



# Journal of Environmental Studies

Vol. 46, No. 4, Winter 2021

Journal Homepage: [www.Jes.ut.ac.ir](http://www.Jes.ut.ac.ir)  
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

## Drought and Ecological Migration in Northwestern of Iran Over the Last Three Decades

Document Type  
Research Paper

Ali Azizi<sup>1\*</sup>, Rasoul Sadeghi<sup>2</sup>

Received  
October 19, 2020

1 National Institute for Population Research (NIPR), Tehran, Iran.  
2 Department of Demography, Faculty of Social Sciences, University of Tehran and  
National Institute for Population Research (NIPR), Tehran, Iran.

Accepted  
January 10, 2021

DOI: [10.22059/JES.2021.323287.1008170](https://doi.org/10.22059/JES.2021.323287.1008170)

### Abstract

Drought is one of the effective factors in ecological migration, especially in arid and semi-arid regions. In this paper, the northwestern of Iran was selected to investigate the relationship between climate drought and internal migration. To this end, the Standard Precipitation Index was used to monitor the drought. SPI values for a period of 30 years were calculated using data from 12 synoptic stations. Then, the study area was zoned using the SPI data in the GIS environment. The Net Migration Rate for the last three decades was also calculated. Geographical Weight Regression in GIS environment was used to investigate the relationship between drought and internal migration. The results of drought monitoring showed that the spatial pattern of drought occurrence generally extends from the southwest to other geographical directions, especially the eastern and northeastern regions of the study area. Analysis of NMR also showed that in the study period, most of the counties in the study area (about 75%) had negative NMR. Finally, the general results of GWR analysis revealed the existence of a relatively low  $R^2$  (21.5%) between the independent and dependent variables.

**Keywords:** Ecological migration, Drought, SPI, Net migration rate, GWR

\* Corresponding author

Email: [Aliazizi89@psri.ac.ir](mailto:Aliazizi89@psri.ac.ir)

## Extended abstract

### Introduction

Permanent or temporary migration has always been one of the most important strategies that adopted by human societies and individuals in the face of ecological or man-made disasters. However, our knowledge about the complex relationship between ecological changes and migration is relatively poor. Migration due to drought and climatic changes is one type of ecological migration. Drought is one of the most important climatic hazards in Iran that is evident in various sectors such as water resources, wetlands, and lakes drying in different parts of the country. Monitoring of drought in the past years, can increase our understanding and awareness about climate changes and would improve insights, predictions, and future planning on drought. Standardized Precipitation Index (SPI) is one of the most well-known and widely used indexes to monitor drought in any scale.

Investigating the relationship between ecological factors and internal migration would be effective in planning and policy making. Iran's internal migration statistics in the last three decades showed that the northwestern counties of Iran almost have a negative net migration rate. Therefore, this paper aims to monitor drought and investigate the relationship between drought and internal migration in northwestern of Iran (Fig.1).

### Materials and Methods

To achieve the goal of the research, the data and analysis was followed in two sections. In the first section, matrix data of the internal migration in the county level were calculated from Iranian censuses. The net migration rate was estimated for each of the counties in the northwestern region of the country. In the second section of analysis, representative synoptic stations in the study area were selected. In selecting these stations, having 30 years of continuous statistics and appropriate spatial distribution in the study area was considered. Precipitation data of selected stations were obtained from the Meteorological Organization of Iran and were initially processed. Then SPI index was calculated using Meteorological Drought Monitor (MDM) software. After that, the shapefile of the administrative areas of the study area at the county level was taken from the Ministry of Interior of Iran. Then, the values of the Standardized Precipitation Index along with the values of the net migration rate were entered into the GIS environment and attributed to the relevant counties. By using SPI values, the study area was interpolated using Thiessen polygons and Inverse Distance Weighting (IDW). Finally, Thiessen polygons were converted to raster format and then the values of each county were calculated using the majority function of the Zonal Statistics tool.

After this phase, spatial analysis techniques were used to investigate the effect of drought on internal migration in the study area. In this regard, the existence of autocorrelation between dependent and independent variables data was investigated using the Moran's I in GIS environment. Since the existence of autocorrelation and clustering pattern was evident in the data, Geographically Weighted Regression (GWR) in GIS environment was used to analyze the relationship between drought and internal migration.

### Discussion of Results

#### Drought

Monthly SPI showed that in the past 30 years, the frequency of dry months has been the lowest in the southern areas of Lake Urmia and increased to the central areas, so that the northern part of the region has the highest frequency of dry months. Based on a six-month SPI, the different pattern of drought frequencies was seen in the study area. In this regard, Urmia and Miyaneh synoptic stations had the most drought frequencies.

The one-year SPI also showed that Mahabad station and surrounding areas had the lowest drought frequency (2 years). This station had a similar pattern in the monthly and six-month SPI. Among the

remaining eleven stations, Ardabil, Khoy, Jolfa, and Tabriz have experienced 6 years of drought and Miyaneh, Mako, Parsabad, and Maragheh have experienced 5 years and Khalkhal, Ahar, and Urmia have experienced 4 years. One-year SPI revealed that the pattern of drought distribution extends from the southwest, i.e. Mahabad station, to other geographical directions.

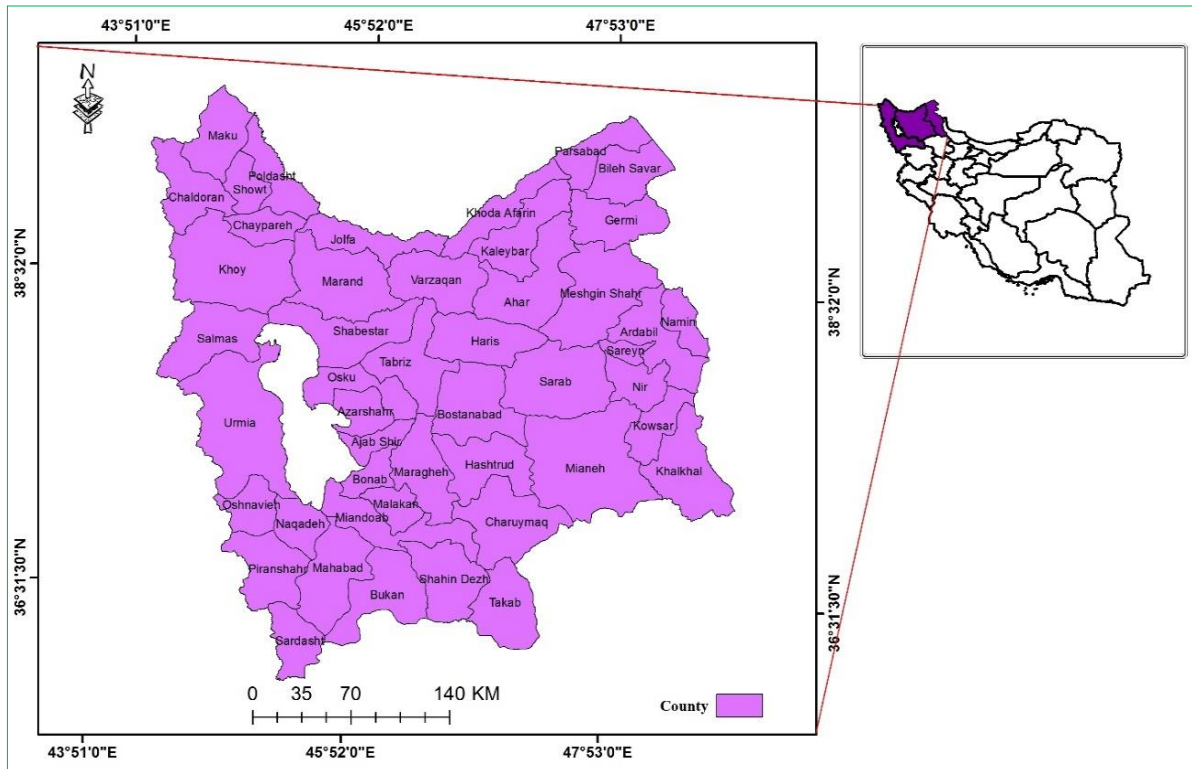


Fig 1. Location of the study area

### Migration

In the last three decades, only 26 percent of the region's counties have had a positive inter-county net migration rate. Thus, less than one-third and 74 percent of study area counties have a negative inter-county net migration rate. The spatial pattern of distribution of counties with a positive net migration rate is mainly concentrated around Lake Urmia, and this spatial pattern is well visible in the last three decades.

### Relationship

The overall results revealed that there is a relatively low coefficient of determination (average 21.5 percent) between the independent and dependent variables. However, this amount of explanatory is not far from expectation because many variables are influential in decisions leading to migration and this amount of explanatory seems to be significant for the drought variable.

### Conclusion

Ecological migration is one of the issues that has attracted the attention of various researchers due to the extensive changes in the ecological context that made by humans and sometimes by natural processes. Drought is one of the ecological factors that can cause population movements, especially in arid and semi-arid regions. Although drought is not an unfamiliar phenomenon for arid and semi-arid climates, climate change and excessive use of surface and groundwater resources have intensified its

impact. Migration is affected by many factors and understanding drought as one of the migration causes is very complex. The relationship between drought and migration in the study area indicates a relatively weak relationship. This is primarily due to the nature of migration, which is influenced by various economic, social, cultural, political and environmental factors. Also, drought has several dimensions that in the present study only its climatic dimension has been studied. The SPI revealed that little drought has occurred in the study period. Thus, weak relationship can also be due to the timely distribution of precipitation, as the region has received average precipitation, but this has not happened in the growing season. This adds to the complexity of this relationship. However, the amount obtained  $R^2$  is significant given the nature of the migration.

# خشک‌سالی و مهاجرت‌های اکولوژیکی در شمال غرب ایران در سه دهه اخیر

علی عزیزی<sup>۱\*</sup>، رسول صادقی<sup>۲</sup>

۱ مؤسسه تحقیقات جمعیت کشور، تهران، ایران.

۲ گروه جمعیت‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران و محقق مؤسسه تحقیقات جمعیت کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۹/۷/۲۸

## چکیده

خشک‌سالی یکی از عوامل مؤثر در مهاجرت‌های اکولوژیکی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این مقاله منطقه شمالغرب کشور (استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل) جهت بررسی رابطه بین خشک‌سالی اقلیمی و مهاجرت انتخاب شد. بدین منظور از شاخص استاندارد بارش برای پایش خشک‌سالی در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. مقادیر شاخص استاندارد بارش برای یک دوره ۳۰ ساله و با استفاده از داده‌های ۱۲ ایستگاه سینوپتیک محاسبه گردید. سپس منطقه مورد مطالعه با بهره‌گیری از داده‌های حاصل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی شد. شاخص میزان خالص مهاجرت نیز برای سه دهه اخیر، محاسبه شد. برای بررسی رابطه خشک‌سالی و مهاجرت از رگرسیون وزنی جغرافیایی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. نتایج پایش خشک‌سالی نشان داد که الگوی مکانی فراوانی رخداد خشک‌سالی عموماً از جنوب غرب به سمت سایر جهات جغرافیایی به‌ویژه مناطق شرقی و شمال شرق منطقه مورد مطالعه گسترش دارد. تحلیل موازنه مهاجرتی نیز نشان داد که در دوره مورد بررسی اکثر شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه (حدود ۷۵ درصد) از موازنه مهاجرتی منفی برخوردار بوده‌اند. در نهایت نتایج کلی تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان از وجود ضریب تعیین ( $R^2$ ) نسبتاً کم (۲۱٫۵ درصد) در بین متغیر مستقل و وابسته بود.

## کلیدواژه

مهاجرت اکولوژیکی، خشک‌سالی، شاخص SPI، میزان خالص مهاجرت، GWR

## سرآغاز

محیط‌زیست تبدیل شده است. اگرچه نمی‌توان پیش‌بینی دقیقی داشت با این وجود پیش‌بینی می‌شود جهان تا ۱ میلیارد مهاجر اکولوژیکی تا سال ۲۰۵۰ داشته باشد (Ergün, 2017). مهاجرت به صورت دائمی یا موقت همیشه یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های بقا بوده است که در مواجهه با بلایای طبیعی یا انسانی توسط جوامع بشری و افراد اتخاذ شده است (Hermans and Garbe, 2019). با این حال، دانش ما از رابطه پیچیده دوسویه تغییرات محیطی و مهاجرت همچنان محدود است. علاوه بر این،

جمعیت انسانی در یک بستر اکولوژیکی جای گرفته است که فعالیت‌های انسانی را پشتیبانی و همچنین محدود نیز می‌سازد. مهاجرت به‌عنوان یکی از انواع کنش‌های انسانی بیانگر روابط بین انسان‌ها و بستر زیست‌محیطی است. در واقع، در طول تاریخ ثبت شده، حرکات جمعیت انسانی با تغییرات اکولوژیکی اعم از تجمعی و حاد دارای ارتباط تنگاتنگی بوده (Sanderson, 2013) و مهاجرت انسانی بدون شک به یکی از مهم‌ترین پیامدهای تخریب

قنات‌ها و چشمه‌ها در مناطق مختلف ایران مشهود است (دوستان، ۱۳۹۴). خشک‌سالی غالباً از خشک‌سالی هواشناسی شروع شده و سپس خشک‌سالی هیدرولوژیکی، خشک‌سالی کشاورزی و سرانجام خشک‌سالی اجتماعی و اقتصادی را در پی دارد (صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۹). بایستی در نظر داشت که کشاورزی از عمده‌ترین فعالیت اقتصادی به‌ویژه در نواحی روستایی کشور می‌باشد و طبق آمار رسمی کشور حدود ۱۹,۴ درصد از جمعیت کل کشور و حدود ۵۲,۸ درصد از جمعیت روستایی کشور در این بخش فعالیت دارند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). پایداری و بهره‌وری محصولات کشاورزی مخصوصاً محصولات دیم به میزان ذخیره مورد نیاز آب در خاک حاصل از بارش بستگی دارد. در این راستا اغتشاشات چرخه هیدرولوژیکی متأثر از تغییرات آب و هوایی ممکن است شامل اغتشاشات در فراوانی و شدت نزولات جوی رخ نموده و سپس مستقیماً بر در دسترس بودن و کیفیت آب شیرین و ذخیره خاک تأثیر بگذارد (Guenang and Kamga, 2014).

پایش پدیده خشک‌سالی در جای‌جای ایران می‌تواند علاوه بر افزایش درک و آگاهی از وضعیت اقلیمی و رخداد‌های متناوب و ناگهانی خشک‌سالی در سال‌های گذشته، بر بینش، پیش‌بینی‌ها و برنامه‌ریزی‌های آتی نیز مؤثر واقع شود. شاخص استاندارد بارش (SPI)<sup>۲</sup> از جمله معروف‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی خشک‌سالی در یک منطقه می‌باشد (جوان، ۱۳۹۹). SPI ابزاری را برای تجزیه و تحلیل دوره‌های خشک‌سالی و مرطوب در مقیاس‌های زمانی مختلف فراهم می‌کند. در اصل این شاخص به منظور تعریف و پیش‌بینی خشک‌سالی ایجاد شد (McKee et al, 1993). با استفاده از این شاخص علاوه بر پیش‌بینی خشک‌سالی در کشور می‌توان اثر آن را بر روی حرکات و مهاجرت نیز مورد بررسی قرار داد. با این حال پیچیدگی‌های موجود در بررسی علل مهاجرت به خصوص در رابطه با مسائل زیست‌محیطی بر کسی پوشیده نیست چرا که عوامل محیطی غالباً به تدریج

چگونگی تعامل مهاجرت و نگرانی‌های زیست‌محیطی و تأثیرگذاری آن‌ها بر روی توسعه اقتصادی، تغییرات اجتماعی و مناقشات بسیار کم درک شده است (Hugo, 2008). در این راستا در حالی که محققین قابل‌توجهی وجود دارند که اثرات مهاجرت بر محیط را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند لیکن تأثیر عوامل محیطی بر روند جمعیت به تازگی توجه محققان را به خود جلب کرده است. این امر ممکن است تا حدی به دلیل گره خوردن عوامل محیطی و اجتماعی منجر به مهاجرت باشد (Ergin, 2017).

یکی از مصادیق مهاجرت‌های اکولوژیک، مهاجرت به واسطه خشک‌سالی و تنش‌های اقلیمی است، بطوریکه اسپیتزا<sup>۱</sup> تأثیر خشک‌سالی، قحطی و شروع تدریجی کمبود غذا در ارتباط با تخریب تدریجی محیط را «خشونت بی‌صدا»<sup>۲</sup> توصیف می‌کند (Hugo, 2008). خشک‌سالی یک شوک بزرگ برای خانوارهایی است که به کشاورزی وابسته‌اند و به طور بالقوه معیشت محلی و رفاه این خانوارها را تضعیف می‌کند. خانوارهای آسیب‌دیده از خشک‌سالی معمولاً باید با مشکلات مختلفی از جمله آسیب به محصولات کشاورزی و کمبود آب آشامیدنی برای انسان و دام‌ها کنار بیایند (Hermans and Garbe, 2019). همچنین فرآیندهایی مثل خشک‌سالی که شروع آهسته داشته و به تدریج اثرات آن‌ها مشخص می‌گردد ممکن است توانایی حرکت و مهاجرت افراد را از بین برده و همین امر می‌تواند افراد را نسبت به تأثیرات خطرات ناگهانی بعدی آسیب‌پذیرتر سازد (IOM, 2020).

خشک‌سالی به‌عنوان پدیده‌ای آرام و خزنده با گسترش مکانی زیاد هرساله خسارات بسیار زیادی را به بخش‌های مختلف اقتصادی کشور وارد می‌سازد (پیری و انصاری، ۱۳۹۲). فلات ایران از دیرباز با پدیده خشک‌سالی مواجه بوده است. خشک‌سالی در ایران یکی از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی است چنانکه پیامدهای آن امروزه در بخش‌های مختلفی از جمله منابع آبی، خشک شدن تالاب‌ها، دریاچه‌ها،

محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین مقدار بارش و عملکرد تولید گندم، کاهش درآمد و حرکات جمعیتی صورت گرفت. نتایج نشان داد که به ازای یک میلی‌متر کاهش در میزان بارندگی، سه کیلوگرم کاهش عملکرد گندم در هکتار پدید آمده و به کاهش درآمد کشاورزان می‌انجامد. همچنین به ازای هر سانتی‌متر کاهش بارندگی چهار نفر به تعداد مهاجران افزوده می‌شود. ابراهیم‌زاده و اسمعیل‌نژاد (۱۳۹۶) به ارزیابی رابطه و تأثیر تغییر اقلیم بر مهاجرت جمعیت در خراسان جنوبی پرداختند. در این مطالعه جهت ارزیابی تغییرات اقلیمی از داده‌های بارش، دما و تعداد روزهای گردوغبار و منابع آب زیرزمینی، برای دوره ۲۰ ساله استفاده گردید. به منظور تعیین خشک‌سالی از شاخص SPI استفاده شد. پردازش داده‌های اقلیمی نشان داد که بیشتر مناطق استان از تغییرات اقلیمی متأثر شدند، اما جنوب استان به محوریت نهبندان بیشترین پیامدها را از تغییرات اقلیمی داشته است. این رخدادها باعث جابجایی جمعیت و شکل‌گیری پناهندگان اقلیمی در جنوب استان شده و جمعیت از جنوب استان به شمال استان تغییر مکان داده است. خواجه‌زاده (۱۳۹۶) در پایان‌نامه خود با روش ترکیبی به بررسی ارتباط بین خشک‌سالی و مهاجرت در کشور پرداخت. بدین منظور در بخش کمی شاخص SPI سالانه ۱۱۰ شهرستان کشور به مدت ۳۰ سال در کنار اقلیم مناطق محاسبه و ارتباط و همبستگی آن با مهاجرت داخلی جمعیت سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خشک‌سالی در مناطق اقلیمی بسیار خشک با میزان مهاجرفرستی آن مناطق همبستگی بالایی دارد ولی در سایر مناطق اقلیمی کشور معناداری خود را از دست می‌دهد. در بخش کیفی نیز دو ناحیه فهرج از توابع استان کرمان و کوار از توابع استان فارس که به ترتیب از نواحی بسیارخشک و خشک کشور محسوب می‌شوند، انتخاب و با تعدادی از ساکنان هر منطقه مصاحبه گردید و تأثیرات خشک‌سالی‌های اخیر بر زندگی آن‌ها مورد پایش قرار گرفت.

Rechkemmer و همکاران (۲۰۱۶) با بیان اینکه در قرن

دچار نوسان می‌شوند. این امر باعث می‌گردد تا تغییرات اکولوژیکی اگر به‌عنوان علت مهاجرت نیز مطرح باشند از معلول خود فاصله نسبتاً زیادی داشته باشند و در دل عوامل پیاپی دیگر گم شده یا اثر آن‌ها تقلیل یابد. با این وجود بررسی ارتباط بین عوامل اکولوژیکی و مهاجرت‌های صورت گرفته می‌تواند بر افزایش درک و بینش برنامه‌ریزان و متولیان تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی مؤثر واقع شود. نگاهی به آمارهای مهاجرتی در سه دهه اخیر نشان می‌دهد که شهرستان‌های شمال‌غرب کشور از شهرستان‌های مهاجرفرست کشور بوده (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷) و جمعیت مهاجرین زیادی را روانه سایر شهرستان‌ها بخصوص پایتخت و نواحی مرکزی کشور نموده است. از این رو هدف مقاله پیش‌رو پایش خشک‌سالی و بررسی وجود ارتباط خشک‌سالی‌های رخ داده در این منطقه با مهاجرت می‌باشد.

مهاجرت متأثر از تغییرات محیطی که با عناوینی چون مهاجرت اکولوژیکی و یا مهاجرت زیست‌محیطی نامیده می‌شود در مقیاس جهانی و در مقیاس داخلی مورد توجه محققین در حوزه‌های مختلف بوده است که در ادامه به برخی از آن‌ها که ارتباط بیشتری با موضوع تحقیق حاضر دارند، اشاره می‌شود.

جان‌پرور و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی توصیفی-تحلیلی پیامدهای بحران مهاجرت ناشی از خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت در استان سیستان و بلوچستان پرداختند. بدین منظور از شاخص SPI برای بررسی میزان خشک‌سالی در داده‌های بارش ماهیانه دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۵ ایستگاه‌های زاهدان، زابل، ایرانشهر، چهاربهار و کنارک استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که کمبود آب در مناطقی که درگیر خشک‌سالی می‌شوند منجر به افزایش مهاجرت می‌شود. فاضل‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی خشک‌سالی و ارتباط آن با اقتصاد روستایی پرداختند. برای محاسبه خشک‌سالی، از شاخص‌های اقلیمی SPI، PNPI و DR استفاده شد. با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS، تحلیل و

روستایی شمال اتیوپی پرداختند. در این تحقیق از خانوارها در دو منطقه روستایی نظرسنجی شد. در این دو منطقه گرچه شدت خشک‌سالی مشابه بود، اما تأثیرات خشک‌سالی و استراتژی‌های پاسخ روستایان متفاوت بود. به طور کلی داده‌ها نشان داد که تغییرات استراتژی قابل توجهی در واکنش به خشک‌سالی رخ داده است. یکی از این تغییرات، گرایش زیاد به فروش دام در میان کشاورزان وابسته به بارندگی ماه‌های مارس-ژوئن به جای تولید محصولات معیشتی بود. نتایج تحقیق نشان داد که خشک‌سالی، در درجه اول از طریق ایجاد مهاجرت کوتاه‌مدت به مقصد نزدیک، برای تحقق نیازهای فوری مانند کمبود مواد غذایی، تحرک را افزایش می‌دهد. در این رابطه داده‌ها نشان داد که چهار خانوار از هر ده خانوار در هر دو منطقه درگیر مهاجرت هستند. در نهایت محققین نام‌برده نتیجه‌گیری کردند که مهاجرت در نتیجه یک تداخل پیچیده‌ای از عوامل است که خشک‌سالی شاید یکی از آن‌ها باشد و تصمیم‌گیری در رابطه با مهاجرت افراد به شدت تحت تأثیر خشک‌سالی قرار می‌گیرد لیکن مهاجرت‌ها مستقیماً و به تنهایی توسط خشک‌سالی هدایت نمی‌شود.

نگاهی به پیشینه داخلی نشان می‌دهد ارتباط بین مسائل زیست‌محیطی و مهاجرت مورد توجه محققین داخلی قرار گرفته است. با این وجود اکثر این مطالعات در مقیاس کوچک زمانی- مکانی انجام شده است. از طرفی دیگر ماهیت فضایی این ارتباطات کمتر دیده شده است. از این-رو در پژوهش حاضر با نگاهی به این شکاف مطالعاتی، خشک‌سالی و مهاجرت‌های منطقه شمال‌غرب کشور در مدت ۳۰ سال مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش بررسی

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پژوهش حاضر شامل شهرستان‌های سه استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل است (شکل ۱). دلیل انتخاب منطقه مورد مطالعه به‌عنوان مطالعه

۲۱ مسائل جهانی به طور فزاینده‌ای پیچیده و در هم تنیده شده است به بررسی تحلیلی تغییرات محیطی و پیامدهای مهاجرت زیست‌محیطی پرداختند. محققان تأکید داشتند که تغییرات محیطی جهانی و به‌ویژه تغییرات اقلیمی به محرک و کاتالیزوری قدرتمند برای مهاجرت اجباری و آوارگی داخلی افراد تبدیل شده است. مهاجران اکولوژیکی ممکن است در سال‌های آینده بیش از هر گروه دیگری از آوارگان و پناهندگان باشند. Gray و Mueller (۲۰۱۲) برای بررسی اثرات خشک‌سالی بر تحرک جمعیت طی یک دوره ۱۰ ساله، از روش‌های تاریخچه رویداد و یک مجموعه داده طولی منحصر به فرد از مناطق روستایی اتیوپی استفاده کردند. نتایج تحقیق نامبرندگان نشان داد که میزان مهاجرت نیروی کار مردها با خشک‌سالی افزایش می‌یابد و خانواده‌های فقیر دارای زمین کمتر در این زمینه آسیب‌پذیرترین قشر هستند. Neumann و همکاران (۲۰۱۵) با اشاره به نبود مطالعات منظم و گسترده در مورد ارتباط بین عوامل محیطی و مهاجرت انسانی و اجماع در خصوص عوامل محیطی مهاجرت، با انجام تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فضایی جهانی، سعی در پر کردن این خلأ در مناطق خشک زمین نمودند. در این تحقیق تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی محرک‌های زیست‌محیطی مهاجرت در مناطق خشک با تأکید بر مؤلفه‌های بارش، خشکی، خشک‌سالی، تخریب زمین، محدودیت‌های خاک و در دسترس بودن زمین‌های زراعی و مراتع به‌عنوان محرک‌های بالقوه زیست‌محیطی مهاجرت مورد بررسی قرار گرفت. محققان برای اندازه‌گیری نتایج خوشه، خوشه‌های شناسایی شده را با دو کانون مشاهده‌ای مهاجرت به خارج، شامل بورکینافاسو و شمال شرقی برزیل مرتبط نمودند. نتایج نشان داد که محرک‌های محیطی را می‌توان در هشت خوشه مجزا گروه‌بندی کرد. در این خوشه‌ها شدیدترین محدودیت‌های زیست‌محیطی نیز شناسایی شد. Hermans و Garbe (۲۰۱۹) به مطالعه اثرات خشک‌سالی بر معیشت و مهاجرت انسانی در نقاط



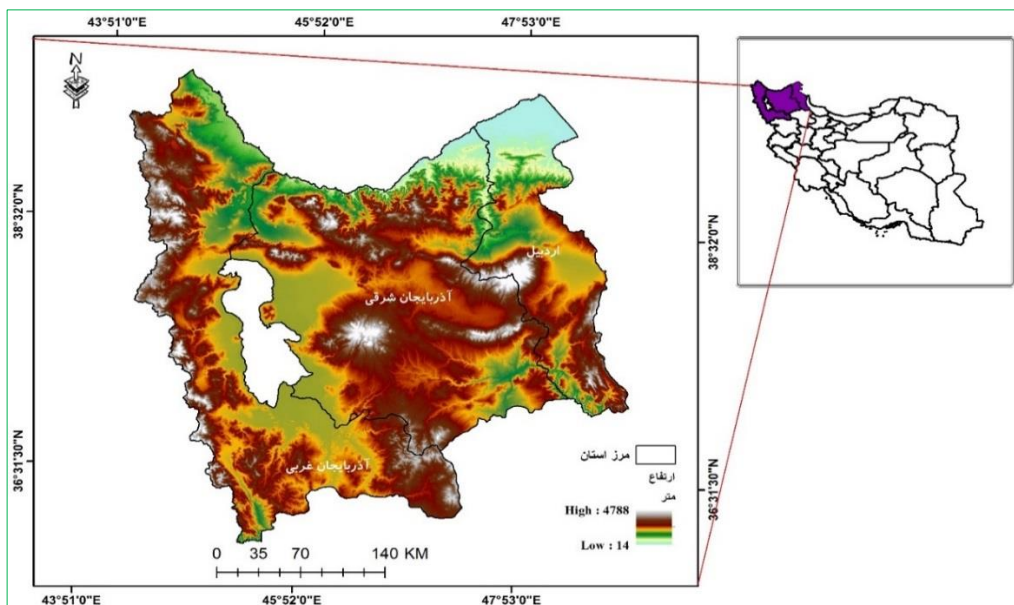
مابقی در مناطق روستایی ساکن بوده‌اند (سازمان برنامه و بودجه استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۵).

استان آذربایجان غربی در سال ۱۳۹۵ حدود ۳۲۶۵۲۱۹ نفر ساکن داشت که معادل ۴,۰۹ درصد جمعیت کشور بود که از این تعداد ۶۵ درصد در نقاط شهری و ۳۵ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته‌اند. نرخ رشد جمعیت این استان در دوره آماری ۹۰-۹۵ حدود ۱,۱۷ درصد و سهم استان از جمعیت مهاجر کشور در حدود ۳ درصد بوده است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۵).

استان اردبیل در سال ۱۳۹۵ دارای ۱,۲۷۰,۴۲۰ نفر جمعیت بوده که از این مقدار ۶۸,۲ درصد در نقاط شهری و مابقی در نقاط روستایی ساکن می‌باشند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اردبیل، ۱۳۹۵). طبق نتایج سرشماری مرکز آمار ایران، نرخ رشد جمعیت در استان اردبیل ۰,۳۵ درصد می‌باشد که نه تنها از نرخ رشد کشوری بسیار فاصله دارد بلکه از حیث رتبه‌بندی در بین ۳۱ استان کشور، در رتبه ۲۶ قرار دارد. این امر می‌تواند یکی از نشانه‌های مهاجرت فرستی این استان باشد. استان اردبیل ۱,۵۹ درصد از کل جمعیت کشور را تشکیل می‌دهد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

موردی در وهله اول وجود مهاجرت فرستی متمادی در این منطقه بود. دوم هم‌عرضی جغرافیایی این منطقه که تأثیر عرض را در حدودی خنثی می‌سازد و به منطقه اقلیم تقریباً یکسانی می‌بخشد و در نهایت دلیل سوم وجود اشتراکات قومی، زبانی و فرهنگی و تا حدودی اقتصادی مشابه در این منطقه می‌باشد. این ویژگی‌ها باعث می‌شود تا درک ارتباط بین خشک‌سالی و مهاجرت در سایه تنوع این عوامل قرار نگیرد یا کمتر قرار گیرد. طبق تقسیمات سیاسی وزارت کشور در سال ۱۳۹۵ استان آذربایجان شرقی، استان آذربایجان غربی و استان اردبیل به ترتیب از ۲۰, ۱۷ و ۱۰ شهرستان تشکیل می‌شدند.

جمعیت استان آذربایجان شرقی طبق سرشماری ۱۳۹۵ معادل ۳۹,۰۹۶۵۲ نفر بود که حدود ۴,۸۹ درصد از جمعیت کل جمعیت کشور را به خود اختصاص داده است که در مقایسه با سرشماری سال ۱۳۹۰ سهم جمعیتی استان تغییر محسوسی نداشته است. نرخ رشد جمعیت استان با رشدی صعودی از ۰,۶۶ درصد در سال ۱۳۹۰ به ۰,۹۷ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است. همچنین طبق این سرشماری سهم استان از جمعیت مهاجر کشور در حدود ۳,۷ درصد بوده که در طول سال‌های اخیر تغییر محسوسی نداشته است. در سال ۱۳۹۵ حدود ۷۲ درصد جمعیت در مناطق شهری و



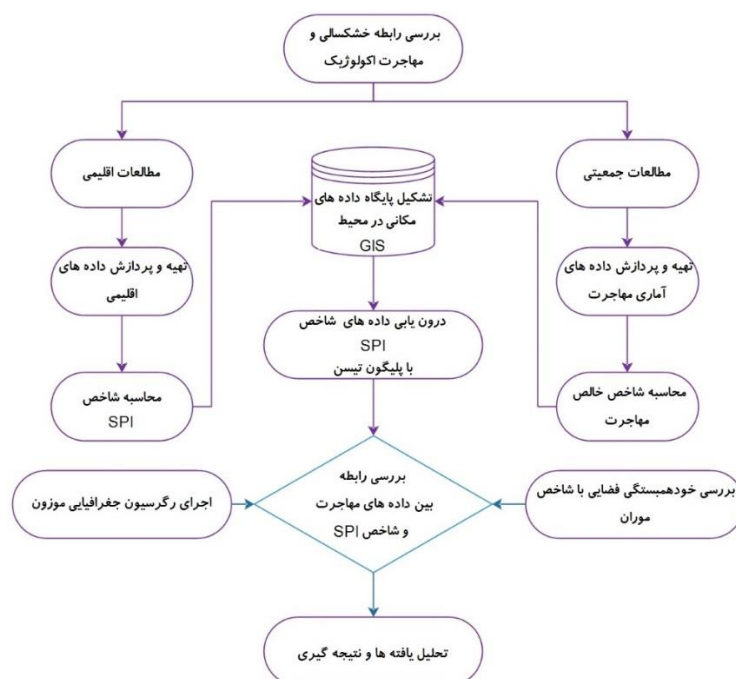
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران

## روش تحقیق

مقادیر میزان خالص مهاجرت وارد محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شده و به شهرستان‌های مربوطه نسبت داده شد. در ادامه با استفاده از موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه، منطقه مورد مطالعه با استفاده از پلیگونهای تیسن و روش IDW<sup>۵</sup> درون‌یابی شد. سپس پلیگونهای تیسن با استفاده از مقادیر SPI، به فرمت رستری در آورده شد و در ادامه با استفاده از تابع اکثریت<sup>۶</sup> ابزار زونال استاتستیک<sup>۷</sup> مقادیر هر شهرستان محاسبه شد.

بعد از این مرحله به منظور بررسی تأثیر خشک‌سالی بر روی مهاجرت‌های منطقه مورد بررسی از تکنیک‌های تحلیل فضایی استفاده شد. در این رابطه ابتدا وجود خودهمبستگی<sup>۸</sup> فضایی در داده‌های متغیر وابسته و مستقل با استفاده از شاخص موران<sup>۹</sup> جهانی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که وجود خودهمبستگی و الگوی خوشه‌ای در داده‌ها مشهود بود، برای تحلیل رابطه خشک‌سالی و مهاجرت از رگرسیون وزنی جغرافیایی<sup>۱۰</sup> در محیط GIS استفاده شد. با استخراج نتایج، تحلیل‌های پسا رگرسیون صورت گرفت و در نهایت یافته‌ها تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ارائه شد.

روند کلی تحقیق در شکل شماره ۲ ارائه شده است. در راستای دست‌یابی به هدف پژوهش، در ابتدا مبانی نظری تحقیق بررسی و مورد تحلیل قرار گرفت. در ادامه روند تحقیق در دو بخش مجزا پیگیری شد. در بخش اول (مطالعات مهاجرت) داده‌های خام ماتریس مهاجرت در سطح شهرستان از سرشماری‌های نفوس و مسکن مرکز آمار ایران دریافت گردید. با پردازش داده‌های مهاجرتی، میزان خالص مهاجرت برای هر یک از شهرستان‌های منطقه شمالغرب کشور تهیه شد. در بخش مطالعات خشک‌سالی، در ابتدا اقدام به انتخاب ایستگاه‌های سینوپتیک معرف در منطقه شد. در انتخاب این ایستگاه‌ها برخورداری از آمار ۳۰ ساله پیوسته و پراکنش فضایی مناسب در سطح منطقه مورد مطالعه، مد نظر قرار گرفت. در ادامه داده‌های بارش ایستگاه‌های منتخب از سازمان هواشناسی کشور اخذ و مورد پردازش‌های اولیه قرار گرفت. سپس شاخص SPI با استفاده از نرم‌افزار MDM<sup>۴</sup> (Salehnia et al, 2017) محاسبه شد. در ادامه لایه وکتوری تقسیمات سیاسی منطقه در مقیاس شهرستان از وزارت کشور اخذ و مورد تصحیح قرار گرفت. سپس مقادیر شاخص استاندارد بارش به همراه



شکل ۲: روند نمای کلی تحقیق

بخش مطالعات اقلیمی، ۱۲ ایستگاه در مقیاس زمانی مذکور با طول دوره ۳۰ ساله بارش انتخاب شد (شکل ۳). در انتخاب این ایستگاه‌ها علاوه بر وجود طول دوره آماری مورد نظر و عدم وجود خلأ اطلاعاتی، پراکنش فضایی آن‌ها نیز مدنظر محققین قرار داشت. همچنین دسترسی به داده‌های بارش نیز از علل بعدی انتخاب این ایستگاه‌ها بود. طبق روش‌شناسی تحقیق برای محاسبه شاخص استاندارد بارش شهرستان‌هایی که فاقد ایستگاه هواشناسی بودند، از درون‌یابی تیسن استفاده شده که در این خصوص ۱۲ پلیگون حاصل شد. نگاهی به نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و پلیگون‌های تیسن (شکل ۳) در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر شهرستان‌ها در یک پلیگون گسترده شده‌اند. با این وجود پراکنش پلیگون‌ها از ناهم‌واری‌های منطقه تبعیت کامل را ندارند که این امر به دلیل پستی و بلندی‌های زیاد منطقه می‌باشد.

جدول ۱: طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI و کلاس‌های متناظر آن

وضعیت	درصد از نرمال	ردیف
ترسالی بسیار شدید	بزرگ‌تر یا مساوی ۲	۱
ترسالی شدید	۱,۵ تا ۱,۹۹	۲
نسبتاً مرطوب	۱ تا ۱,۴۹	۳
نزدیک نرمال	۰,۹۹ تا ۰,۹۹	۴
نسبتاً خشک	-۱ تا -۱,۴۹	۵
خشکی شدید	-۱,۵ تا -۱,۹۹	۶
خشکی بسیار شدید	کوچک‌تر یا مساوی -۲	۷

### شاخص میزان خالص مهاجرت

محاسبه میزان خالص مهاجرت به‌عنوان بخش مکمل و دوم مطالعه حاضر بود که این رقم برای چهار دوره متناظر با سرشماری سراسری نفوس مسکن مرکز آمار کشور از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ محاسبه شد. میزان خالص مهاجرت یا موازنه مهاجرتی؛ در واقع تفاوت افرادی است که به یک جمعیت می‌پیوندند و آن‌هایی که آنجا را ترک می‌کنند. این متغیر از طریق تفاضل بین نرخ ورودی‌ها و خروجی‌ها و تقسیم آن بر جمعیت میانه سال در هر هزار نفر جمعیت با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه شد (خواججه‌زاده، ۱۳۹۶).

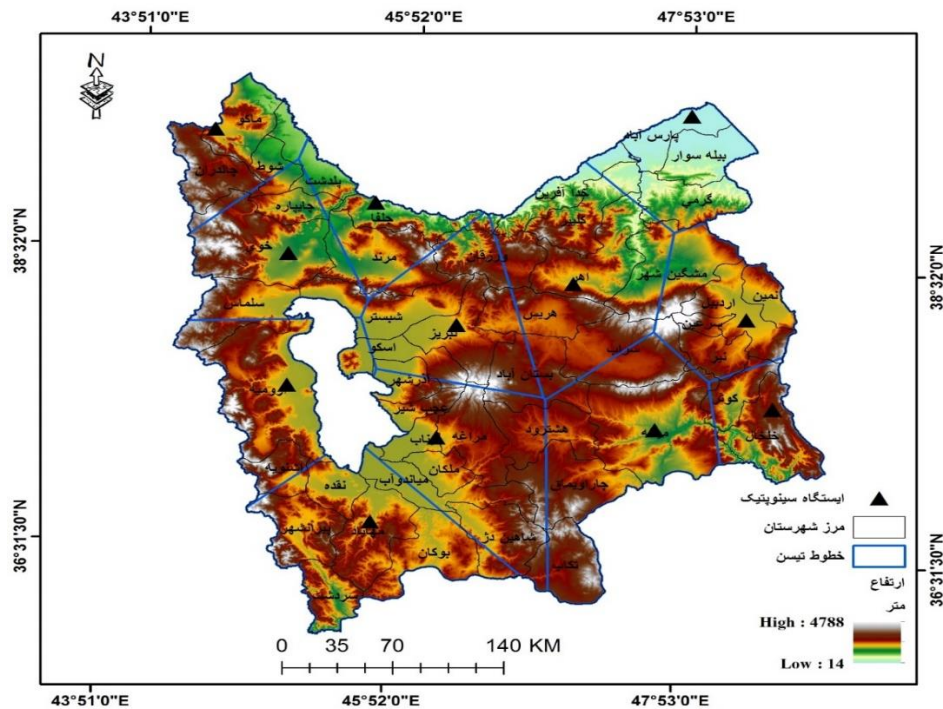
### شاخص SPI

شاخص SPI از جمله معروف‌ترین و شاید پرکاربردترین روش برای تعیین وقوع خشک‌سالی در یک منطقه خاص می‌باشد. این شاخص اولین بار در سال ۱۹۹۳ از سوی مک کی و همکاران ارائه گردید. شاخص استاندارد بارش برای محاسبه خشک‌سالی تنها به مقادیر بارش نیاز دارد که عمده‌ترین مزیت این شاخص محسوب می‌شود. شاخص SPI را می‌توان برای بازه‌های زمانی ۱ ماه، ۳ ماه، ...، ۴۸ ماه مختلف محاسبه نمود. بازه‌های زمانی مختلف این اجازه را به محققین در رشته‌های مختلف می‌دهد تا اثرات کسری بارندگی بر روی اجزای مختلف منابع آب (آب زیرزمینی، مخازن ذخیره، رطوبت خاک، جریان‌های سطحی) را ارزیابی نمایند (McKee et al, 1993; McKee et al, 1995; Edwards and McKee, 1997).

به منظور محاسبه SPI، ابتدا یک رکورد بارش بلندمدت در ایستگاه موردنظر به توزیع احتمال (مثلاً توزیع گاما) برازش می‌گردد، سپس به یک توزیع طبیعی تبدیل می‌شود تا میانگین SPI صفر شود (McKee et al, 1993; McKee et al, 1995; Edwards and McKee, 1997). با توجه به صفر بودن میانگین در توزیع نرمال در این شاخص مقادیر مثبت SPI، میزان بارش بیش از میانگین و مقادیر منفی میزان کمتر از میانگین را نشان می‌دهند. خشک‌سالی در این شاخص زمانی آغاز می‌شود که مقدار شاخص به -۱ رسیده و از آن عبور نماید و این خشک‌سالی زمانی خاتمه می‌یابد که مقدار شاخص مجدداً مثبت شود. مدت مذکور «طول خشک‌سالی» نامیده می‌شود که از یک ماه تا چندین سال را می‌تواند شامل شود. بعد از اینکه مقادیر شاخص استاندارد بارش در بازه‌های زمانی مدنظر محاسبه شد، شدت خشک‌سالی<sup>۱۱</sup> بر مبنای جدول ۱ تعیین می‌گردد (برای مطالعه بیشتر به McKee, 1993 مراجعه شود).

### داده‌ها و ایستگاه‌های اقلیمی

در این تحقیق مقیاس زمانی مورد مطالعه از ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ را شامل می‌شود. برای دستیابی به هدف تحقیق در



شکل ۳: نقشه شهرستان‌ها، ناهمواری و پلیگون بندی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

ارائه نمی‌دهند (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۶). رگرسیون وزنی جغرافیایی از طریق رابطه ۲ قابل محاسبه است. رابطه (۲)

$$\hat{y} = \beta_0(\mu_i, \nu_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i, \nu_i)x_{ik} + \epsilon_i$$

در رابطه بالا  $\hat{y}$  متغیر وابسته،  $(\mu_i, \nu_i)$  مختصات جغرافیایی هر موقعیت برای  $i$ ،  $\beta_0(\mu_i, \nu_i)$  محل تقاطع برای موقعیت  $i$ ،  $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$  یک ضریب محلی است که متغیر مستقل  $x_k$  را در موقعیت  $i$  تخمین می‌زند و  $\epsilon_i$  خطای تصادفی با فرض نرمال بودن است. برای مجموعه داده‌های پارامترهای محلی،  $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$  با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می‌شود. وزن‌های  $w_{ij}$  برای  $i=1,2,\dots, n$  در هر موقعیت  $(\mu_i, \nu_i)$  به عنوان تابع پیوسته‌ای از فواصل میان موقعیت  $i$  و موقعیت دیگر داده‌ها به دست می‌آید (رفیعیان و زاهد، ۱۳۹۷). برای مطالعه بیشتر به Fotheringham et al, 2003 مراجعه شود.

خودهمبستگی فضایی یعنی ارزش صفت‌های مطالعه شده خود همبسته هستند و همبستگی آن‌ها قابل استناد به

$$\text{رابطه (۱)} \quad M = \frac{I - E}{P} \times 1000$$

در این رابطه  $M$  میزان خالص مهاجرت،  $I$  تعداد مهاجران وارد شده،  $E$  تعداد مهاجران خارج شده از منطقه و  $P$  تعداد جمعیت در میانه سال می‌باشد.

### رگرسیون وزنی جغرافیایی و شاخص موران

رگرسیون وزنی جغرافیایی بسط رگرسیون حداقل مربعات معمولی است و در گروه رگرسیون محلی قرار می‌گیرد (Fotheringham et al, 2003). روش‌های رگرسیون محلی مانند GWR روابط محلی را که ممکن است در هنگام اعمال رگرسیون کلی مانند حداقل مربعات معمولی پنهان یا از دست رفته باشد، در نظر می‌گیرند (Kalogirou, 2012). بدین صورت که الگوهای رگرسیونی معمولی برای دو متغیر مستقل و وابسته فضایی تنها متوسطی از داده‌های غیر فضایی را ارائه می‌دهد. بنابراین قادر به بیان خودهمبستگی‌های فضایی بین متغیرها نیستند. از این رو در نشان دادن واقعیات ارتباطات مختلف فضایی ناتوان هستند. بدین سبب نتیجه معقول و منطقی برای داده‌های فضایی

بارش ۳۰ ساله در نرم‌افزار MDM وارد و مقادیر مربوطه حاصل شد. شکل ۴ پهنه‌بندی بازه‌های خشک‌سالی با استفاده از درون‌یابی IDW و درون‌یابی تیسن به همراه شهرستان‌های منطقه را نشان می‌دهد. شاخص ماهانه بارش نشان می‌دهد که در ۳۰ سال مورد بررسی فراوانی ماه‌های خشک سال در نواحی جنوبی دریاچه ارومیه کمترین میزان را داشته است و به سمت نواحی مرکز این مقدار افزایش پیدا می‌کند، بطوریکه قسمت شرقی منطقه دارای بیشترین فراوانی ماه‌های خشک بوده است. در این بازه ایستگاه‌های مراغه (۳۲ ماه) و ارومیه و مهاباد (۳۳ ماه) کمترین فراوانی رخداد ماه‌های خشک و ایستگاه اردبیل (۵۶) بیشترین تعداد را داشته است. همچنین شدیدترین خشکی در مقیاس زمانی ماهانه، در ایستگاه اردبیل (۳,۴۸-) در دسامبر سال ۲۰۱۰ رخ داده است (شکل ۵).

بازه زمانی شش‌ماهه الگوی متفاوت‌تری از فراوانی رخداد خشکی ماهانه از خود نشان می‌دهد. در این رابطه ایستگاه‌های ارومیه و میانه بیشترین خشکی را در خصوص میانگین بارش شش‌ماهه داشته‌اند. ایستگاه مهاباد با دارا بودن ۵۰ ماه خشکی در این بازه دارای کمترین دوره‌های خشکی بوده است. در مقابل ایستگاه ارومیه با ۷۴ ماه خشکی بیشترین مقدار را دارا بوده است. در بازه شش‌ماهه طبق شکل ۵ خشکی نسبت به ماهانه و سالانه از شدت بیشتری برخوردار است. طبق شکل مذکور در این بازه شدیدترین خشکی در ایستگاه اهر با مقدار ۳,۳۸- به مانند ماهانه ایستگاه اردبیل، در سال ۲۰۱۰ به وقوع پیوسته است. بازه یک‌ساله خشک‌سالی نشان می‌دهد که ایستگاه مهاباد و نواحی اطراف، کمترین میزان خشک‌سالی (۲ سال) را داشته است. این ایستگاه در بازه‌های ماهانه و شش‌ماهه نیز از الگوی مشابهی برخوردار بود. از یازده ایستگاه باقیمانده ایستگاه‌های اردبیل، خوی، جلفا، تبریز ۶ سال و میانه، ماکو، پارس‌آباد و مراغه ۵ سال و سه ایستگاه خلخال، اهر و ارومیه ۴ سال خشک‌سالی را تجربه کرده‌اند. در این بازه الگوی پراکنش خشک‌سالی از جنوب غربی یعنی

نظم جغرافیایی پدیده‌ها است (رفیعیان و زاهد، ۱۳۹۷). GWR زمانی که خودهمبستگی فضایی در بین متغیرها وجود داشته باشد از کارایی زیادی برخوردار است (حسین‌خواه و همکاران، ۱۳۹۵). خودهمبستگی فضایی توسط تابع شاخص موران در محیط GIS قابل‌سنجش می‌باشد. مقادیر شاخص از -۱ تا ۱ را شامل می‌شود. مقدار نزدیک به صفر به منزله الگوی تصادفی است. مقادیر نزدیک به ۱ حاکی از الگوی خوشه‌ای مقادیر مشابه و مقادیر نزدیک به -۱ حاکی از در کنار هم قرارگیری مقادیر غیرمشابه می‌باشد. شاخص موران از طریق رابطه ۳ به دست می‌آید (عسگری، ۱۳۹۰).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله  $z_i$  تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه  $i$  با میانگین آن  $(\bar{x}_i - \bar{x})$  است.  $w_{i,j}$  وزن فضایی بین عارضه  $i$  و  $j$  بوده،  $n$  تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه استفاده شده و  $S_0$  جمع کل وزن‌های فضایی می‌باشد که از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad \text{رابطه (۴)}$$

امتیاز  $z_i$  استاندارد برای اماره موران با استفاده از معادله

زیر مشخص می‌شود

$$z_i = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در معادله فوق روابط زیر برقرار است

$$E[I] = -1/(n-1)$$

و رابطه (۶)

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

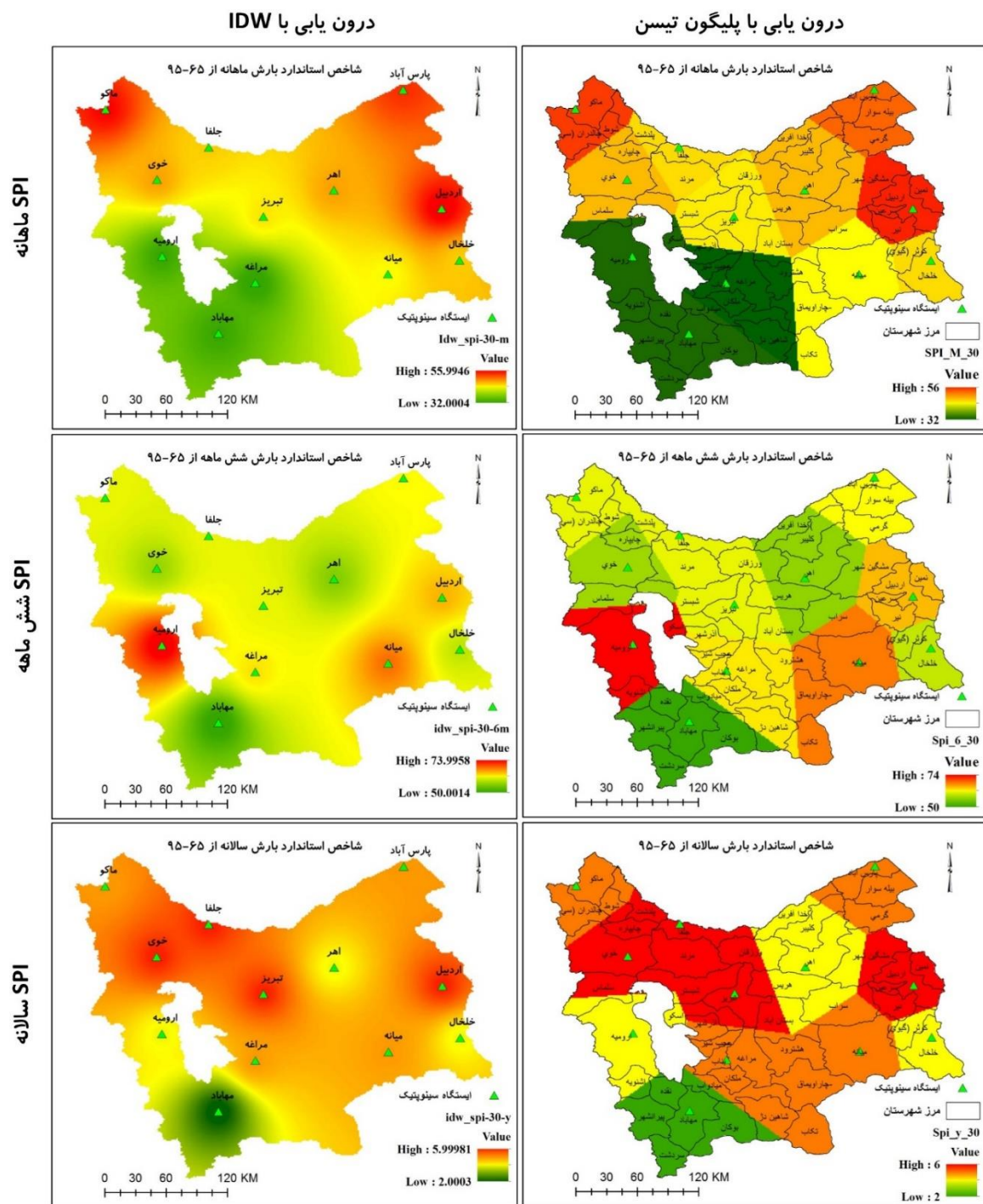
## نتایج

### خشک‌سالی

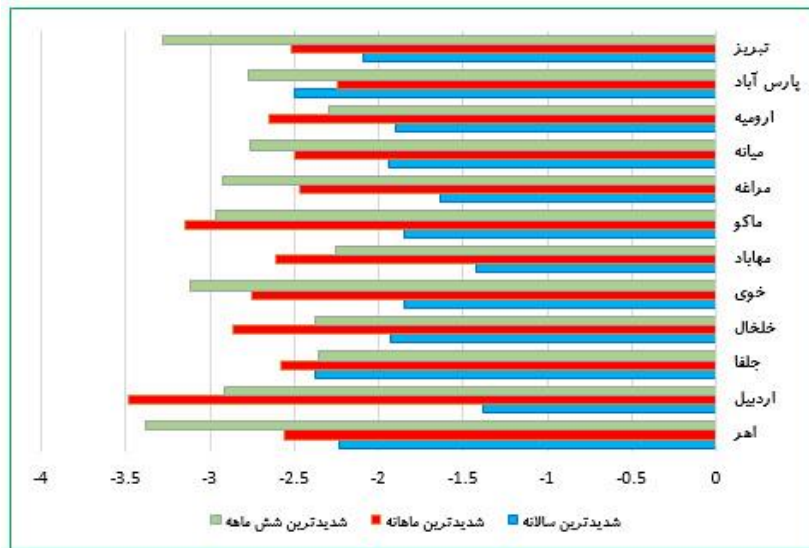
طبق روش تحقیق، پایش خشک‌سالی با شاخص SPI و با استفاده از ۱۲ ایستگاه در سطح منطقه و به مدت ۳۰ سال صورت گرفت. پایش در سه بازه زمانی SPI ماهانه، شش-ماهه و سالانه صورت گرفت. برای محاسبه این مقادیر،

می‌باشد. در این رابطه ایستگاه پارس‌آباد با مقدار ۲٫۵- شدیدترین رخداد خشک‌سالی را در سال ۱۹۹۶ تجربه کرده است. در مقابل ایستگاه اردبیل با مقدار ۱٫۳۸- کمترین شدت را در سال ۲۰۰۶ داشته است.

ایستگاه مهاباد به سمت سایر نواحی افزایش می‌یابد. هرچند که در این الگو به خاطر وجود ناهمواری‌های متعدد، برخی ایستگاه‌ها از تعداد سال‌های خشک کمتری برخوردار بوده‌اند. شکل ۵ نشان می‌دهد که شدت رخداد خشک‌سالی در بازه زمانی یک‌ساله از دامنه نوسان کمتری برخوردار



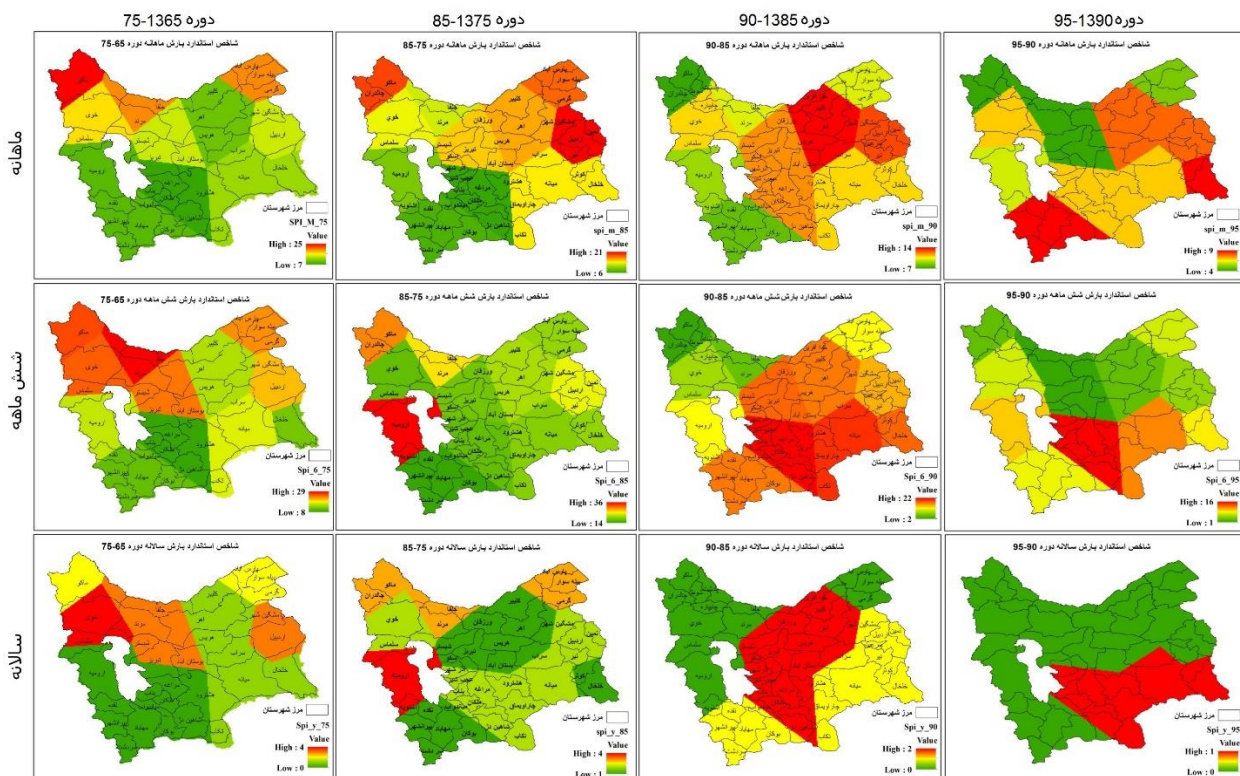
شکل ۴: نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی ۳۰ ساله از ۶۵ تا ۹۵



شکل ۵: شدت رخداد خشک‌سالی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نیز این روند تا حدودی قابل مشاهده می‌باشد. لیکن در دوره‌های بعدی یعنی دوره ۵ ساله ۹۰-۱۳۸۵ و ۹۵-۱۳۹۰ این مناطق خشکی کمتری داشته‌اند. در مقابل پهنه خشکی به سمت مناطق مرکزی و جنوبی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است.

بعد از پایش کلی خشک‌سالی در منطقه برای تطابق بازه زمانی با داده‌های آماری مهاجرت، بازه ۳۰ ساله به بازه‌های متناظر تقسیم شد. پهنه‌بندی خشک‌سالی در شکل ۶ نشان می‌دهد که در دوره ۱۰ ساله ۷۵-۱۳۶۵ قسمت‌های شمال شرقی و خط شمالی به موازات رودخانه ارس در منطقه بیشتر در معرض خشکی بوده‌اند. در دوره ۸۵-۱۳۷۵

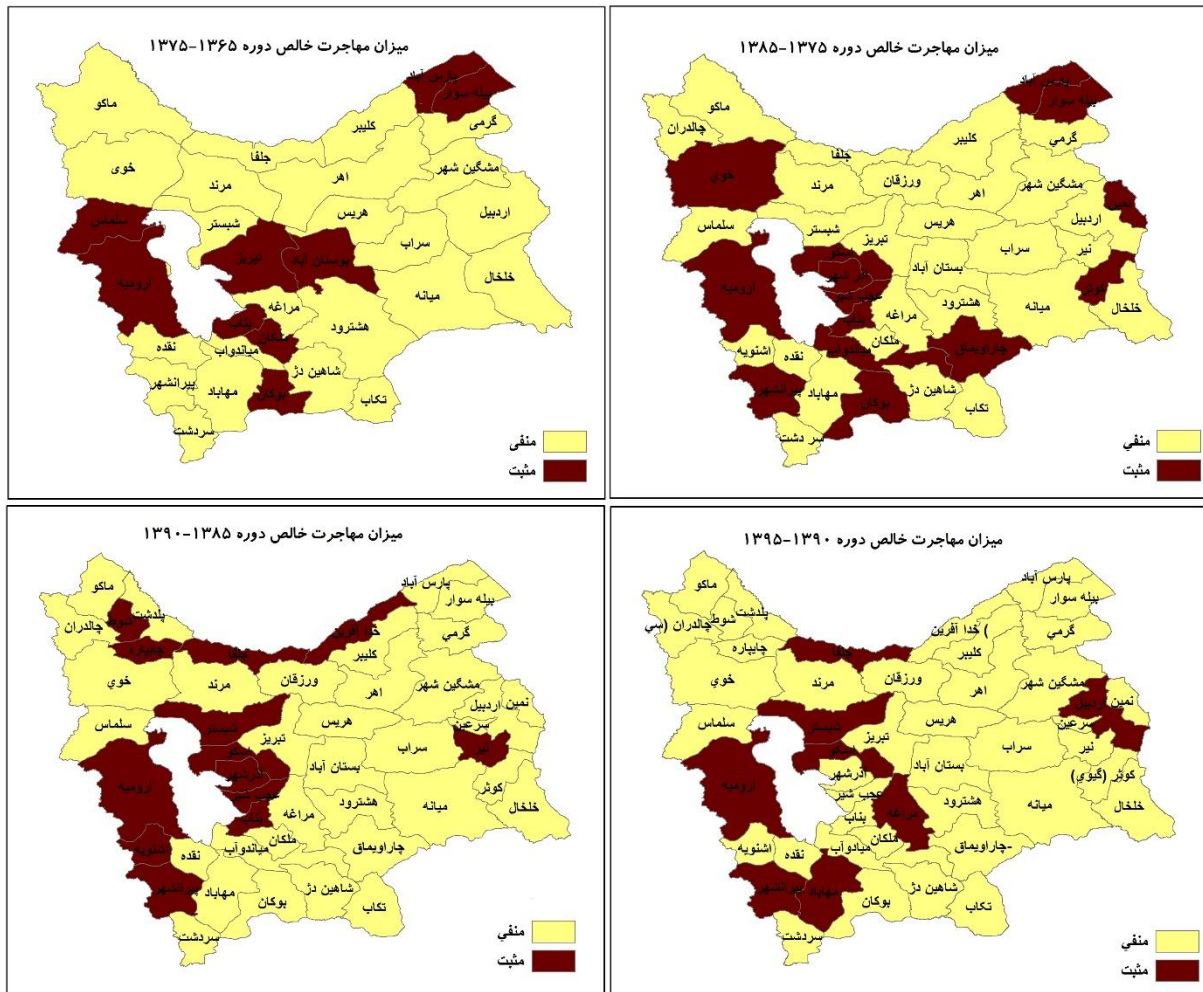


شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی چهار دوره مورد مطالعه از ۶۵ تا ۹۵

شاخص میزان خالص مهاجرت

میزان خالص مهاجرت در منطقه مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به نقشه مذکور در هر چهار دوره تعداد شهرستان‌هایی با میزان خالص مهاجرت منفی تقریباً بر منطقه حاکم بوده است. در این رابطه تعداد شهرستان‌های با میزان خالص مهاجرت مثبت در دوره ۱۳۶۵-۷۵ تنها ۹ شهرستان از ۳۲ شهرستان بوده است. این رقم برای دوره ۸۵-۱۳۷۵ برابر با ۱۴ از ۴۲ شهرستان در دوره ۹۰-۱۳۸۵ برابر با ۱۲ از ۴۷ شهرستان و در دوره ۹۵-۱۳۹۰ برابر با ۸ شهرستان از ۴۷ شهرستان منطقه می‌باشد. نگاهی به اعداد و ارقام جدول ۲ نشان می‌دهد که در دوره سی‌ساله منتهی به سال ۱۳۹۵، به طور متوسط تنها ۲۶ درصد

شهرستان‌های منطقه از میزان خالص مهاجرت مثبت برخوردار بوده‌اند، در واقع چیزی کمتر از یک‌سوم و ۷۴ درصد شهرستان‌ها موازنه منفی مهاجرتی داشته‌اند. الگوی مکانی پراکنش شهرستان‌های با موازنه مهاجرتی مثبت عمدتاً در اطراف دریاچه ارومیه متمرکز می‌باشد و این الگوی مکانی در هر چهار دوره به‌خوبی قابل مشاهده است. در این میان شهرستان ارومیه به‌عنوان مرکز استان آذربایجان غربی همواره از موازنه مهاجرتی مثبت برخوردار بوده اما تبریز تنها در دوره ۷۵-۱۳۶۵ و اردبیل نیز در دوره ۹۵-۱۳۹۰ از موازنه مثبت برخوردار بوده‌اند. نکته جالب در مورد این الگو تطابق آن با الگوی کمترین میزان خشک‌سالی می‌باشد.



شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی میزان خالص مهاجرت در منطقه مورد مطالعه



جدول ۲: وضعیت شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه در خصوص میزان مهاجرت خالص

دوره	تعداد شهرستان	موازنه منفی مهاجرتی	موازنه مثبت مهاجرتی	درصد شهرستان‌های دارای موازنه منفی
۱۳۶۵-۷۵	۳۲	۲۳	۹	۷۲
۱۳۷۵-۸۵	۴۲	۲۸	۱۴	۶۷
۱۳۸۵-۹۰	۴۷	۳۵	۱۲	۷۴
۱۳۹۰-۹۵	۴۷	۳۹	۸	۸۳

### بررسی ارتباط با رگرسیون وزنی جغرافیایی

رگرسیون وزنی جغرافیایی زمانی استفاده می‌شود که در بین داده‌های مکانی خودهمبستگی فضایی مشاهده شود. در پژوهش حاضر از آنجایی که اعداد خشک‌سالی با درون‌یابی محاسبه شده‌اند در نتیجه دارای خودهمبستگی فضایی

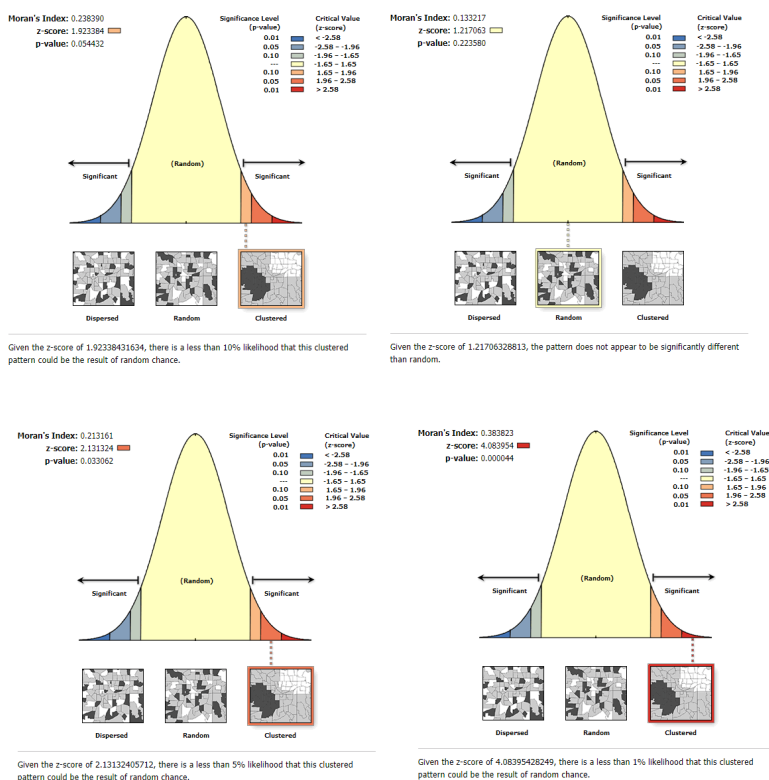
خواهند بود. استفاده از شاخص موران هم این وضعیت را تأیید می‌کند. همچنین در داده‌های مهاجرت نیز به جز دوره ۸۵-۱۳۷۵ خودهمبستگی فضایی دیده می‌شود (جدول ۳) و طبق شکل ۸ نیز داده‌های مهاجرت به جز دوره ۸۵-۱۳۷۵، از الگوی خوشه‌ای برخوردار هستند.

جدول ۳: اطلاعات خودهمبستگی فضایی حاصل از شاخص موران جهانی

دوره زمانی	متغیر	شاخص موران	z-score	p-value	سطح اطمینان	الگو
۱۳۶۵-۱۳۷۵	میزان خالص مهاجرت	۰,۲۳۸۳۹	۱,۹۲۳۳۸۴	۰,۰۵۴۴۳	۹۰	خوشه‌ای
	خشکی ماهانه	۰,۸۰۹۷۷۹	۵,۸۹۴۰۹۲	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی شش‌ماهه	۰,۸۸۹۰۱۶	۶,۳۵۲۰۵۳	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی یک‌ساله	۰,۷۴۲۳۸۶	۵,۳۵۳۹۷	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
۱۳۷۵-۱۳۸۵	میزان خالص مهاجرت	۰,۱۳۳۲۱۷	۱,۲۱۷۰۶۳	۰,۲۲۳۵۸	—	تصادفی
	خشکی ماهانه	۰,۹۳۴۴۲۱	۷,۷۳۳۵۴۲	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی شش‌ماهه	۰,۳۵۲۳۸۶	۳,۱۶۵۷۲۱	۰,۰۰۱۵۵	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی یک‌ساله	۰,۳۱۸۱۳۲	۲,۸۰۰۲۱	۰,۰۰۵۱۱	۹۹	خوشه‌ای
۱۳۸۵-۱۳۹۰	میزان خالص مهاجرت	۰,۳۸۳۸۲۳	۴,۰۸۳۹۵۴	۰,۰۰۰۰۴	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی ماهانه	۰,۹۳۴۴۲۱	۷,۷۳۳۵۴۲	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی شش‌ماهه	۰,۳۵۲۳۸۶	۳,۱۶۵۷۲۱	۰,۰۰۱۵۵	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی یک‌ساله	۰,۳۱۸۱۳۲	۲,۸۰۰۲۱	۰,۰۰۵۱۱	۹۹	خوشه‌ای
۱۳۹۰-۱۳۹۵	میزان خالص مهاجرت	۰,۲۱۳۱۶۱	۲,۱۳۱۳۲۴	۰,۰۳۳۰۶	۹۵	خوشه‌ای
	خشکی ماهانه	۰,۵۷۱۸۹۷	۵,۲۹۲۹۲۲	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی شش‌ماهه	۰,۸۰۱۱۰۱	۷,۳۶۱۷۸۲	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای
	خشکی یک‌ساله	۰,۷۶۶۷۸۹	۷,۰۴۵۴۵۱	۰,۰۰۰۰۰	۹۹	خوشه‌ای

با توجه به نتایج جدول ۳ و شکل ۸ تحلیل‌های رگرسیون به روش کلاسیک قادر به در نظر گرفتن این واقعیت فضایی نیستند؛ بنابراین نیاز است تا ارتباط دو متغیر با تکنیک‌های تحلیل فضایی همچون شاخص موران جهانی

و GWR سنجیده شود. با اعمال این تکنیک‌ها علاوه بر در نظر گرفتن خودهمبستگی فضایی، میزان ضریب تعیین در سطح محلی را نیز می‌توان مشخص نمود. طبق جدول ۴ ارتباط متغیر مهاجرتی در چهار دوره با



شکل ۸: مقادیر شاخص موران برای شاخص میزان خالص مهاجرت

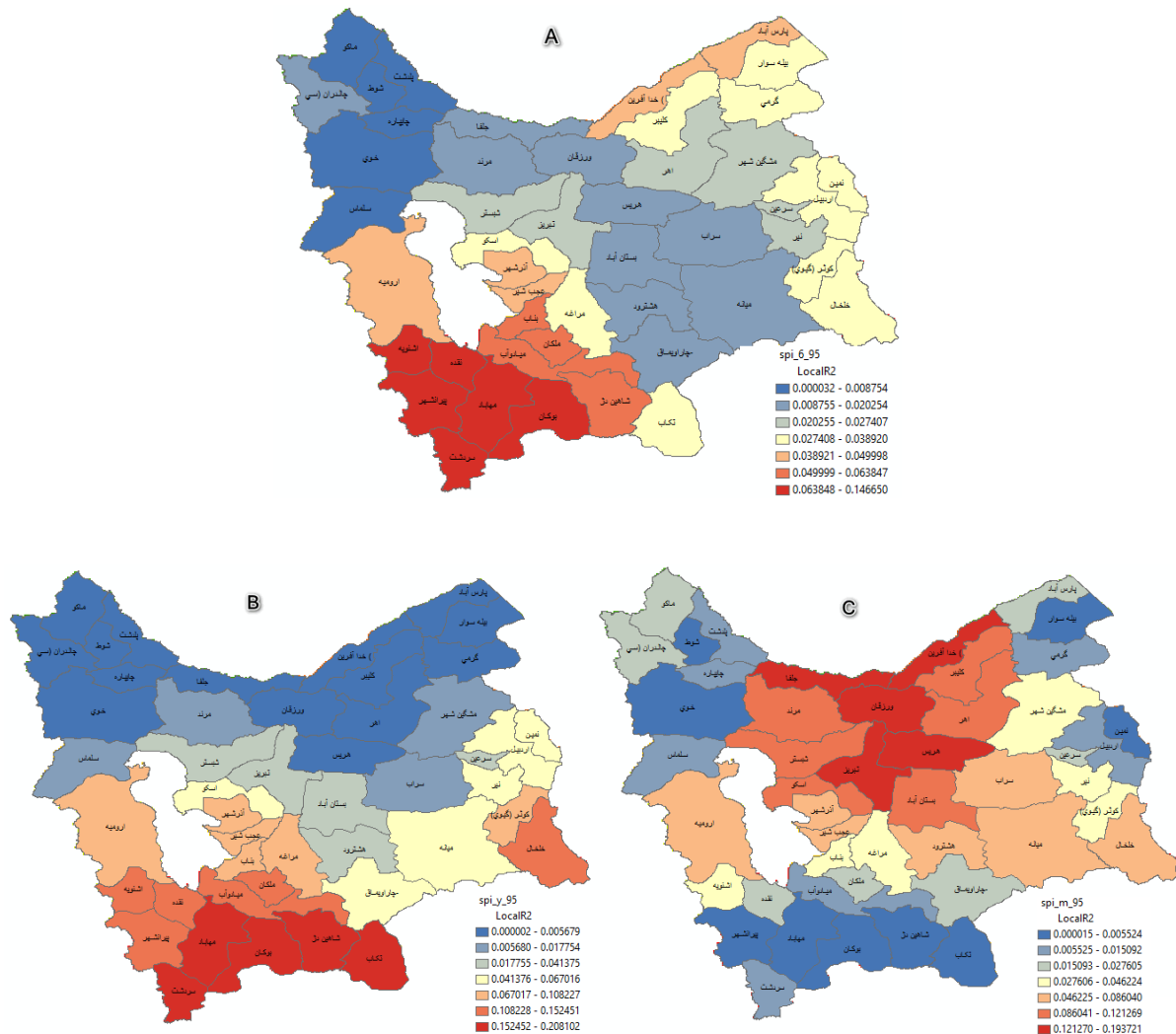
مهاجرت دوره مذکور می‌باشد.

نتایج کلی نشان از وجود ضریب تعیین ( $R^2$ ) نسبتاً کم (متوسط ۲۱,۵ درصد) در بین متغیر مستقل و وابسته است. با این وجود این میزان از تبیین‌کنندگی دور از انتظار نیست چرا که در تصمیم‌گیری‌های منجر به مهاجرت متغیرهای زیادی تأثیرگذار هستند و به نظر می‌رسد این مقدار از تبیین‌کنندگی نیز برای متغیر خشک‌سالی قابل توجه باشد (Kalogirou, 2012). در این راستا مقدار متوسط  $R^2$  برای دوره ۷۵-۱۳۶۵ برابر با ۰,۲۳۳ به دست آمد. این مقدار حدود ۲۳,۳ درصد تغییرات مهاجرت جمعیت توسط متغیر خشک‌سالی را تبیین می‌کند. هرچند مقدار آن کم است اما با علم به این امر که مهاجرت به تنهایی توسط خشک‌سالی متأثر نمی‌گردد، عدد قابل قبولی است. مقدار متوسط  $R^2$  برای دوره ۸۵-۱۳۷۵ برابر ۰,۱۱۶ به دست آمد که این بدان معنی است که در حدود ۱۱,۶ درصد تغییرات متغیر مهاجرت توسط متغیر خشک‌سالی تبیین می‌شود. برای دوره

سه بازه زمانی ماهانه، شش‌ماهه و سالانه شاخص استاندارد بارش بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که در بین چهار دوره مورد بررسی، دوره ۹۵-۱۳۹۰ ضریب تعیین بالاتری نسبت به باقی دوره‌ها دارد. دوره ۸۵-۱۳۷۵ نیز از ضریب تعیین کمتری نسبت به باقی دوره‌ها برخوردار است. دامنه شاخص تبیین از ۰ تا ۴۰ درصد در نوسان می‌باشد. بالاترین تبیین‌کنندگی مربوط به ارتباط بین میزان خالص مهاجرت و SPI سالانه دوره ۹۵-۱۳۹۰ بوده و کمترین مقدار هم به SPI سالانه دوره ۹۰-۱۳۸۵ مربوط می‌باشد. یکی از شاخص‌های کارایی مدل GWR عدم وجود خودهمبستگی فضایی در بین خطاهای (باقیمانده) مدل می‌باشد. بررسی این مورد با شاخص موران جهانی نشان از عدم خودهمبستگی فضایی دارد. تنها در یک دوره، باقیمانده‌ها از الگوی خوشه‌ای برخوردار بودند که مطابق با دوره ۹۰-۱۳۸۵ می‌باشد. وجود الگوی خوشه‌ای نشان از عدم تبیین‌کنندگی درست متغیر ماهانه و سالانه SPI در

جدول ۴: اطلاعات حاصل از اجرای رگرسیون وزنی جغرافیایی

دوره زمانی	متغیر وابسته	متغیر مستقل	Residual Squares	R <sup>2</sup>	الگوی باقیمانده (شاخص موران)
۱۳۶۵-۱۳۷۵	میزان خالص مهاجرت	ماهانه	۵۶۸۷۸,۹۵	۰,۲۸	تصادفی
		شش‌ماهه	۵۹۴۲۶,۷۳	۰,۲۵	تصادفی
		یک‌ساله	۶۵۳۴۶,۵۹	۰,۱۷	تصادفی
۱۳۷۵-۱۳۸۵	میزان خالص مهاجرت	ماهانه	۱۱۱۳۱۴,۲۵	۰,۱۱	تصادفی
		شش‌ماهه	۱۰۶۲۵۶,۸۶	۰,۱۵	تصادفی
		یک‌ساله	۱۱۲۹۴۵,۶	۰,۰۹	تصادفی
۱۳۸۵-۱۳۹۰	میزان خالص مهاجرت	ماهانه	۱۶۱۴۲,۷۱	۰,۱۳	خوشه‌ای
		شش‌ماهه	۱۳۱۱۵,۹۹	۰,۲۹	تصادفی
		یک‌ساله	۱۸۴۲۸,۷۶	۰	خوشه‌ای
۱۳۹۰-۱۳۹۵	میزان خالص مهاجرت	ماهانه	۱۲۶۱۴۶,۸۱	۰,۳۷	تصادفی
		شش‌ماهه	۱۳۶۵۳,۷۷	۰,۳۴	تصادفی
		یک‌ساله	۱۲۵۳۲,۵۸	۰,۴۰	تصادفی



شکل ۹: نقشه R<sup>2</sup> محلی SPI شش‌ماهه (A)، یک‌ساله (B) و ماهانه (C) دوره ۹۵-۱۳۹۰

جمعیتی می‌تواند بسیار مفید واقع شود. در این رابطه بایستی در نظر داشت که مهاجرت از عوامل متعددی متأثر می‌گردد و درک خشک‌سالی به‌عنوان عامل مهاجرت امری پیچیده می‌باشد. استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی از استان‌های عموماً مهاجرفرست کشور می‌باشند که بررسی مسئله مهاجرت اکولوژیک می‌تواند دیدگاه‌های جدیدی از مهاجرت در این منطقه را آشکار سازد.

نتایج بررسی و پایش خشک‌سالی نشان داد که در مقیاس زمانی، شاخص استاندارد خشک‌سالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه متفاوت گزارش شده است. در این رابطه الگوی عمومی و مکانی پراکنش خشک‌سالی نشان می‌دهد که از سمت جنوب غربی منطقه به سایر جهات به‌ویژه شرق و شمال شرق منطقه، فراوانی خشک‌سالی افزایش می‌یابد. همچنین شدیدترین خشک‌سالی‌ها در بازه زمانی یک‌ماهه (۳،۴۸-)، شش‌ماهه (۳،۳۸-) و سالانه (۲،۵-) به ترتیب در ایستگاه‌های اردبیل، اهر و پارس‌آباد رخ داده است که با الگوی پراکنش مکانی نیز انطباق دارد.

نتایج بررسی تأثیر خشک‌سالی بر روی مهاجرت جمعیت در منطقه نیز حاکی از وجود ارتباط نسبتاً ضعیف در این خصوص می‌باشد. این امر در ابتدا ناشی از ماهیت مهاجرت می‌شود که در رخداد آن عوامل متعدد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و زیست‌محیطی دخیل می‌باشند. همچنین این امر می‌تواند ناشی از پراکنش بارش‌ها باشد، بدین صورت که منطقه میانگین بارش را دریافت کرده است ولی این امر در فصل رویش اتفاق نیفتاده است. نگاهی به شاخص استاندارد بارش سالانه نشان می‌دهد که در دوره مورد مطالعه خشک‌سالی چندانی رخ نداده است. این امر بر پیچیدگی این ارتباط می‌افزاید. با این وجود مقدار به دست آمده با توجه به ماهیت مهاجرت قابل توجه می‌باشد. هرچند مقادیر ضریب تعیین مدل رگرسیونی نسبتاً ضعیف می‌باشد، ولی با این وجود هم اطلاعاتی خوبی را به نمایش می‌گذارد. از جمله اینکه

۹۰-۱۳۸۵ مقدار متوسط  $R^2$  حدود ۱۴ درصد از تغییرات متغیر مهاجرت توسط متغیر خشک‌سالی را تبیین می‌کند و در نهایت این مقدار برای دوره ۹۵-۱۳۹۰ برابر با ۰،۳۷ شد و نشان می‌دهد که میزان تبیین مهاجرت منطقه به‌واسطه خشک‌سالی در این دوره در حدود ۳۷ درصد می‌باشد. همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد یکی از مزایای GWR، ارائه ضریب  $R^2$  در سطح محلی است (Javi et al. 2014). این خروجی در تبدیل به نقشه نشان می‌دهد که میزان تبیین‌کنندگی متغیر مستقل در رابطه با متغیر وابسته دارای چه الگوی فضایی می‌باشد. برای نمونه در شکل ۹ ضریب  $R^2$  محلی SPI شش‌ماهه دوره ۹۵-۱۳۹۰ نشان می‌دهد که در شهرستان‌های جنوب غربی منطقه مورد مطالعه بالاترین مقدار حاکم بوده و در کل به سمت سایر جهات از این مقدار کاسته شده و در قسمت شمال غربی به کمترین مقدار خود می‌رسد. در ضریب  $R^2$  محلی SPI یک‌ساله هم تبیین‌کنندگی بیشتر، به مانند شش‌ماهه در جنوب غربی است و نوار شمالی منطقه کمترین ضریب  $R^2$  محلی را دارد اما در خصوص SPI ماهانه الگوی مذکور شکل دیگری به خود گرفته و تبیین‌کنندگی تقریباً در مرکز منطقه بیشتر بوده و به صورت کلی به سمت سایر جهات کمتر می‌شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

مهاجرت اکولوژیک از مباحثی است که امروزه به دلیل تغییرات گسترده در بستر اکولوژیک توسط انسان و گاهی فرایندهای طبیعی توجه پژوهشگران مختلف را در حیطه‌های گوناگون به خود جلب کرده است. یکی از عوامل اکولوژیک که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند باعث حرکات جمعیتی شود، خشک‌سالی است. هرچند خشک‌سالی پدیده ناآشنایی برای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک نیست، اما تغییرات اقلیمی و استفاده بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی بر شدت اثرگذاری آن افزوده است. بررسی این رخدادها و ارتباط آن با حرکات

اقلیمی بیشتری در رابطه با خشک‌سالی استفاده شود تا دقت پایش افزایش یابد. همچنین با مطالعه پیمایشی از جامعه مهاجران، میزان تأثیرپذیری مهاجرت افراد از خشک‌سالی مورد سنجش قرار گیرد و در نهایت در صورت وجود داده‌های سایر عوامل، تأثیر عامل خشک‌سالی با سایر عوامل بر روی رخداد مهاجرت سنجیده شود.

### یادداشت‌ها

\* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان « بررسی رابطه خشک‌سالی با مهاجرت‌های داخلی در سه دهه اخیر در ایران » مصوب موسسه تحقیقات جمعیت کشور است.

1. Spitz
2. Silent Violence
3. Standardized Precipitation Index
4. Meteorological Drought Monitor
5. Inverse Distance Weighting (IDW)
6. Majority
7. Zonal Statistics
8. Autocorrelation
9. Moran's I
10. Geographically Weighted Regression (GWR)
11. Drought Magnitude

ارتباط فضایی در کدام قسمت از منطقه مورد مطالعه بیشتر و در کدام مناطق کمتر است. همچنین باید توجه داشت که هم بارش و هم مهاجرت از الگوی رفتاری یکسانی تبعیت نمی‌کند و نوسانات و پویایی فراوانی در آن‌ها یافت می‌شود که این امر بر مدل‌سازی این ارتباط نیز به شدت تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر خشک‌سالی ابعاد متعددی دارد که در این تحقیق تنها بعد اقلیمی آن مورد بررسی قرار گرفته است.

با تمام این تفاسیر خشک‌سالی قطعاً یکی از عوامل مهاجرت اکولوژیک در کشور می‌باشد و در منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند موجب مهاجرت افراد شود. باید توجه داشت که مهاجرت می‌تواند بواسطه خشکی ذاتی اقلیم نیز رخ دهد. مناطق اقلیمی خشک با پدیده بیابان‌زایی نیز مواجه می‌باشند که این امر نیز می‌تواند باعث جابجایی و مهاجرت جمعیت شود. رخداد خشک‌سالی در مناطق خشک نه تنها خود نیز می‌تواند به تنهایی موجب مهاجرت بلافصل جمعیت شود، بلکه دو عامل قبلی را نیز می‌تواند تشدید نماید. از این رو پیشنهاد می‌شود برای درک و شناسایی بهتر این فرایند، در بررسی‌های آتی از ایستگاه‌های

### فهرست منابع

- ابراهیم‌زاده، ع؛ اسمعیل نژاد، م، (۱۳۹۶). پناهندگان اقلیمی چالش آینده تحولات منطقه‌ای مطالعه موردی: خراسان جنوبی، *جغرافیا و توسعه*، ۱۵(۴۸)، صص ۱-۱۸.
- پیری، ح؛ انصاری، ح، (۱۳۹۲). بررسی خشک‌سالی دشت سیستان و تأثیر آن بر تالاب بین‌المللی هامون، *اکویولوژی تالاب*، ۱(۱)، صص ۶۳-۷۴.
- جان‌پرور، م؛ صالح‌آبادی، ر؛ زرگری، م، (۱۳۹۶). پیامدهای بحران مهاجرت ناشی از خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت در استان سیستان و بلوچستان، *نشریه جغرافیا*، ۱۵(۵۲)، صص ۱۸۳-۱۹۹.
- جوان؛ خ، (۱۳۹۹). بررسی روند خشک‌سالی هیدرولوژیک در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، *هیدروژئومورفولوژی*، ۲۵(۷)، صص ۱۱۹-۱۳۸.
- حسین‌خواه، م؛ عرفانیان، م؛ علیجانپور، ا، (۱۳۹۵). مدل‌سازی آثار کاربری اراضی روی پارامترهای کیفیت آب با روش‌های رگرسیونی چند متغیره OLS و GWR در حوزه‌های آبخیز استان فارس، *محیط‌شناسی*، ۲(۲)، صص ۳۵۳-۳۷۳.

- حسینی، ق؛ صادقی، ر؛ قاسمی اردهایی، ع؛ رستمعلی زاده، و، (۱۳۹۷). تحولات روند و الگوهای مهاجرت داخلی در استانهای ایران، برنامه ریزی منطقه ای، ۸(۳۱)، صص ۱۸-۱.
- خواجهمزاده؛ ف، (۱۳۹۶). بررسی مهاجرت‌های زیست‌محیطی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جمعیت‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، استاد راهنما: محمد جلال عباسی شوازی
- دوستان، ر، (۱۳۹۴). تحلیلی بر خشک‌سالی‌های ایران در نیم‌قرن گذشته، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۶(۲۳)، صص ۱-۱۸.
- رفعیان، م؛ زاهد، ن، (۱۳۹۷). تحلیل فضایی فرسودگی محله‌های شهر قم با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۶(۲)، صص ۳۶۱-۳۸۳.
- سازمان برنامه‌بودجه استان آذربایجان شرقی، (۱۳۹۵). چکیده نتایج جمعیتی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استان آذربایجان شرقی، بهار ۱۳۹۶، معاونت آمار و اطلاعات-گروه حساب‌های منطقه‌ای.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان غربی، (۱۳۹۵). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان آذربایجان غربی - معاونت آمار و اطلاعات.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اردبیل، (۱۳۹۵). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان اردبیل - معاونت آمار و اطلاعات.
- شمشیری، س؛ شهبازی، ح؛ تقی پور جاوی، ش، (۱۳۹۶). تحلیل ارتباطات بین متغیرهای فضایی در دشت خان‌میرزا: مقایسه‌ی کارایی الگوی رگرسیون وزنی جغرافیایی و الگوی حداقل مربعات معمولی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۵(۴۸)، صص ۹۵-۱۱۲
- صفریان زنگیر، و؛ صلاحی، ب؛ ملکی مرشت، ر؛ کیانیان، م، (۱۳۹۹). تحلیل شاخص‌های خشک‌سالی و بارش استاندارد شده در مراکز شهرهای استان اردبیل، پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۱(۱)، صص ۱۳۶-۱۲۱.
- عسگری، ع، (۱۳۹۰). تحلیلهای آمار فضایی با ArcGIS، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، تهران
- فاضل نیا، غ؛ رجایی، م؛ حکیم دوست، س ی، (۱۳۹۱). خشک‌سالی اقلیمی و پیامدهای مکانی و فضایی آن در مناطق روستایی: مطالعه موردی دهستان قره پشتلوی بالا، شهرستان زنجان، روستا و توسعه، ۱۵(۳)، صص ۵۷ - ۷۲.
- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۵). نتایج آمارگیری نیروی کار تابستان ۱۳۹۵. مرکز آمار کشور، ص ۲۲
- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵.
- Edwards, D. C. and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- ErgİN, M. (2017). Drought-Induced Migrations in Syria and Turkey. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 24(2), 257-273.
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2003). *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley & Sons.
- Gray, C., & Mueller, V. (2012). Drought and population mobility in rural Ethiopia. *World development*, 40(1), 134-145.

- Guenang, G. M., & Kamga, F. M. (2014). Computation of the standardized precipitation index (SPI) and its use to assess drought occurrences in Cameroon over recent decades. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(10), 2310-2324.
- Hermans, K., & Garbe, L. (2019). Droughts, livelihoods, and human migration in northern Ethiopia. *Regional Environmental Change*, 19(4), 1101-1111.
- Hugo, G. (2008). *Migration, development and environment*. Geneva: International Organization for Migration.
- IOM-International Organization for Migration. (2020). *World migration report 2020*. International Organization for Migration Publications. Switzerland
- Javi, S. T., Malekmohammadi, B., & Mokhtari, H. (2014). Application of geographically weighted regression model to analysis of spatiotemporal varying relationships between groundwater quantity and land use changes (case study: Khanmirza Plain, Iran). *Environmental monitoring and assessment*, 186(5), 3123-3138.
- Kalogirou, S. (2012). Testing local versions of correlation coefficients. *Jahrbuch für regionalwissenschaft*, 32(1), 45-61.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Vol. 17, No. 22, pp. 179-183.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1995. *Drought monitoring with multiple time scales*. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 15-20, 1995, Dallas TX, pp. 233-236.
- Neumann, K., Sietz, D., Hilderink, H., Janssen, P., Kok, M., & van Dijk, H. (2015). Environmental drivers of human migration in drylands—A spatial picture. *Applied Geography*, 56, 116-126.
- Rechkemmer, A., O'Connor, A., Rai, A., Decker Sparks, J. L., Mudliar, P., & Shultz, J. M. (2016). A complex social-ecological disaster: Environmentally induced forced migration. *Disaster health*, 3(4), 112-120.
- Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., & Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of arid land*, 9(6), 797-809.
- Sanderson, Matthew R. (2013). *Ecology and migration*. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9781444351071.wbeghm190>