

Investigation of the effects of dust storms caused by wind speed on the migration of rural population in the Sistan region

Ahmad Hosseini^{1*} , Ali Jafarizadeh²

1. Corresponding Author, Assistant Professor of Geography, Payame Noor University of Iran
2. Graduated from Geography and Rural Planning, Payame Noor University

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 12 March 2022

Revised: 10 October 2022

Accepted: 17 November 2022

Keywords:

Dust storm, wind speed, rural migration, Sistan

ABSTRACT

Migration is a form of geographical or spatial mobility of a population that takes place between two geographical units. Research shows that environmental hazards such as wind speed, drought, and floods affect regional migration. The average annual wind speed in the Sistan region shows that from 1989 to the end of 2018, the wind speed increased by approximately 4.7 meters per second. The results of the data prediction showed that wind speed has a significant effect on rural population migration in the Sistan region. According to the census of 1335, the rural population increased from 92% to 56% in 1395, The calculation of the coefficient of determination shows that 85% of the decrease in rural population was related to wind speed and its results. Predicted values show that from 1398 the rural population will reach 55.39%, in 1399 to 54.88% and in 1400 and 1401 to 54.32% and 53.22%, respectively. Also, during the predicted years, i.e. from 1398 to 1401, 96% of the cause of rural migration was related to wind speed and its destructive effects, and 4% of it was related to other migration factors, the output shows that the coefficient of variable t statistic is equal to 2.507 in the positive model. This indicates that with increasing wind speed, rural migration also increases, which indicates the criticality of the region. Therefore, in the coming years, we have to wait for the evacuation of a larger percentage of the rural population in the Sistan region, and to solve this problem, control measures must be taken regarding the consequences of wind speeds and population stabilization.

Cite this article: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2021). Title of paper. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10 (4), 61-78. DOI: 10.22111/jneh.2022.41858.1885



© Ahmad Hosseini

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2022.41858.1885

* Corresponding Author Email: ahmad_hossayni@pnu.ac.ir



مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۶، تیر ۱۴۰۲

بررسی اثرات طوفان‌های گردوغباری حاصله از سرعت باد در مهاجرت جمعیت روستایی منطقه سیستان

احمد حسینی^{۱*}، علی جعفری زاده^۲

۱. استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور ایران (نویسنده مسئول)

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه پیام نور، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مهاجرت شکلی از تحرک جغرافیایی یا مکانی جمعیت است که بین دو واحد جغرافیایی انجام می‌گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد مخاطرات محیطی همچون تندباد، خشکسالی، سیل و گردوغبار در مهاجرت منطقه‌ای تأثیر دارد. میانگین سالیانه سرعت باد در منطقه سیستان نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۹ تا پایان سال ۲۰۱۸ تقریباً ۴/۷ متر بر ثانیه بر سرعت باد افزوده شده است. نتایج حاصله از پیش‌بینی داده‌ها نشان داد که سرعت باد اثر قابل‌توجهی در مهاجرت جمعیت روستایی در منطقه سیستان دارد؛ به طوری که جمعیت روستایی طبق سرشماری سال ۱۳۳۵ از ۹۲٪ به ۵۶٪ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. محاسبه ضریب تعیین نشان می‌دهد که ۸۵٪ کاهش جمعیت روستایی مربوط به سرعت باد و نتایج حاصله از آن بوده است. مقادیر پیش‌بینی شده جمعیت روستایی نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۸ این میزان به ۵۵/۳۹٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۸۸٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۳۲٪ و ۵۳/۲۲٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی شده یعنی از سال ۱۳۹۸ تا سال ۱۴۰۱، ۹۶٪ علت مهاجرت روستایی مربوط به سرعت باد و اثرات مخرب آن در این منطقه است و ۴٪ آن مربوط سایر فاکتورهای مهاجرتی است. خروجی نشان می‌دهد ضریب متغیر آماره t برابر با ۲/۵۰۷ در مدل مثبت است. این موضوع بیانگر آن است که با افزایش سرعت باد مهاجرت روستایی نیز افزایش می‌یابد که بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد. بر این اساس، در سال‌های آینده می‌بایست منتظر تخلیه درصد بیشتری از جمعیت روستایی در منطقه سیستان بود که برای حل این مشکل باید اقدامات کنترلی در زمینه عواقب حاصله از سرعت باد و تثبیت جمعیت برداشته شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۶	
واژه‌های کلیدی: طوفان، گردوغبار، سرعت باد، مهاجرت روستایی، سیستان.	

استناد: حسینی، احمد، جعفری زاده، علی. (۱۴۰۲). بررسی اثرات طوفان‌های گرد و غباری حاصله از سرعت باد در مهاجرت جمعیت روستایی منطقه

سیستان. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۶)، ۶۱-۷۸. DOI: 10.22111/jneh.2022.41858.1885



© احمد حسینی*، علی جعفری زاده.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

تحقیقات نشان می‌دهد امروزه تغییر اقلیم تأثیر شگرفی بر مهاجرت دارد که به آن سیستم اقلیم انسانی گفته می‌شود. تحلیل‌های آماری مشخص می‌کند چگونه رویدادهای اقلیمی نتایج اجتماعی مختلفی بر روی کشاورزی، اقتصاد، بهداشت و مهاجرت داشته است. برای مثال، ادغام ناموفق مهاجران، اغلب منجر به جدایی فرهنگی و اجتماعی-اقتصادی می‌شود که اگر کنترل نشود، ممکن است ناآرامی و درگیری‌های قومی را به دنبال داشته باشد که به عنوان تهدیدی برای امنیت شغلی و منبع افزایش رقابت در بازار کار تلقی می‌شود. به خصوص در دوران رکود اقتصادی که مهاجران نیز به عنوان نیروی کار در بخش‌های کم‌کار دیده می‌شوند. در نهایت این که به علت گستردگی مهاجرت در دنیای امروز، همه جوامع بشری را با چالش مواجه کرده است (جاسپ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). علی‌رغم این می‌توان گفت مهاجرت می‌تواند تغییرات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی قابل توجهی ایجاد کنند که به عنوان محرک اجتماعی از آن یاد می‌شود (ویازی^۲، ۲۰۲۲). همچنین برخی از محققین مهاجرت را یک فرصت جغرافیایی می‌دانند که به تحرک انسان از مکانی به مکان دیگر جهت دستیابی به رفاه بیشتر انجام می‌شود (دی‌هاس^۳، ۲۰۲۱). مطالعات نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر اثرات مخاطرات محیطی همچون خشکسالی، سیل، گردوغبار را نمی‌توان بر مهاجرت نادیده گرفت (میلاک^۴ و ویتگن^۵، ۲۰۲۲). به طوری که آلودگی ناشی از گردوغبار در چند سال اخیر استان‌های غربی و جنوب غربی ایران را بحرانی ساخته است و علاوه بر زیان‌های اقتصادی، بیکاری و یا کاهش درآمد در مشاغل مختلف شهری و روستایی و کاهش تولید محصولات کشاورزی، موجب تشدید روند مهاجرت افراد متخصص و نخبه به دیگر نقاط کشور، به خصوص باعث گسترش مهاجرت خوزستانی‌ها به استان‌های یزد، شیراز و اصفهان شده است (فریدی^۶ و همکاران، ۲۰۲۱) و (محرابی^۷ و همکاران، ۲۰۱۵) و (خالدی و کوهسار، ۲۰۱۳). همچنین در منطقه جنگل‌های زاگرس گردوغبار سبب کاهش محصولات کشاورزی و تشدید انگیزه مهاجرت به نقاط دیگر شده و این از جمله مواردی است که به شدت جوامع روستایی و کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است (غفاری و رؤف، ۱۳۹۴).

تحقیقات نشان می‌دهد منطقه سیستان نیز با این مسئله روبرو است، به طوری که ریزگردها فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و حتی زیست‌محیطی را در معرض خطر جدی قرار داده‌اند و باعث کاهش دید، کاهش حاصلخیزی زمین-های زراعی و خشک شدن تالاب هامون شده‌اند و این خود کاهش محصولات کشاورزی، افزایش مهاجرت را به دنبال داشته است (سردار شهرکی و دیگران، ۱۳۹۸). بررسی ابعاد تأثیرات اقتصادی خشکسالی منطقه سیستان و تالاب هامون در طی ۱۸ سال گذشته نشان داد که مجموع خسارت‌ها بیش از ۵/۲ میلیارد دلار بوده است. بیشترین خسارت‌ها در این دوره مربوط به بخش کشاورزی به مقدار ۹/۱ میلیارد دلار، تولید گوشت به مقدار ۴۱۴ میلیون دلار و برداشت خاک توسط باد به مقدار ۲۱۶ میلیون دلار است که بیشتر خانوارهای روستایی را تحت تأثیر قرار داده است (راه‌داری و ملکی، ۱۳۹۸). همچنین وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی و بادهای ۱۲۰ روزه و حاکمیت شرایط سخت

1 - Jusup, M
 2 - Veazey, L. W
 3 - De Haas, H
 4 - Millock, K
 5 - Withagen, C.
 6 - Faridi
 7 - Mehrabi

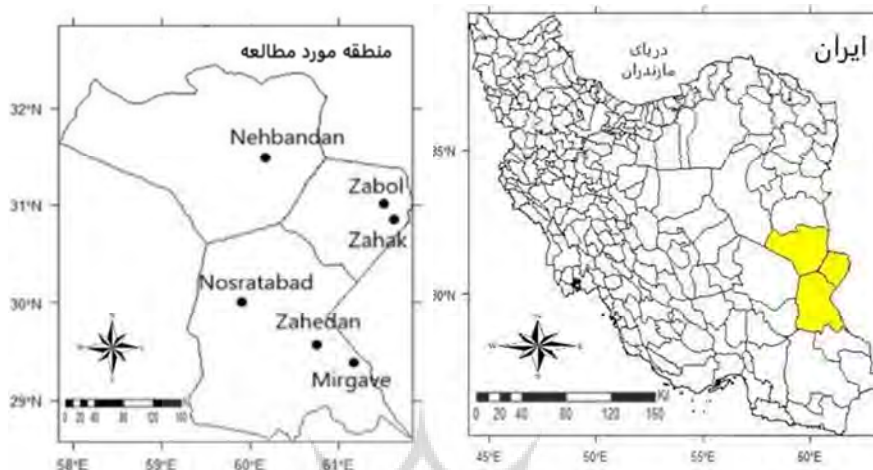
زندگی، به دلیل کمبود آب و طوفان شن، تهدید مناطق مسکونی و مزارع کشاورزی را همراه داشته است. به طوری که گسترش جزیره غیرمسکونی کویر را به دنبال داشته و بسیاری از مردم برای فرار از شرایط یادشده دست به مهاجرت زده‌اند یا جمع کثیری از آنها نیز برای تأمین معیشت خود به مشاغل کاذب روی آورده‌اند (فیروزی و دیگران ۱۳۹۸). علاوه بر آن، حجم عظیمی از ماسه‌های روان حاصل از سرعت باد و فرسایش بستر خشک تالاب هامون، باعث تدفین اراضی کشاورزی، مسدود شدن کوچه‌ها و معابر روستاها و حتی احاطه منازل مسکونی می‌گردند. به طوری که شرایط زندگی در این روستاها غیرقابل تحمل شده و روستاییان به ناچار زادگاه خویش را ترک می‌کنند. در همین ارتباط، نتیجه آزمون همبستگی کندال بین میزان تمایل روستاییان به مهاجرت و شدت اثرات ماسه‌های روان، نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌دار بین این دو متغیر وجود دارد. به عبارت دیگر، با افزایش شدت باد و اثرات ماسه‌های روان در سطح روستاهای شهرستان هیرمند، میزان تمایل به مهاجرت روستاییان با ضریب همبستگی $0/578$ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد افزایش می‌یابد که بر طبق محاسبات انجام شده، ۴۲/۷۱ درصد از روستاهای دارای ماسه‌های روان در طی دهه گذشته دارای نرخ رشد جمعیت منفی بوده‌اند. بنابراین، یکی از مهم‌ترین تأثیراتی که ماسه‌های روان بر سکونتگاه‌های انسانی می‌گذارند، تأثیر بر جمعیت آنهاست. زیرا با نابود شدن منبع درآمد روستاییان (بیشتر زمین‌های کشاورزی) و همچنین سکونتگاه‌های آنان به وسیله ماسه‌های روان، روستاییان توان زندگی در محل را از دست داده و مجبور به مهاجرت به مناطق مناسب‌تر می‌شوند. در نتیجه، در طول زمان روستاها تخلیه شده یا از بین می‌روند و در نهایت تنها بقایای خانه‌های پوشیده شده از ماسه بر جای خواهد ماند (اصغری و دیگران ۲۰۱۶). بدین سان شرایط بحرانی ناشی از گردوغبار با اجبار ساکنین به مهاجرت و خالی شدن مناطق مسکونی از جمله مناطق مرزی در شرق و جنوب شرق ایران معمولاً پیامدهای امنیتی را بر منطقه تحمیل می‌کند (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰).

بنابراین، اهمیت موضوع نشان می‌دهد که مهاجرت یکی از موضوع‌های مهم در منطقه سیستان است. به طوری که کاهش سریع جمعیت می‌تواند تهدیدی جدی برای این منطقه باشد. بر این اساس، پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی با استفاده از الگوریتم فضا - زمان و با کمک رگرسیون زمانی در این پژوهش تا سال ۱۴۰۱ در نظر گرفته شد تا در این زمینه بتوان وضعیت کلی منطقه را مورد بررسی قرار داد تا در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای مدنظر قرار گیرد.

داده‌ها و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی

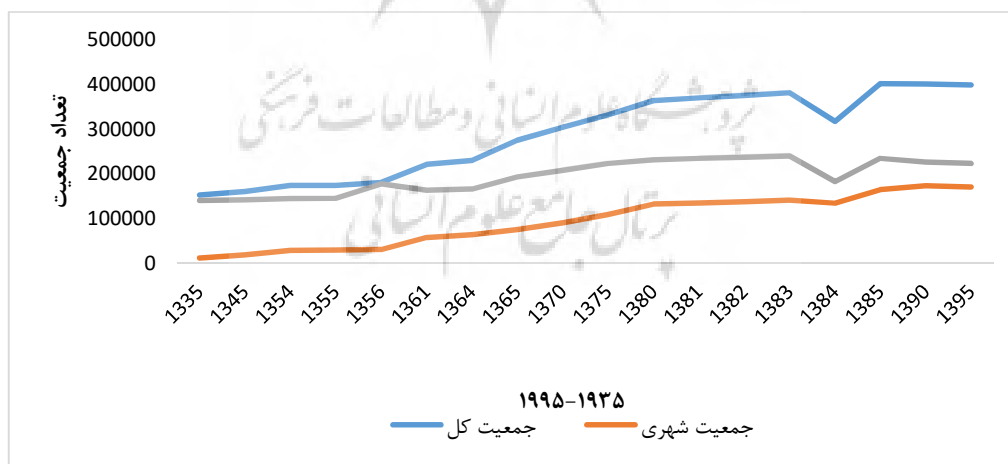
محدوده مورد مطالعه به ترتیب بین ۶۰ تا ۶۲ و ۳۰ تا ۳۱,۳۰ درجه طول و عرض جغرافیایی در شرق ایران واقع شده است (شکل ۱). این منطقه در محدوده بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که از نیمه اردیبهشت‌ماه شروع و تا اواسط شهریورماه ادامه دارد (حمیدیان پور، ۱۳۹۲).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

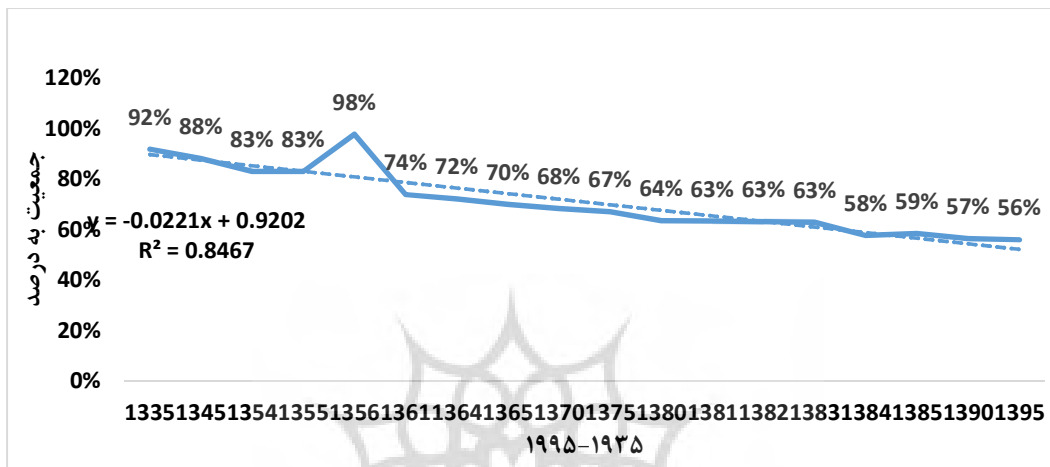
بررسی وضعیت جمعیت منطقه سیستان

منطقه سیستان با مساحتی حدود ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع (معادل ۸/۱ مساحت استان) در شرق ایران و شمال استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن، مجموع کل جمعیت در منطقه سیستان شامل شهرهای زابل، زهک هیرمند، هامون، هیرمند در سال ۱۳۳۵، ۱۵۲/۶۷۳ نفر بوده‌اند که در سال ۱۳۹۵ تقریباً ۲/۵ برابر شده و به ۳۹۸/۰۲۹ نفر رسیده است که از این تعداد ۱۷۰/۵۴۸ جمعیت شهری و ۱۴۶/۲۲۳ نفر روستایی بوده‌اند (شکل ۲).



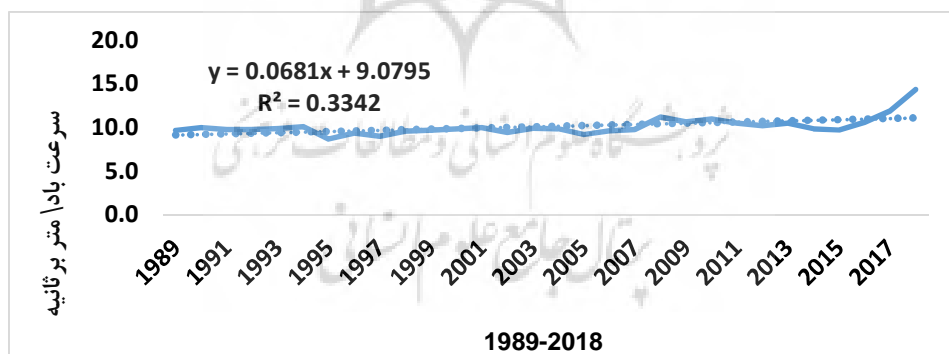
شکل ۲: جمعیت منطقه سیستان در طی دوره آماری

وضعیت درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان نشان می‌دهد که ۹۲ درصد مردم منطقه در سال ۱۳۳۵ در روستاها زندگی می‌کردند. ولی در سال ۱۳۹۵ درصد قابل توجهی از جمعیت روستایی آن کاسته شده و به ۵۶ درصد رسیده است (شکل ۳).



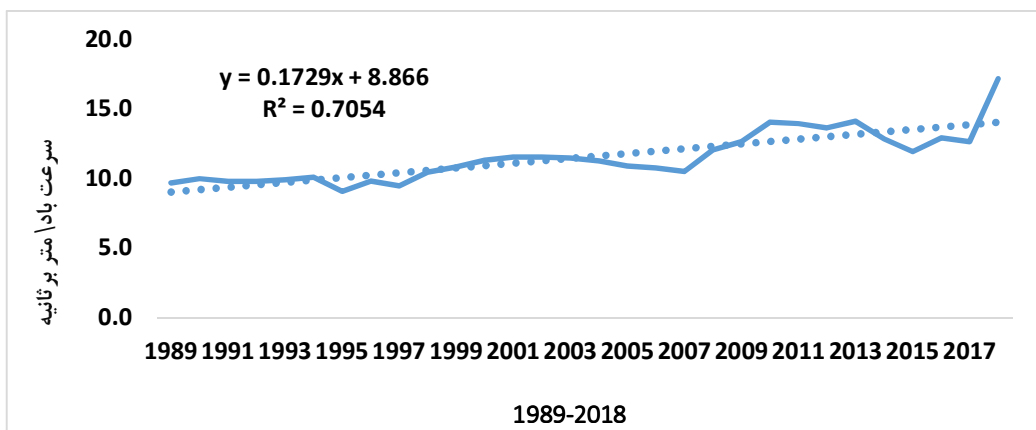
شکل ۳: درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان

وضعیت میانگین سالیانه سرعت باد در منطقه سیستان نیز نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۹ برابر با ۹/۷ متر بر ثانیه بوده که در سال ۲۰۱۸ به ۱۴/۴ متر بر ثانیه رسیده است و تقریباً ۴/۷ متر بر ثانیه بر سرعت باد افزوده شده است (شکل ۴).



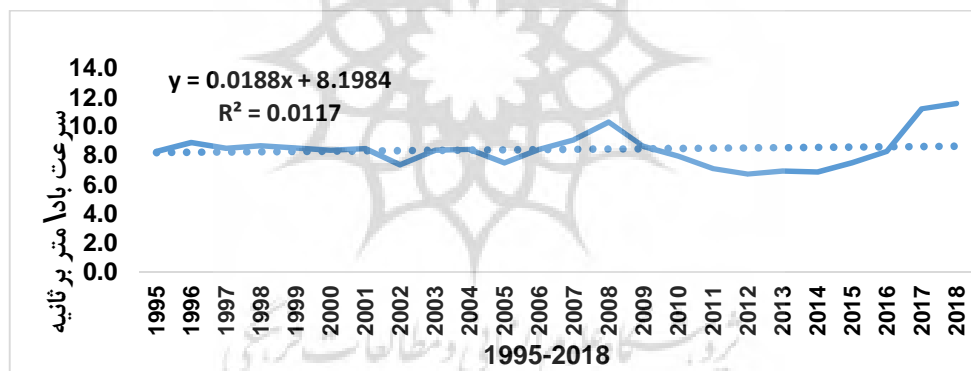
شکل ۴: میانگین سرعت سالیانه باد در منطقه سیستان

در ایستگاه زاہل این میزان در سال ۱۹۸۹ برابر با ۹/۷ متر بر ثانیه بوده است که در سال ۲۰۱۸ به ۱۷/۲ متر بر ثانیه رسیده است که از میانگین منطقه در سال ۲۰۱۸ (۱۴/۴ متر بر ثانیه) ۳ متر بیشتر است (شکل ۵).



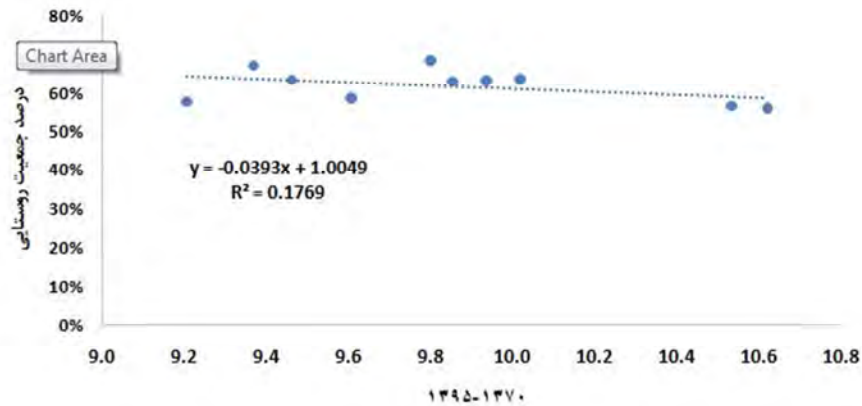
شکل ۵: میانگین سرعت باد در ایستگاه زابل

در ایستگاه زهک نیز سرعت باد در سال ۱۹۹۵ برابر با ۸/۳ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد و در سال ۲۰۱۸ به رقم ۱۱/۶ متر بر ثانیه رسیده است که ۳/۳ متر بر ثانیه بر میزان سرعت باد افزوده شده است (شکل ۶).



شکل ۶: میانگین سرعت سالیانه باد در ایستگاه زهک

پراکنش سرعت باد و جمعیت روستایی بدون در نظر گرفتن فاکتور زمانی نشان می‌دهد که هر چه بر میزان سرعت باد افزوده می‌شود از درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان کاسته می‌گردد. این موضوع بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد و باید در این خصوص اقدامات لازم صورت گیرد (شکل ۷).



شکل ۷: پراکنش سرعت سالیانه باد و درصد جمعیت روستایی

بنابراین، با توجه به روند کاهشی جمعیت روستایی منطقه سیستان، بررسی اثرات طوفان های گردوغباری حاصله از سرعت باد در مهاجرت جمعیت روستایی منطقه سیستان، به کمک بسته های نرم افزاری^۱ spdep (بیوند^۲ و همکاران، ۲۰۲۲) و (انسلین^۳، ۲۰۰۳)، و tseries (تراپلتی^۴ و دیگران، ۲۰۲۰)، maptools (بیوند^۵ و دیگران، ۲۰۲۲)، سپس برای همبستگی زمانی از آزمون Run Test (کاریو^۶ و ماتئوس، ۲۰۱۵)، جهت وابستگی مکانی داده ها از آزمون Moran (بیوند^۷ و دیگران، ۲۰۲۱) و با کمک نرم افزار R و با استفاده از روش آماری رگرسیون فضایی- زمانی^۸ با توجه به پیوسته بودن داده های سرعت باد (لیو و ژانگ^۹، ۲۰۲۱) با کمک ایستگاه های مجاور سرعت باد برآورد شد (پبسم و گرالر^{۱۰}، ۲۰۱۷). سپس همزمان با استفاده از داده های سرعت باد پیش بینی شده با کمک رگرسیون زمانی، درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان تا سال ۱۴۰۱ در این پژوهش پیش بینی گردید.

خودهمبستگی داده ها^{۱۱}

برای تعیین میزان وابستگی داده ها از تابع خود همبستگی استفاده شد. این فرض قابلیت پیش بینی داده ها را دارد و حدود زمانی آنها را مطرح می کند و چنانچه این فرض برقرار نباشد، داده ها قابلیت پیش بینی ندارند. به همین منظور، جهت پیش بینی درصد جمعیت روستایی و نحوه همبستگی داده ها، از تابع خودهمبستگی و شاخص ضریب همبستگی بین داده ها با تاخیر زمانی از رابطه زیر استفاده شد (کرایر و چان^{۱۲}، ۲۰۰۸):

1 - Package
 2 - Bivand
 3 - Anselin
 4 - Trapletti
 5 - Bivand
 6 - Caeiro, F. Mateus
 7 - Bivand
 8- Spatio-temporal regression.
 9 - Liu, L & Zhang
 10 - Pebesma & Gräler
 11- Autocorrelation horizontal data.
 12 - Cryer & Chan

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

که در آن Z_t مقدار درصد جمعیت روستایی در زمان t ، k تاخیر زمانی و n حجم داده‌ها است.

ایستایی داده‌ها^۱

ایستایی مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده داده‌ها است و بیانگر این نکته است که روابط بین هر زیرمجموعه از داده‌ها بدون توجه به موقعیت قرارگرفتن نقاط در فضا، یکسان باقی بماند. در اینجا باید گفت 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 می‌شود (محمد زاده، ۱۳۹۴):

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

در صورتی که توزیع داده‌ها تنها به فاصله آن‌ها ($\|h\|$) بستگی داشته باشد نه موقعیت مکانی آن‌ها، داده‌های مورد مطالعه ایستا هستند. برای بررسی ایستایی داده‌های سرعت باد، فرض آماری به صورت زیر در نظر گرفته شد (محمد زاده، ۱۳۹۴):

H_0 داده‌ها ایستا نیستند:

H_1 داده‌ها ایستا هستند:

بنابراین، برای بررسی ایستایی از آزمون تعمیم ریشه واحد را برای متغیر $Z_{s,t}$ مدل رگرسیون به صورت زیر تعریف شد (محمد زاده، ۱۳۹۴):

$$\begin{aligned} \Delta Z_{s,t} &= \beta Z_{s_1,t-1} + \varepsilon_{s,t} \\ \Delta Z_{s,t} &= Z_{s,t} - Z_{s_1,t-1} \end{aligned}$$

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 $Z_{s_1,t-1}$ در مدل بالا معنی‌دار باشد، فرض ایستایی تأیید می‌شود.

آزمون فرض برای تعیین نوع رگرسیون فضایی-زمانی

جهت تعیین نوع رگرسیون فضایی-زمانی برای داده‌های سرعت باد، سه پیش فرض در نظر گرفته شد. در صورتی که تمامی پیش فرض‌ها برقرار باشد از برآوردگر کمترین مربعات خطا^۲ و در صورتی که هر کدام از پیش فرض‌ها برقرار نباشد از رگرسیون فضایی-زمانی تعمیم‌یافته^۳ برای برازش مدل استفاده می‌شود (انسلین و همکاران^۱، ۲۰۱۰).

1-Stationary data.

2-Ordinary Least Square.

3-Generalized Linear Model.

فرض اول:

آزمون نرمال بودن خطاها:

جهت انجام آزمون نرمال بودن خطاها از آزمون جارک- برا^۱ استفاده شد (جارک و برا، ۱۹۷۸). سپس به کمک آماره ی X^2 مقدار خطاها در منطقه بحرانی در سطح ۰.۹۵ با درجه آزادی $df=n-2$ و α یا $\alpha/2$ به کمک جدول t- استیودنت فرضیه پژوهش به شرح زیر تعریف شد:

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

فرض دوم :

عدم همبستگی خطاها:

جهت بررسی همبستگی نوع خطاها در این پژوهش از آزمون دوربین واتسون استفاده شد (وربیک^۳، ۲۰۱۷) و فرضیه پژوهش بدین صورت در نظر گرفته شد:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

فرض سوم:

همسانی واریانس خطا:

برای همسانی واریانس خطاها نیز از آزمون بروش پاگن استفاده شد (مادالا و لاهیری^۴، ۲۰۰۹) و فرضیه پژوهش در سطح بحرانی ۰.۹۵ به شرح زیر تعریف شد:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

ضرایب رگرسیون فضایی - زمانی:

آزمون معنی دار بودن ضرایب رگرسیون (آماره t)

در تحلیل رگرسیون فضایی - زمانی شیب خط رگرسیون داده های سرعت باد نیز آزمون گردید. در این پژوهش آزمون به صورت دوطرفه با مقدار صفر انجام شد. سپس برای بررسی معنی داری شیب هریک از متغیرهای مستقل، فرضیه آماری به صورت زیر تعیین گردید (مونتگموری و همکاران^۵، ۲۰۱۲):

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

¹ - Anselin & etc

² - Jarque & Bera

³ - Verbeek

⁴ - Maddala & Lahiri

⁵ - Montgomery & etc

فرضیه H_0 بدین معناست که رابطه معنی داری بین متغیر مستقل و وابسته وجود ندارد. همچنین H_1 نشان دهنده وجود یک رابطه معنی دار 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 β به صورت زیر محاسبه می شود:

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

که در x_i ها مشاهدات متغیر x بوده است و $\hat{\beta}$ و MSE از رابطه زیر به دست می آید:

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

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

که در این رابطه K تعداد متغیرهای مستقل می باشد و متغیر t دارای توزیع t با درجه آزادی $n - k - 1$ است. 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 معنی دار بین متغیر مستقل و وابسته مورد پذیرش قرار می گیرد.

آزمون معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره F)

در آزمون معنادار بودن معادله رگرسیون چندگانه داده های سرعت باد، نباید رابطه ای میان متغیر وابسته و متغیر مستقل وجود داشته باشد و باید تمام ضرایب متغیرهای مستقل در معادله برابر با صفر باشد. با داشتن مدل معادله رگرسیون چندمتغیره و نحوه تصمیم گیری به صورت زیر تعریف شد (موننگموری و همکاران، ۲۰۱۲):

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

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

(که حداقل یکی از آن ها غیر صفر است)

اگر y متغیر در معادله رگرسیون لازم باشد با استفاده از رابطه زیر آزمون آماره F انجام می شود:

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

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 از رابطه زیر به دست می آیند.

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

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

آماره F دارای توزیع F با درجه آزادی k و $n-k-1$ است. اگر در سطح اطمینان 0.95 ، 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 می شود.

ضریب تعیین^۱

معمولاً یک معیار برای انتخاب مدل رگرسیون که بهتر از سایر مدل ها تغییرات متغیر وابسته را بر حسب متغیر مستقل نشان می دهد، استفاده از ضریب تعیین است که مقدار آن از ارتباط میان x, y و از مجذور ضریب همبستگی به دست می آید. در هر صورت برای بیان قدرت تبیین رگرسیون داده های سرعت باد از رابطه زیر استفاده شده است (موننگموری و همکاران، ۲۰۱۲):

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

که در آن y_i مشاهده i ام از y ، \hat{y}_i مقدار برآورد شده y_i و \bar{y} میانگین مشاهدات از y است.

رگرسیون فضایی-زمانی

در این پژوهش برای پیش بینی درصد جمعیت روستایی سیستان از داده های سرعت باد استفاده شد. ابتدا سرعت باد با کمک رگرسیون فضایی - زمانی که تعمیمی از داده های فضایی و سری زمانی هستند به صورت زیر تعریف شد (ویکلی^۲ و همکاران، ۲۰۱۹):

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

بنابراین جهت پیش بینی سرعت باد در ایستگاه های منطقه سیستان و مجاور آن شامل: نهبندان، زاهدان، نصرت آباد و میرجاوه مدل رگرسیونی فضایی - زمانی آن به صورت زیر تعریف شد (محمد زاده، ۱۳۹۴):

$$z_{s,t} = \beta_0 + \beta_1 z_{s_1,t-1} + \beta_2 z_{s,t-1} + \beta_3 x_s + \beta_4 y_s + \varepsilon_{s,t}$$

که در آن $z_{s,t}$ سرعت باد در زمان t در موقعیت s_1, s موقعیت نزدیک ترین ایستگاه به ایستگاه با موقعیت s, y_s و x_s طول و عرض جغرافیایی و $\varepsilon_{s,t}$ جمله خطاها است.

در نهایت جهت پیش بینی درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان تا سال ۱۴۰۱ از مدل رگرسیونی زمانی از رابطه :

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

استفاده شد که در آن M_t مهاجرت در زمان t ، WS_t سرعت باد در زمان t و ε_t جمله خطا است (لوچر^۳، ۲۰۱۶).

یافته های پژوهش

بررسی خود همبستگی داده ها

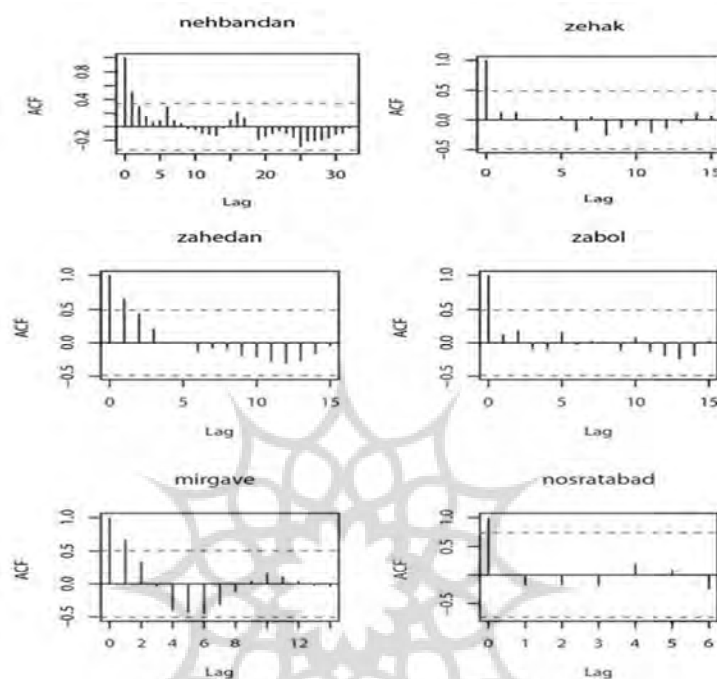
تابع خود همبستگی میانگین سالیانه سرعت باد در منطقه سیستان نشان می دهد که این وابستگی از دو روز شروع شده و تا ۱۰ روز ادامه دارد. بنابراین، بررسی اولیه نشان می دهد داده ها قابلیت پیش بینی دارند. نمودار خود

1-coefficient of determination.

2 - Wikle

3 - Loecher

همبستگی داده‌های سرعت باد در ایستگاه‌های نهبندان، زاهدان و میرجاوه در تأخیر اول وابستگی بالایی را نشان می‌دهند، اما در تأخیر دوم و سوم وابستگی آنها کاهش می‌یابد (شکل ۸).



شکل ۸: خود همبستگی سرعت سالیانه باد

ایستایی داده‌ها

ایستایی مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده داده‌ها است و طول زمان داده‌ها را مشخص می‌کند. با این فرض، چنان چه بر طول زمان داده‌ها بیافزاییم در واریانس و میانگین داده‌ها نباید تغییری ایجاد شود. بدین منظور، برای بررسی ایستایی داده‌های سرعت باد از آزمون تعمیم ریشه واحد در سطح اطمینان ۰.۹۵ استفاده شد که برای متغیر $Z_{s,t}$ در مدل رگرسیون نشان داد برای تمامی متغیرها P -مقدار از ۰/۰۵ کمتر است. از این رو می‌توان ایستایی تمامی متغیرها را پذیرفت. نتایج آزمون ایستایی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: آزمون ایستایی داده‌ها

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

فرض نرمال بودن خطاها

برای تعیین نرمال بودن خطای رگرسیون داده‌های سرعت باد با درصد مهاجرت روستایی منطقه سیستان از آزمون جارک-برا استفاده شد. نتایج داده‌ها نشان می‌دهد که P -مقدار آزمون بیشتر از ۰/۰۵ در سطح اطمینان ۰.۹۵ است و نرمال بودن خطاها مورد تأیید می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲: آزمون جارک-برا برای داده‌های سرعت باد و درصد مهاجرت روستایی

نتیجه	P-مقدار	درجه آزادی	آماره خی-دو
خطاها نرمال می‌باشند.	۰/۴۵۶	۲	۱/۵۷

فرض همبستگی خطاها

فرض خودهمبستگی خطاها برای داده‌های سرعت باد با درصد مهاجرت روستایی به کمک آزمون دوربین واتسون مورد بررسی قرار گرفت که نتایج P- مقدار آزمون در سطح اطمینان ۹۵٪ کمتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه خطاها خود همبسته هستند. نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: نتایج آزمون دوربین واتسون برای داده‌های سرعت باد و درصد مهاجرت روستایی

نتیجه	P-مقدار	آماره دوربین واتسون
خطاها خود همبسته هستند.	۰/۰۰۱	۰/۴۷۳

فرض همسانی واریانس خطاها

فرض همسانی واریانس خطاها برای داده‌های سرعت باد با درصد مهاجرت روستایی به کمک آزمون به روش پاگن مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان P- مقدار آزمون بیش از ۰/۰۵ است، بنابراین فرض همسانی واریانس خطاها برقرار است. نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴: نتایج آزمون بروش پاگن برای داده‌های سرعت باد با درصد مهاجرت روستایی

نتیجه	سطح معنی‌داری	درجه آزادی	آماره BP
همسانی واریانس ها برقرار هست.	۰/۲۳۸	۱	۱/۳۹

جهت تعیین نوع رگرسیون فضایی - زمانی سه پیش فرض برای داده‌های سرعت باد و پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی مورد بررسی قرار گرفت. از این رو، باتوجه به این که برای داده‌های سرعت باد و درصد مهاجرت روستایی شرط دوم برقرار نیست، یعنی خطاها خود همبسته هستند از رگرسیون فضایی - زمانی تعمیم‌یافته (GLM) برای برازش مدل استفاده شد.

نتایج ضرایب رگرسیون

آزمون معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیون (آماره t)

نتایج آماره t (۸/۲۸۳) نشان می‌دهد که متغیر عرض از مبدا در سطح ۹۵٪ اطمینان معنادار است. زیرا نخست: مقادیر قدر مطلق این آماره بیشتر از ۱/۹۶ بوده، دوم: مقادیر P- مقدار برابر (۰/۰۰۰) کمتر از ۵ درصد می‌باشد. از این رو می‌توان گفت که عرض از مبدا تأثیر معنی‌داری در پیش‌بینی درصد مهاجرت روستایی دارد.

با توجه به نتایج، آماره t (۲/۵۰۷) نشان می‌دهد که متغیر مستقل سرعت باد WS_t در این مدل در سطح ۹۵٪ اطمینان از لحاظ آماری معنادار است. زیرا نخست: مقادیر قدر مطلق این آماره بیشتر از ۱/۹۶ بوده، دوم: مقادیر P - مقدار (۰/۰۳۶۵) نیز کمتر از ۵ درصد می‌باشد. از این رو می‌توان گفت که متغیر سرعت باد تأثیر معنی‌داری در پیش-بینی درصد مهاجرت روستایی دارد.

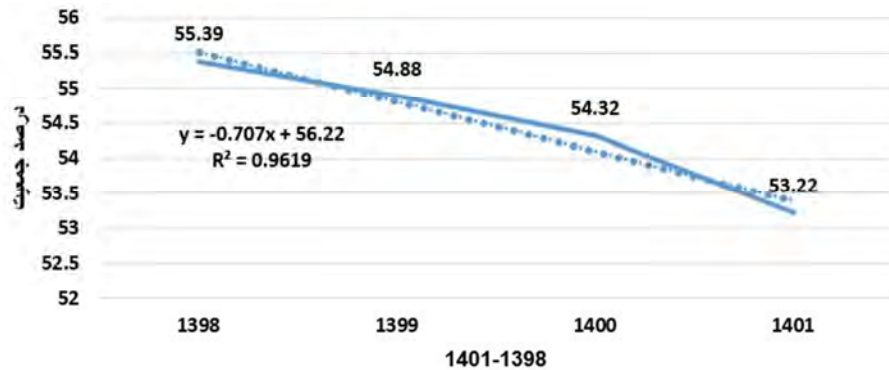
آزمون معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره F) نشان می‌دهد میزان آن برابر با ۶/۲۸۶ و P - مقدار آزمون آن کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین، نتایج آزمون معنادار بودن معادله خط رگرسیون حاکی از آن است که متغیرهای مستقل سرعت باد قابلیت پیش‌بینی متغیر وابسته یعنی درصد مهاجرت روستایی در منطقه سیستان را دارد.

ضریب تعیین برابر ۰/۳۷ محاسبه شد. این موضوع نشان می‌دهد که ۳۷ درصد از تغییرات متغیر وابسته یعنی درصد مهاجرت روستایی توسط متغیر مستقل سرعت باد تبیین می‌شود و مابقی توسط سایر فاکتورها کنترل می‌گردد.

جدول ۵: نتایج مدل سرعت باد و مهاجرت

$M_t = \beta_0 + \beta_1 WS_t + \varepsilon_t$					مدل	
نتیجه	P -مقدار	آماره t	انحراف استاندارد خطا	ضرایب متغیر در مدل	VIF	متغیرها
معنی‌داری در مدل	۰/۰۰۰	۸/۲۸۳	۰/۱۰۷	۰/۸۸۴	-	عرض از مبدا
معنی‌داری در مدل	۰/۰۳۶۵	۲/۵۰۷	۰/۰۱۰۵	۰/۰۲۷	۱	WS_t
آزمون معنی‌داری مدل					ضریب تعیین تعدیل‌شده	
P -مقدار	آماره F					
۰/۰۳۶۵	۶/۲۸۶		۰/۳۷۰			

پیش‌بینی درصد جمعیت روستایی
نتایج حاصله از پیش‌بینی داده‌ها نشان می‌دهد که سرعت باد اثر قابل توجهی در کاهش درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان دارد. البته قابل یادآوری است جمعیت روستایی طبق سرشماری سال ۱۳۳۵ در این منطقه ۹۲٪ بوده است که در سال ۱۳۹۵ به ۵۶٪ کاهش یافته است که طبق محاسبات ضریب تعیین، ۸۵٪ کاهش جمعیت مربوط به سرعت باد و نتایج حاصله از آن بوده است. مقادیر پیش‌بینی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۸ این میزان به ۵۵/۳۹٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۸۸٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۳۲٪ و ۵۳/۲۲٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی‌شده یعنی سال ۱۴۰۱، ۹۶٪ مهاجرت روستایی مربوط به سرعت باد و اثرات مخرب آن در این منطقه است و ۴٪ آن مربوط به سایر فاکتورهای مهاجرتی است که بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹: درصد جمعیت پیش بینی شده در منطقه سیستان

از طرفی ضریب متغیر آماره $t (2/507)$ در مدل مثبت است. این موضوع حاکی از آن است که با افزایش سرعت باد مهاجرت روستایی نیز افزایش می یابد. این بدان معناست که از نظر برداری در منطقه، اول بردار قرار می گیرد که هم مقادیر x و هم مقادیر y مثبت فرض می شود و ما در سال های آینده می بایست منتظر تخلیه درصد بیشتری از جمعیت روستایی در منطقه سیستان باشیم. در نهایت نتایج پیش بینی حاصل از مدل رگرسیونی برای سال های پیش-رو و درصد جمعیت روستایی در جدول شش آمده است.

جدول ۶: مقدار پیش بین مهاجرت بر اساس سرعت باد در منطقه سیستان

سال	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
درصد افراد روستایی	۵۵/۳۹	۵۴/۸۸	۵۴/۳۲	۵۳/۲۲

نتایج و بحث

مجموع کل جمعیت در منطقه سیستان شامل شهرهای زابل، زهک هیرمند، هامون، هیرمند در سال ۱۳۹۵ برابر با ۳۹۸/۰۲۹ نفر بوده است که از این میزان ۱۷۰/۵۴۸ جمعیت شهری و ۱۴۶/۲۲۳ نفر روستایی بوده اند. وضعیت درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان نشان می دهد که ۹۲ درصد مردم منطقه در سال ۱۳۳۵ در روستاها زندگی می کردند که در سال ۱۳۹۵ درصد قابل توجهی از جمعیت روستایی آن کاسته شده و به ۵۶ درصد رسیده است.

وضعیت میانگین سالیانه سرعت باد در منطقه سیستان نیز نشان می دهد که در سال ۱۹۸۹ برابر با ۹/۷ متر بر ثانیه بوده است و در سال ۲۰۱۸ به ۱۴/۴ متر بر ثانیه رسیده است که تقریباً ۴/۷ متر بر ثانیه بر سرعت باد افزوده شده است. در ایستگاه زابل این میزان در سال ۱۹۸۹ برابر با ۹/۷ متر بر ثانیه بوده و در سال ۲۰۱۸ به ۱۷/۲ متر بر ثانیه رسیده است که سرعت باد آن از میانگین منطقه ۳ متر بیشتر است. در ایستگاه زهک نیز سرعت باد در سال ۱۹۹۵ برابر با ۸/۳ متر بر ثانیه بوده است که در سال ۲۰۱۸ به رقم ۱۱/۶ متر بر ثانیه رسیده است و ۳/۳ متر بر میزان سرعت آن افزوده شده است که این مسائل بحرانی بودن منطقه را نشان می دهد. پراکنش سرعت باد و جمعیت روستایی بدون در نظر گرفتن فاکتور زمانی نشان می دهد که هرچه به میزان سرعت باد افزوده می شود از درصد جمعیت روستایی منطقه سیستان کاسته می شود که باید در خصوص کنترل و عواقب ناشی از آن اقدامات لازم صورت گیرد.

تابع خودهمبستگی میانگین سالیانه سرعت باد در منطقه سیستان نشان می‌دهد که داده‌ها قابلیت پیش‌بینی دارند. نمودار خودهمبستگی داده‌های سرعت باد در ایستگاه‌های نهبندان، زاهدان و میرجاوه در تأخیر اول وابستگی بالایی را نشان می‌دهند، اما در تأخیر دوم و سوم وابستگی آنها کاهش می‌یابد. ایستایی به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور کنترل-کننده داده‌ها نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ برای متغیر $Z_{S,t}$ تمامی متغیرها P -مقدار از ۰/۰۵ کمتر است و چنانچه بر طول زمان داده‌ها افزوده شود در واریانس و میانگین داده‌ها تغییری ایجاد نمی‌کند. نتایج تحلیل آزمون فرض برای نرمال بودن خطاها و فرض خودهمبستگی و همسانی واریانس خطاهای رگرسیون داده‌های سرعت باد با درصد مهاجرت روستایی در منطقه سیستان نشان داد که رگرسیون فضایی - زمانی تعمیم‌یافته (GLM) قابلیت پیش‌بینی درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان را دارد. نتایج ضرایب رگرسیون جهت پیش‌بینی مدل شامل: عرض از مبدأ، متغیر مستقل سرعت باد WS_t و معنادار بودن معادله خط رگرسیون (آماره F) نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل سرعت باد، قابلیت پیش‌بینی متغیر وابسته یعنی درصد مهاجرت روستایی در منطقه سیستان را دارد.

نتایج حاصله از پیش‌بینی داده‌ها نشان می‌دهد که سرعت باد اثر قابل‌توجهی در کاهش درصد جمعیت روستایی در منطقه سیستان داشته است. البته قابل‌یادآوری است جمعیت روستایی طبق سرشماری سال ۱۳۳۵ در این منطقه ۹۲٪ بوده است که در سال ۱۳۹۵ به ۵۶٪ کاهش یافته است که طبق محاسبات ضریب تعیین، ۸۵٪ کاهش جمعیت مربوط به سرعت باد و نتایج حاصله از آن بوده است. مقادیر پیش‌بینی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۸ این میزان به ۵۵/۳۹٪، در سال ۱۳۹۹ به ۵۴/۸۸٪ و در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب به ۵۴/۳۲٪ و ۵۳/۲۲٪ می‌رسد که در طی سال‌های پیش‌بینی شده یعنی از سال ۱۳۹۸ تا سال ۱۴۰۱، ۹۶٪ مهاجرت روستایی مربوط به سرعت باد و اثرات مخرب آن در این منطقه است و ۴٪ آن مربوط سایر فاکتورهای مهاجرتی است که بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد.

نکته قابل‌تأمل آن است که ضریب متغیر آماره t برابر با ۲/۵۰۷ در مدل مثبت است. این موضوع حاکی از آن است که با افزایش سرعت باد مهاجرت روستایی نیز افزایش می‌یابد و ما 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 عواقب حاصله از سرعت باد و تثبیت جمعیت انجام شود.

منابع

- اصغری لقمجانی، صادق؛ نادریان‌فر، مهدی. (۲۰۱۶). تحلیل فضایی اثرات ماسه‌های روان در روستاهای شهرستان هیرمند. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۷(۱۸)، ۳۰-۱۷.
- راهداری، وحید؛ ملکی، سعیده. (۱۳۹۸). ارزیابی خسارات اقتصادی خشکسالی و طوفان گردوغبار در دو دهه اخیر در منطقه سیستان. کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا، زابل، <https://civilica.com/doc/894674>
- بوچانی، محمدحسین؛ فاضلی، داریوش. (۱۳۹۰). چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران، فصلنامه ره نامه سیاست‌گذاری، سال ۲، شماره ۳، صص ۱۲۰-۱۶۰.
- حمیدیان پور، محسن. (۱۳۹۲). بررسی نحوه شکل‌گیری باد ۱۲۰ روزه سیستان با ریزگردانی دینامیکی جریان‌های تراز زیرین در شرق فلات ایران، رساله دکتری، دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا، گروه اقلیم‌شناسی، تهران.

- خالدی، کوهسار. (۲۰۱۳). زیان های اقتصادی طوفان گردوغبار بر استان های غربی ایران (مطالعه ای موردی: ایلام، خوزستان و کرمانشاه). فصلنامه علمی - پژوهشی مدل سازی اقتصادی، ۷(۲۳)، ۱۰۵-۱۲۵.
- سازمان هواشناسی کشور، آمار دید افقی روزانه از ۱۹۸۶/۱/۱ لغایت ۲۰۱۸/۱۲/۳۱، قابل دسترس: <https://www.irimo.ir/far/wd/2703>.
- سردار شهرکی، علی؛ صفدری، مهدی؛ علی احمدی، ندا. (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات ریزگردها بر اقتصاد منطقه سیستان، کنفرانس بین المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا، زابل. <https://civilica.com/doc/894733/>
- غفاری، دیمین؛ مصطفی زاده، رئوف. (۱۳۹۴). بررسی منشأ، اثرات و راه کارهای پدیده گردوغبار در ایران، نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد چهارم، شماره دوم، صص: ۱۲۵، ۱۰۷، ۴. <http://ejang.gau.ac.ir>
- فیروزی، فاطمه؛ نیکپور، نورالله؛ رخشانی، زینب. (۱۳۹۸). بررسی پیشرفت تپه های ماسه ای در دشت سیستان و تأثیر آن بر زندگی مردم، کنفرانس بین المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا، زابل. <https://civilica.com/doc/894616>
- محمدزاده، محسن. (۱۳۹۴). آمار فضایی و کاربردهای آن. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صص: ۱۳، ۱۶۰، ۲۰، ۲۴۰.
- مرکز آمار ایران، درگاه ملی آمار، سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵-۱۳۳۵، قابل دسترس: <https://amar.org.ir>
- Anselin, L. (2003). An introduction to spatial regression analysis in R. University of Illinois, Urbana-Champaign. 1, 25. <http://sal.agecon.uiuc.edu>
- Anselin, L. I. Syabri and Kho, Y. (2010). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In Handbook of applied spatial analysis. 73,89. Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-03647-7_5
- Bivand, R. M, Altman and L, Anselin. (2022). Spatial Dependence Weighting Schemes statistics. And Model. Package 'spdep'. R Core Development Team. Version 1.2-3. <https://github.com/r-spatial/spdep/>
- Bivand, R. Lewin-Koh. N. Pebesma .E. (2022). maptools: Tools for reading and handling spatial objects. R package Version 1.1-3. R-project. Org/package= maptools. <http://maptools.r-forge.r-project.org/>
- Caeiro, F. Mateus, A. (2015). Testing Randomness in R. Package 'rand tests'. R Development Core Team. 2015. Version 1.0. <https://cran.r-project.org/web/packages/randtests/randtests.pdf>
- De Haas. H. (2021). A theory of migration: the aspirations-capabilities framework. Comparative Migration Studies, 9(1):1-35. <https://comparativemigrationstudies.springeropen.com/articles/10.1186/s40878-020-00210-4>
- Faridi, S. Rahmani, S. Hashemi, N. Ghobadian, S. and Zokaei, M. S. (2021). The Economic Effects of Dust Storm. Journal of Health, 11(5), 699-713. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=863259>
- Jarque, Carlos M.; Bera, Anil K. (1987). "A test for normality of observations and regression residuals". International Statistical Review. 55, 2: 163-172. <https://www.jstor.org/stable/1403192>
- Jusup, M. Holme, P. Kanazawa, K. Takayasu, M. Romić, I. Wang, Z. and Perc, M. (2022). Social physics. Physics Reports, 948, 1-148. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037015732100404X>
- Liu, L., and Zhang, F. (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), 1216. <https://doi.org/10.3390/atmos12091216>
- Maddala, G. S. Lahiri, K. (2009). *Introduction to Econometrics* (Fourth ed.). Chichester: Wiley.:216.
- Mehrabi, S. Soltani, S. and Jafari, R. (2015). Analyzing the relationship between dust storm occurrence and climatic parameters. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 19(71), 69-81.
- Millock, K., and Withagen, C. (2022). Climate and Migration. In Climate and Development. WORLD SCIENTIFIC. 309-341.
- Montgomery, D. C. E. A. Peck and G. G. Vining (2012). Introduction to linear regression analysis. John Wiley and Sons. Vol. 821. 23, 25, 27, 34, 35, 118.
- Pebesma, E.; B, Gräler. 2017. Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modelling, Prediction, and Simulation. R Development Core Team. Version 1.1-5. URL <https://github.com/edzer/gstat>
- R Development Core Team. 2018. A language and environment for a statistical computing computer program. Version 3.5.0.
- Trapletti, A. Hornik, K and et al (2022). Time series analysis and computational finance. Package 't-series'. R Core Development Team. Version 0.10-50 <https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/index.html>
- Veazey, L. W. (2022). Mothers in the middle: Rethinking middling migration as relational. In Rethinking Privilege and Social Mobility in Middle-Class Migration. 191-212. Routledge.
- Verbeek, M. (2017). *A Guide to Modern Econometrics* (4th ed). John Wiley and Sons. 117.

References

References (in Persian)

- Asghari Lafmajani, S; Naderifar, M (2016). Spatial analysis of the effects of quicksand in the villages of Helmand city. *Journal of Spatial Planning*, 5 (18): 17-30. [in Persian]
- Ahdari, V; Maleki, S. (1398). Assessing the economic damage of drought and dust storms in the last two decades in the Sistan region. *International Conference on Dust in Southwest Asia*, Zabol. <https://civilica.com/doc/894674/>. [in Persian]
- Bouchani, M; Fazeli, D. (1390). Environmental Challenges and Consequences of Dust and Its Consequences in the West of Iran, *Quarterly Journal of Policy-Making*, 2(3): 120-160. [in Persian]
- Hamidianpour, M. (1392). Investigation of 120-day wind formation in Sistan with dynamic micro-rotation of downstream currents in the east of Iran Plateau, Phd thesis, Kharazmi University, Faculty of Geography, Department of Climatology, Tehran. [in Persian]
- Khaledi, K. (2013). Economic Storms of Dust Storm on the Western Provinces of Iran (Case Study: Ilam, Khuzestan, and Kermanshah). *Journal of Economic Modeling*, 7 (23): 105-125. [in Persian]
- Meteorological Organization of Iran, daily horizontal visibility statistics from 1/1/1986 to 12/31/2018, available: <https://www.irimo.ir/far/wd/2703>. [in Persian]
- Sardarshahraki, A; Safdari, M; Ali Ahmadi, N (1398). Assessing the effects of fine dust on the economy of Sistan region, *International Conference on Dust in Southwest Asia*, Zabol. <https://civilica.com/doc/894733/>. [in Persian]
- Ghaffari, D; Mustafa Zadeh, R (1394). Investigation of the origin, effects, and solutions of dust phenomenon in Iran, *Journal of Conservation and Exploitation of Natural Resources*, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, 4(2): 125,107,4. <http://ejang.gau.ac.ir>. [in Persian]
- Firoozi, F; Nikpour, N; Rakhshani, Z (1398). Study of the development of dunes in the Sistan plain and its impact on people's lives, *International Dust Conference in Southwest Asia*, Zabol. <https://civilica.com/doc/894616/>. [in Persian]
- Mohammadzadeh, M. (1394). *Spatial statistics and its applications*. Second Edition, Tarbiat Modares University Press, 240,16020,13. [in Persian]
- Statistics Center of Iran, National Statistics Portal, General Census of Population and Housing 1335-1395, available: <https://amar.org.ir>. [in Persian]

References (in English)

- Anselin.L. (2003). An introduction to spatial regression analysis in R. University of Illinois, Urbana-Champaign .1, 25. <http://sal.agecon.uiuc.edu>
- Anselin. L. I. Syabri and Kho, Y.(2010). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In *Handbook of applied spatial analysis*. 73,89 .Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-03647-7_5
- Bivand, R. M, Altman and L, Anselin. (2022). Spatial Dependence Weighting Schemes statistics.And Model. Package 'spdep'. R Core Development Team. Version1.2-3. <https://github.com/r-spatial/spdep/>
- Bivand,R. Lewin-Koh. N. Pebesma .E. (2022). mapproj: Tools for reading and handling spatial objects. R package Version1.1-3. R-project. Org/package= mapproj. <http://mapproj.r-forge.r-project.org/>
- Caeiro, F. Mateus, A. (2015). Testing Randomness in R. Package 'rand tests'. R Development Core Team. 2015. Version 1.0. <https://cran.r-project.org/web/packages/randtests/randtests.pdf>
- De Haas. H. (2021). A theory of migration: the aspirations-capabilities framework. *Comparative Migration Studies*, 9(1):1-35. <https://comparativemigrationstudies.springeropen.com/articles/10.1186/s40878-020-00210-4>
- Faridi.S. Rahmani. S. Hashemi. N. Ghobadian. S. and Zokaei, M. S. (2021). The Economic Effects of Dust Storm. *Journal of Health*, 11(5), 699-713. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=863259>
- Jarque, Carlos M.; Bera, Anil K. (1987). "A test for normality of observations and regression residuals". *International Statistical Review*. 55, 2: 163–172. <https://www.jstor.org/stable/1403192>
- Jusup. M. Holme, P. Kanazawa. K. Takayasu. M. Romić. I. Wang, Z. and Perc. M. (2022). Social physics. *Physics Reports*, 948, 1-148. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037015732100404X>
- Liu, L., and Zhang. F. (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), 1216. <https://doi.org/10.3390/atmos12091216>
- Maddala, G. S. Lahiri, K. (2009). *Introduction to Econometrics* (Fourth ed.). Chichester: Wiley.:216.
- Mehrabi. S. Soltani, S. and Jafari. R. (2015). Analyzing the relationship between dust storm occurrence and climatic parameters. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 19(71), 69-81.
- Millock, K., and Withagen, C. (2022). Climate and Migration. In *Climate and Development*. WORLD SCIENTIFIC. 309-341.
- Montgomery. D. C. E. A. Peck and G. G. Vining (2012). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley and Sons. Vol. 821 . 23, 25,27,34,35,118.

- Pebesma, E.; B, Gräler. 2017. Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modelling, Prediction, and Simulation. R Development Core Team. Version 1.1-5. URL <https://github.com/edzer/gstat>
- R Development Core Team. 2018. A language and environment for a statistical computing computer program. Version 3.5.0.
- Trapletti, A. Hornik, K and et al (2022). Time series analysis and computational finance. Package 't-series'. R Core Development Team. Version 0.10-50
<https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/index.html>
- Veazey, L. W. (2022). Mothers in the middle: Rethinking middling migration as relational. In Rethinking Privilege and Social Mobility in Middle-Class Migration .191-212. Routledge.
- [Verbeek, M.](#) (2017). [A Guide to Modern Econometrics](#) (4th ed). John Wiley and Sons. 117.

