون دوربین واتسون برای داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی

آماره دوربین واتسون	P-مقدار	نتیجه
$2/18$	$0/893$	خطاها خود همبسته نیستند. دید افقی

#### فرض همسانی واریانس خطاها

جهت بررسی فرض همسانی واریانس خطاها در داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی آزمون بروش پاگن استفاده شد نتایج نشان داد  $P$ - مقدار آزمون بیش از  $0/05$  است، بنابراین فرض همسانی واریانس خطاها تأیید شد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج آزمون بروش پاگن برای داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی

آماره BP	درجه آزادی	سطح معنی داری	نتیجه
$2/29$	۱	$0/130$	همسانی واریانس‌ها برقرار هست

سه پیش فرض برای داده‌های دید افقی و پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی جهت تعیین نوع رگرسیون فضایی-زمانی مورد بررسی قرار گرفت از این رو با توجه به این که برای داده‌های دید افقی و درصد مهاجرت روستایی هر سه شرط برقرار است از برآوردگر کمترین مربعات خطا (OLS) برای تجزیه تحلیل و پیش‌بینی داده‌ها استفاده گردید.

#### نتایج ضرایب رگرسیون فضایی-زمانی

##### آزمون معنی دار بودن ضرایب رگرسیون (آماره t)

نتایج، آماره  $t$  ( $5/810$ ) نشان می‌دهد متغیر عرض از مبدأ در سطح  $95\%$  اطمینان، معنادار است زیرا اولاً مقادیر قدر مطلق این آماره بیشتر از  $1/96$  بوده ثانیاً  $P$ - مقدار برابر  $(0/002)$  کمتر از  $5$  درصد می‌باشد. از این رو می‌توان گفت که عرض از مبدأ تأثیر معنی داری در پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی دارد. نتایج، آماره  $t$  ( $-2/865$ ) نشان می‌دهد که متغیر مستقل دید افقی  $MI_t$  در این مدل در سطح  $95\%$  اطمینان، معنادار است زیرا اولاً مقادیر قدر مطلق این آماره بیشتر

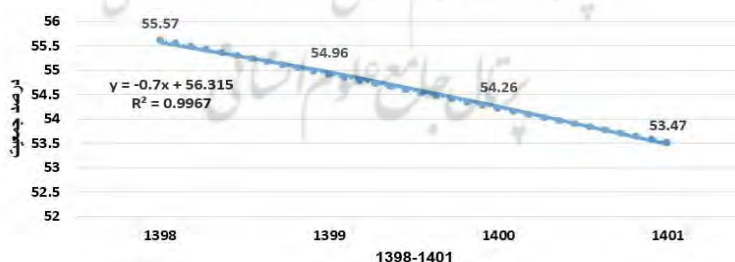
از ۱/۹۶ بوده ثانیاً مقادیر P- مقدار (۰/۰۳۵۲) نیز کمتر از ۵ درصد می‌باشد. لذا می‌توان گفت که دید افقی تأثیر معنی‌داری در کاهش درصد مهاجرت روستایی دارد. نتایج معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره F) نشان می‌دهد که میزان آن برابر با ۸/۲۰۸ و P- مقدار (۰/۰۳۵۲) کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین نتایج آزمون معنادار بودن معادله خط رگرسیون، حاکی از آن است که متغیر دید افقی قابلیت پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی در منطقه سیستان را دارد. همچنین ضریب تعیین برابر ۰/۵۴۵ محاسبه شد. این موضوع نشان می‌دهد که ۵۴/۵ درصد مهاجرت روستایی توسط متغیر مستقل دید افقی کنترل می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج ضرایب رگرسیون فضایی-زمانی برای داده‌های دید افقی و مهاجرت

$M_t = \beta_0 + \beta_1 MI_t + \varepsilon_t$				مدل		
نتیجه	P-مقدار	آماره t	انحراف استاندارد خطا	ضرایب متغیر در مدل	VIF	متغیرها
معنی‌داری در مدل	۰/۰۰۲	۵/۸۱۰	۰/۲۰۳	۱/۱۷۹	-	عرض از مبدأ
معنی‌داری در مدل	۰/۰۳۵۲	-۲/۸۶۵	۰/۰۰۰۲۵	-۰/۰۰۰۷	۱	$MI_t$
آزمون معنی‌داری مدل				ضریب تعیین تعدیل شده		
P-مقدار		F آماره				
۰/۰۳۵۲		۸/۲۰۸		۰/۵۴۵		

#### تحلیل اثرات گردوغبار حاصله از کاهش دید افقی بر مهاجرت روستایی

جمعیت روستایی منطقه سیستان طبق سرشماری سال ۱۳۳۵ از ۹۲٪ به ۵۶٪ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. محاسبات ضریب تعیین نشان می‌دهد که ۸۷٪ کاهش جمعیت مربوط به دید افقی و نتایج حاصله از آن است نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۸ این میزان به ۵۵/۵۷٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۹۶٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۲۶٪ و ۵۳/۴۷٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی شده یعنی تا سال ۱۴۰۱، ۹۹٪ مهاجرت روستایی مربوط به کاهش دید افقی و اثرات مخرب آن در این منطقه، و تنها ۱٪ آن مربوط سایر فاکتورهای مهاجرتی است. نتایج حاصله از پیش‌بینی داده‌ها نشان می‌دهد که دید افقی اثر قابل‌توجهی در کاهش جمعیت روستایی در منطقه سیستان دارد که باید موردتوجه قرار گیرد (شکل ۹).



شکل ۹. درصد پیش‌بینی شده جمعیت روستایی منطقه سیستان تا سال ۱۴۰۱

نکته قابل‌توجه آن است که ضریب متغیر آماره t در مدل رگرسیونی (-۲/۸۶۵) منفی است. این موضوع حاکی از آن است که با کاهش دید افقی مهاجرت روستایی در منطقه سیستان نیز کاهش می‌یابد و در سال‌های آینده می‌بایست منتظر تخلیه درصد بیشتری از جمعیت روستایی در منطقه سیستان باشیم. در نهایت نتایج پیش‌بینی حاصل از مدل رگرسیونی برای سال‌های پیش رو به‌صورت درصد جمعیت روستایی در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶. پیش‌بینی درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان بر اساس دید افقی

سال	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
درصد افراد روستایی	۵۵/۵۷	۵۴/۹۶	۵۴/۲۶	۵۳/۴۷

## بحث

امروزه یکی از مهم‌ترین مهاجرت‌ها، مهاجرت‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی است که با آشکار شدن بحران‌های آب‌وهوا در بیشتر نقاط جهان، به‌عنوان سیستم اقلیم انسانی از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج تحقیقات نیک‌سرشت و دیگران (۱۰۹:۱۴۰۲-۱۳۲) نشان می‌دهد مناطق روستایی بیشتر در معرض خطرات ناشی از خشک‌سالی، سیل، تند باد و گردوغبار قرار می‌گیرند به‌طوری‌که با وارد آمدن خسارت به محصولات کشاورزی و دامی، باعث از بین رفتن اقتصاد روستا و مهاجرت روستائیان را سبب می‌شود و گسترش زندگی شهری و افزایش رو به رشد روند مصرف‌گرایی را به دنبال دارد در صورت منطقه سیستان نیز از این امر مستثنی نیست نتایج سرشماری عمومی و مسکن در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد جمعیت در منطقه سیستان شامل شهرهای زابل، زهک، هیرمند، هامون و نیمروز برابر با ۳۹۸/۰۲۹ نفر بوده است که از این تعداد ۱۷۰/۵۴۸ جمعیت شهری و ۱۴۶/۲۲۳ نفر روستایی بوده‌اند. رگرسیون خطی تک متغیره نشان می‌دهد در سال ۱۳۳۵، ۹۲ درصد مردم منطقه سیستان در روستاها زندگی می‌کردند که سهم قابل‌توجهی از جمعیت مردم سیستان را شامل می‌شود و اقتصاد آن‌ها متکی بر زندگی روستایی بوده و عوامل محیطی و تغییرات اقلیمی و بروز پدیده‌ها و مخاطرات محیطی همچون: سیل، خشک‌سالی، گردوغبار و در نتیجه کاهش دید افقی در مهاجرت مردمان این منطقه اثر چندانی نداشته و منطقه مهاجر فرست نبوده است و این موضوع ماندگاری جمعیت در این منطقه را نشان می‌دهد اما در سال ۱۳۹۵ این میزان به ۵۶ درصد با ضریب تعیین ۸۵٪ رسید این ضریب نشان می‌دهد که در طی این دوره یعنی از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۹۵ ۸۵٪ مهاجرت روستائیان منطقه سیستان مربوط سری زمانی است که با مهم‌ترین پدیده یعنی کاهش دید افقی حاصله از گردوغبار و عوارض حاصله از آن مربوط بوده است و تنها ۱۵٪ مربوط به سایر مشکلات منطقه سیستان من جمله مشکلات اقتصادی و اجتماعی و امنیتی است که نسبت به پدیده کاهش دید افقی ناشی از گردوغبار سهم کمتری را در برمی‌گیرد. این موضوع با نتایج تحقیقات سردار شهرکی و همکاران (۵۸-۵۲) همخوانی دارد. شرایط تغییرات اقلیمی در منطقه سیستان نشان می‌دهد که از دیرباز منطقه سیستان با پدیده مهاجرت از روستا به شهرهای منطقه و نیز حرکت جمعیت به سمت سایر استان‌های کشور روبرو بوده است. میر لطفی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به این نتیجه رسیدند که تنها در نیمه دوم سال ۹۲ حدود ۷۰۰۰ هزار خانوار سیستانی از این منطقه مهاجرت کرده‌اند که از نظر عبدالله زاده و همکاران (۱۳۹۸: ۱۹۵-۱۷۳) و عوامل مؤثر بر گرایش به مهاجرت در بین روستائیان شهرستان زابل، نشان داد افزایش طوفان‌های شن در منطقه رتبه نخست را از نظر پاسخگویان نمونه به خود اختصاص داده است که نتایج مشابهی با این تحقیق دارد مطالعات طیب نیا (۱۳۹۷: ۳۸۹-۳۸۴) شرایط بحرانی‌تری را نشان می‌دهد به‌طوری‌که نتایج آن نشان داد ماندگاری فعلی مردم در سیستان به خاطر ناچاری و از روی اجبار بوده است و در صورت فراهم شدن شرایط حتماً مهاجرت خواهند کرد. چون معیشتشان از بین رفته است به‌طوری‌که بنا به تحقیقات غفاری و رئوف (۱۳۹۴: ۱۰۷-۱۲۵). روستائیان مجبور هستند زمین‌های کشاورزی را رها کرده و به شهرها و استان‌های دیگر مهاجرت کنند که باعث به هم خوردن تعادل جمعیت منطقه‌ای در سطح ملی خواهد شد در این خصوص چنانچه به بررسی یکی از طوفان‌های گردوغباری در سیستان بپردازیم، بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد در ۱۴ جولای ۲۰۱۶ سرعت باد در زابل ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و غلظت گردوغبار به ۱۶۵۶۶ میکروگرم بر مترمکعب رسید که ۱۱۰ برابر حد



مجاز و ۳۹ برابر حد بحرانی بوده است. این وضعیت تا ۱۶ جولای ۲۰۱۶ ادامه داشت. علی‌رغم این که غلظت گردوغبار تا ۶۰ برابر حد مجاز و ۲۲ برابر حد بحرانی کاهش یافته بود ۱۳۲۳ نفر به دلیل مشکلات تنفسی به مراکز درمانی مراجعه و ۳۰ نفر بستری شده‌اند. این وضعیت، شرایط بحرانی و روند رو به افزایش وقوع رخداد گردوغبار در منطقه سیستان را نشان می‌دهد که مهاجرت روستاییان را به دنبال خواهد داشت در هر صورت با این شرایط بسیار بحرانی باید در زمینه ماندگاری جمعیت به‌خصوص جمعیت روستایی گام‌های اساسی در این منطقه برداشته شود.

### نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان داد میانگین دید افقی سالیانه در منطقه سیستان در سال ۲۰۰۳ برابر با ۶۳۰۰ متر و در سال ۲۰۱۸ به ۶۸۰۰ متر رسیده است که تقریباً ۵۰۰ متر بر میزان دید افقی افزوده شده است. در ایستگاه زایل این میزان در سال ۲۰۰۳ برابر با ۵۴۰۰ متر بوده که در سال ۲۰۱۸ به ۶۸۰۰ متر رسید به طوری که ۱۴۰۰ متر بر میزان دید افقی آن افزوده شده است. در ایستگاه زهک نیز دید افقی در سال ۲۰۰۳ برابر با ۷۰۰۰ متر بوده است که در سال ۲۰۱۸ رقم ۶۷۰۰ متر را نشان می‌دهد که ۳۰۰ متر از دید افقی آن کاسته شده است. پراکنش دید افقی و جمعیت روستایی بدون در نظر گرفتن فاکتور زمانی نشان می‌دهد علی‌رغم این که در منطقه سیستان در بعضی از ایستگاه‌ها به میزان دید افقی آن‌ها افزوده شده است اما پاسخ مناسبی مبنی بر افزایش جمعیت روستایی در آن دیده نمی‌شود. بنابراین پراکنش جمعیت روستایی نشان می‌دهد که هرچه از میزان دید افقی کاسته می‌شود، از درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان نیز به شدت کاسته می‌گردد. به طوری که با ضریب تعیین ۸۷٪ بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد. این میزان ضریب از ضریب تعیین سری زمانی مهاجرت روستاییان (۸۵٪) بیشتر است.

تابع خودهمبستگی میانگین سالیانه دید افقی در منطقه سیستان شامل: ایستگاه‌های نهبندان، زاهدان و میر جاوه با وابستگی بالا در تأخیر اول نشان می‌دهند که داده‌ها قابلیت پیش‌بینی دارند. ایستایی داده‌ها نیز نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵٪ برای متغیر  $Z_{S,t}$  برای تمامی متغیرها  $-P$  مقدار از  $0/05$  کمتر است، لذا داده‌ها ایستا هستند و چنان چه بر طول زمان داده‌ها افزوده شود، در واریانس و میانگین داده‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود. نتایج تحلیل آزمون فرض برای نرمال بودن خطاها و فرض خودهمبستگی و همسانی واریانس خطاهای رگرسیون داده‌های دید افقی با درصد مهاجرت روستایی در منطقه سیستان نشان داد که برآوردگر کمترین مربعات خطا (OLS) قابلیت پیش‌بینی درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان را دارد. نتایج ضرایب رگرسیون جهت پیش‌بینی مدل شامل: عرض از مبدأ، متغیر مستقل دید افقی  $MI_t$  و معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره F) نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل دید افقی، قابلیت پیش‌بینی متغیر وابسته یعنی درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان را دارند.

نتایج حاصله از تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی جمعیت روستایی در منطقه سیستان با مدل رگرسیون فضایی-زمانی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۸ این میزان به ۵۵/۵۷٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۹۶٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۲۶٪ و ۵۳/۴۷٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی شده یعنی از سال ۱۳۹۸ تا سال ۱۴۰۱، ۹۹٪ مهاجرت روستایی مربوط به کاهش دید افقی و اثرات مخرب آن در این منطقه است و تنها ۱٪ آن مربوط سایر فاکتورهای مهاجرتی است که بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد. علاوه بر این ضریب متغیر آماره  $t$  در مدل رگرسیونی برابر با ۲/۸۶۵- در مدل منفی است. این موضوع حاکی از آن است که با کاهش میزان دید افقی، درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان به شدت کاهش می‌یابد که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد. با توجه به بحران‌های محیطی همانند کاهش

دید افقی ناشی از وقوع طوفان‌های گردوغباری و در نتیجه گسترش فضایی- زمانی تعداد روزهای گردوغباری در سال‌های آینده می‌بایست منتظر تخلیه درصد بیشتری از جمعیت روستایی در منطقه سیستان باشیم که برای حل این مشکل باید اقدامات کنترلی در زمینه کاهش اثرات حاصله از توسعه ریز گرد‌ها و عوامل کاهنده دید افقی و درنهایت تثبیت جمعیت برداشته شود.

### حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

### سهم نویسندگان

سهم نویسنده اول ۷۰ نویسنده دوم ۳۰ می‌باشد.

### تضاد منافع

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

### تقدیر و تشکر

نویسنده از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

### منابع

- اسمعیل نژاد، مرتضی و فلکی، ملیحه. (۱۳۹۸). ارزیابی طوفان‌های گردوغبار افغانستان و ایران (مورد مطالعه: مناطق روستایی زابل و نیمروز). *اولین کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا*. ۳ اردیبهشت ۱۳۹۸، دانشگاه زابل، ۲۱۵-۲۲۵.
- زنجانی، حبیب‌الله. (۱۳۹۸). مهاجرت. چاپ چهارم، تهران: انتشارات سمت.
- سازمان هواشناسی کشور، آمار دید افقی روزانه از ۱۹۸۶/۱/۱ لغایت ۲۰۱۸/۱۲/۳۱، قابل دسترس: <https://www.irimo.ir/far/wd/2703>.
- سجادپور، سید محمد کاظم. (۱۳۸۴). چارچوب‌های مفهومی و عملیاتی در مدیریت مهاجرت بین‌المللی (مطالعه موردی: ایران). *تحقیقات جغرافیایی*، ۷۸(۲)، ۳۰-۹.
- سردار شهرکی، علی؛ صفدری، مهدی و علی احمدی، ندا. (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات ریز گرد‌ها بر اقتصاد منطقه سیستان، *اولین کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا*. ۳ اردیبهشت ۱۳۹۸، دانشگاه زابل، ۵۸-۵۲.
- طیب نیا، هادی. (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات اجتماعی و اقتصادی پدیده گردوغبار بر منطقه سیستان از دید ساکنین محلی (مطالعه موردی: شهر زابل). *دومین همایش بین‌المللی گردوغبار*. ۵ اردیبهشت ۱۳۹۷، دانشگاه ایلام، ۳۸۹-۳۸۴.
- عباسی، فرید. (۱۴۰۰). بحران ریز گرد‌ها و تأثیرات آن بر امنیت مناطق (مطالعه موردی: شهرستان اهواز). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۳(۱۲)، ۱۷۴-۱۵۶. DOI: 10.22034/GAHR.2021.276411.1516.
- عبداله زاده، غلامحسین؛ اژدرپور، علیرضا و شریف‌زاده، محمد شریف. (۱۳۹۸). بررسی عوامل مؤثر بر گرایش به مهاجرت در بین روستاییان شهرستان زابل. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۳(۶۷)، ۱۷۳-۱۹۵.
- غفاری، دیمین و مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۳۹۴). بررسی منشأ اثرات و راهکارهای پدیده گردوغبار در ایران. *نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی*، ۴(۲)، ۱۰۷-۱۲۵. DOI: 10.22069/EJANG.2016.2799.
- محمدزاده، محسن. (۱۳۹۴). *آمار فضایی و کاربردهای آن*. چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- مرکز آمار ایران، درگاه ملی آمار، سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵-۱۳۳۵. قابل دسترس: <https://amar.org.ir>

میرلطفی، محمود رضا، بندانی، میثم، شهرکی، سعیده و بردبار گلوی، اعظم. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر روانی مهاجرت بر ناپایداری اجتماعی - اقتصادی مناطق روستایی (مطالعه موردی: منطقه سیستان). *فصلنامه روستا و توسعه*، ۱۸(۳)، ۴۴-۴۷.

نیک‌سرشت، مهدی؛ فراهانی، حسین؛ محمدی یگانه، بهروز و رستمی، شاه بختی. (۱۴۰۲). تبیین عوامل مؤثر بر زیست‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی (مطالعه موردی: سکونتگاه‌های روستایی شهرستان ایلام). *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۳(۲)، ۱۳۲-۱۰۹

<https://doi.org/10.30488/gps.2023.392939.3633>

## References

- Anselin, L. (2003). *An introduction to spatial regression analysis in R Package*. University of Illinois, Urbana-Champaign. R Development Core Team.
- Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2010). *GeoDa, An introduction to spatial data analysis*, First Online, Handbook of Applied Spatial Analysis, Springer. [Doi:10.1016/j.atmosenv.2004.06.042](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.06.042)
- Bivand, R., Altman, M., & Anselin, L. (2021). Spatial Dependence Weighting Schemes statistics and ddde l. Package” sddep”. R Core Development Team. Version .. 7-4. <https://r-spatial.github.io/spdep/>
- Bivand, R., Lewin-Koh, N., & Pebesma, E. (2022). Maptools: Tools for reading and handling spatial objects p package” versio.n .. -10. <http://CRAN.R-project.org/package=maptools>.
- Caeir,, Fr & Mateus, A. ()))) ) Testing Ranoomness in R kackage, ‘randtests’.. R Development Core Team Version 1.0.1.
- Carlos, M., Jarque, K., & Anil K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*. 55(2),163-172.
- Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Applications in R*. edition 2. New York, Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-75959-3>
- Fussell, E., & Castro, B. (2022). *Environmentally Informed Migration in NorthAmerica*. First Online, International Handbook of Population and Environment, Springer.
- Hu, B., Zhang, X., Sun, R., & Zhu, X. (2019). Retrieval of Horizontal Visibility Using MODIS Data: A Deep Learning Approach. *Atmosphere*. 10(12), 740. <https://doi.org/10.3390/atmos10120740>
- Jusu,, ,, , Holme, ,, , Kanaza,a, ,, ,Takayasu, ,, , Romi,, I,, Wang, Zh & Perc, .. (2))) . *Social physics*. Physics Reports, 948, 1-148. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.01866>
- Laczko, F., & Aghazarm, Ch. (2009). *Migration, Environment and Climate Change*. International Organization for Migration. Switzerland.
- Liu, Lijun & Zhang, Fan. (2021). Spatiotemporal Dynamics of Maximum Wind Speed Using the Wind Multiplier Downscaling Method in the Yangtze River Inland Waterway from 1980 to 2017. *Atmosphere*. 12 (9). 121. <https://doi.org/10.3390/atmos12091216>
- Maddala, G S., Lahiri, Kl. (2009). *Introduction to Econometrics* . edition 4, Wiley. <https://doi.org/10.1515/crebss-2016-0007>
- Mie, D., Xiushan, L., Lin, S., Ping, W. (2008). A dust-storm process dynamic monitoring with multi temporal MODIS data. *The International Archives of photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(3), 965-969.
- Millock, K., & Withagen, C. (2022). *Climate and Migration*. In Climate and Development.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. edition 5. New York. John Wiley & Sons.
- Pebesma, E., Gräler, B. (2017). Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modeling, Prediction, and Simulation. R Development Core Team. Version 1.1-5.
- R Development Core Team. (2018). A language and environment for statistical computing computer program. Version 3.5. 0.
- Samuels, M. I., Masubelele, M. L., Cupido, C. F., Swarts, M. B. V., Foster, J., De Wet, G., & Lynes, L. S. (2022). Climate vulnerability and risks to an indigenous community in the arid zone of South Africa. *Journal of Arid Environments*, 199, 104-718. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104718>

- Studenmund, A. (2006). *Using Econometrics. A Practical Guide*, edition 5, Pearson International.
- Trapletti, A., Hornik, K., & LeBaron, B. (2022). *Time series analysis and computational finance* Package 'tseries'. R Core development Team. Version 1.11.1-51.
- Verbeek, M. *A Guide to Modern Econometrics*. edition 4, Chi Chester: John Wiley & Sons.
- Wang, J., & Christopher, S. A. (2003). Inter comparison between satellite derived aerosol optical thickness and PM2.5 mass: implications for air quality studies, *Geophysics. Res. Lett.*, 30, 2095-2116.
- Weisberg, S. (2018). *Data to Accompany Applied Linear Regression*. edition .. kackage 'alr3'. R Core Development Team. Version 2.0.8.
- Weisberg, S. *Applied linear regression*. (2014). University of Minnesota. edition 4. John Wiley & Sons. University of Minnesota Minneapolis, MN.
- Wikle, C. K., Zammit-Mangion, A., & Cressie, N. (2019). *Spatio-temporal Statistics with R*. edition 1. New York. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781351769723>
- Xuan., J., Sokolik., I., Hao, J., Guo, F., Mao, H., & Yang, G. (2004). Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia, *Atmospheric Environment* 38(36), 6239-6252. DOI:10.1016/j.atmosenv.2004.06.042
- Zanganeh, Y. & Boroughani, Mi. (2021). Analysis of the relationship between dust phenomenon and rural population changes in Sistan region. *Geographical Researches Quarterly Journal*. 36 (2). 115-123.
- Abbasi, F. (2021). Particulate matter crisis and its effects on regional security (case study: Ahvaz city). *Geography and Human Relations*, 3(12), 156-174. DOI:10.22034/GAHR.2021.276411.1516 [In Persian].
- Abdollahzadeh, Gh., Azderpour, A., & Sharifzadeh, M. (2018), Investigating the influencing factors on the tendency to migrate among the villagers of Zabol. *Geography and Planning Journal*, 23 (67). 173-195. [In Persian].
- Ghaffari, D & Mostafizadeh, R. (2014). Investigating the origin of the effects and solutions of the dust phenomenon in Iran. *Journal of Protection and Exploitation of Natural Resources*, (2), 107,125. DOI: 10.22069/EJANG.2016.2799 [In Persian].
- Iran Statistics Center, National Statistics Portal, General Census of Population and Housing 1335-1395. <https://amar.org.ir> [In Persian].
- Ismail Nezhad, M., & Falaki, M. (2018). Assessment of dust storms in Afghanistan and Iran studied: rural areas of Zabol and Nimroz. *The first international dust conference in Southwest Asia*. May 3, 2018, Zabol University. 215-225. [In Persian].
- Mirlotfi., Bandani, M., Shahraki, S., & Bardbar Golui, A. (2014). Investigating the psychological impact of migration on the socio-economic instability of rural areas: a case study of Sistan Region. *Rural and Development Quarterly*, 18 (3), 47-64. [In Persian].
- Mohammadzadeh, M. (2014). *Spatial statistics and its applications*. Second edition, Tehran: Tarbiat Modares University Press. [In Persian].
- National Meteorological Organization, daily horizontal visibility statistics from 1/1/1986 to 12/31/2018. <https://www.irimo.ir/far/wd/2703> [In Persian].
- Nikseresht, M., Farahani, H., Mohamadi Yeghaneh, B., & Rostami, Sh. (2023). Explanation the Factors Affecting the Livability of Rural Settlements The Case Study of Rural Settlements of Ilam Township. *Geographical planning of space quarterly journal*, 13 (2), 109-132. <http://doi.org/10.30488/GPS.2023.392939.3633> [In Persian].
- Sajjadpour, S. (2005). Conceptual and operational frameworks in international migration management, case study of Iran. *Geographical Research*, 78(20). 9-30. [In Persian].
- Sardarshahraki, A., Safdari, M., & Ali Ahmadi, N. (2018). Evaluation of the effects of fine dust on the economy of Sistan region, *the first international dust conference in Southwest Asia*. May 3, 2018, Zabol University. 52-58. [In Persian].

- Tayebnia, H. (2017). Assessing the social and economic effects of the dust phenomenon on the Sistan region from the perspective of local residents. Case study: Zabol city. *The second international dust conference*, May 5, 2017, Ilam University. ۳۸۴-۳۸۹. [In Persian].
- Zanjani, H. (2018). *Migration, fourth edition*. Tehran: Samt Publications. [In Persian].

