

## بررسی ارتباط بین خشکسالی اقلیمی و مکان‌گزینی روستاها (مطالعه موردی: استان زنجان)

محمد غلامی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران  
یاسر حکیم‌دوست<sup>۱</sup> - دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران  
موسی رستگار - دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰ صص ۲۰۹-۱۸۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۴/۱۶

### چکیده

خشکسالی اثرات متفاوتی بر زندگی و معیشت انسان‌ها دارد. تحقیق حاضر به روش کریجینگ و با هدف بررسی ویژگی‌های خشکسالی و پهنه‌بندی آن در سطح استان زنجان انجام شده است تا اثرات آن بر مکان‌گزینی روستا بررسی شود. با این هدف، شاخص SPI که شاخصی اقلیمی است و برای تعیین کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی کاربرد دارد و می‌تواند در مقیاس‌های زمانی اثرات خشکسالی را بر مکان‌گزینی روستاها نشان دهد، انتخاب شد. این پژوهش از نوع کاربردی و رویکرد حاکم بر آن تحلیلی است که در آن با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS و ARC GIS10 به تجزیه و تحلیل نقشه‌های اقلیمی به شیوه زمین‌آمار و محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین خشکسالی و مکان‌گزینی روستاها پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل پهنه برای پهنه‌بندی خشکسالی در استان زنجان، مدل کریجینگ معمولی کروی با ضریب تعیین ۰/۸۹ است. همچنین، ۶۱۵ روستای استان زنجان که در حدود ۲۵۶۰۱۶ نفر جمعیت دارند، در خطر خشکسالی واقع شده‌اند. افزون‌براین، روستاهای استان زنجان تمایل به مکان‌گزینی در پهنه‌های مناسب‌تر را دارند که این نتیجه از لحاظ کمی، کاهش ۳۱ روستا و ۱۵۷۳۰ نفر به‌ازای هر طبقه را نشان می‌دهد. علاوه‌براین، یافته‌ها نشانگر این است که بین خشکسالی با تعداد روستاهای منطقه و جمعیت آن‌ها رابطه معناداری وجود دارد که با توجه به عدد p-value که مقدار صفر را نشان می‌دهد، ارتباط دو متغیر یادشده در سطح فراتر از ۰/۰۱ معنادار است. نتایج آزمون پیرسون نشان‌دهنده ارتباط معنادار قوی میان متغیرهای خشکسالی با تعداد روستاها و جمعیت آن‌ها است.

**کلیدواژه‌ها:** خشکسالی، شاخص SPI، زمین‌آمار، مکان‌گزینی روستا، زنجان.

## ۱. مقدمه

## ۱.۱. طرح مسئله

در حدود نیمی از مساحت کشور ایران در مناطق خشک و بیابانی واقع شده است. از یک سو، شناخت پدیده خشکسالی، آگاهی از امکانات، توانمندی‌ها و استعدادهای مناطق و از سوی دیگر، ارائه راهکارهای کوتاه و بلندمدت، مدیریت منابع آب‌های سطحی را بر آن می‌دارد تا با هدف کاهش خسارت‌های خشکسالی آمادگی لازم را به وجود آورند. بررسی علمی این بالای طبیعی یکی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و منابع آب در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (محمدی‌یگانه و حکیم‌دوست، ۱۳۸۷: ۲۶۷). واقع شدن بیش از ۵۰٪ از مساحت کشور در مناطق خشک و کم‌آب، موجب می‌شود تا دوره‌های خشکسالی و اثرات ناشی از آن که بر دوره‌های ترسالی غلبه دارد، دغدغه اصلی مدیران و برنامه‌ریزان کشور قرار گیرد. مناطقی که از نظر اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و حتی نیمه‌مرطوب هستند، استعداد پذیرش آثار سوء ناشی از خشکسالی را دارند. مدیران باید بپذیرند که ایران کشوری خشک است و سرمایه‌گذاری‌ها می‌بایست متناسب با نیاز کشوری کم‌آب باشد. خشکسالی به‌عنوان بلایی طبیعی، همواره جزء جدایی‌ناپذیری از کشورهای خشک و نیمه‌خشک است که در این خصوص آسیب‌پذیرترین قشر جامعه که کشاورزان هستند، تحت تأثیر شدید این بالای طبیعی قرار می‌گیرند. با توجه به مطالب ذکر شده، تکیه کشاورزان به کشاورزی دیم می‌تواند آسیب‌پذیری را بیشتر کند و زندگی کشاورزان را تحت تأثیر قرار دهد. خشکسالی اقلیمی به‌عنوان یکی از انواع خشکسالی‌ها می‌تواند میزان آسیب‌پذیری کشاورزی دیم را افزایش دهد و امتداد این نوع خشکسالی سبب فقر جامعه روستایی شود. در این باره، شناسایی مکان‌هایی که احتمال افزایش خطر خشکسالی اقلیمی در آن‌ها زیاد است، لازم و ضروری می‌باشد. یکی از راه‌های شناخت و مکان‌محور کردن خشکسالی، عملیات پهنه‌بندی و تخمین خشکسالی در مناطق روستایی است تا بتوان میزان و شدت این بالای طبیعی را با توجه به مکان‌گزینی روستاها ارزیابی کرد. به دلیل وجود منابع آب نقطه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، بیشترین سکونتگاه‌های روستایی در اطراف منابع آب ایجاد شده‌اند؛ بر این اساس، شناسایی سکونتگاه‌های روستایی قرار گرفته

در پهنه‌های در معرض خطر خشکسالی لازم به نظر می‌رسد تا بتوان مدیریت صحیحی در مواقع خشکسالی برای کاهش اثرات آن انجام داد. در این پژوهش ارتباط میان پدیده خشکسالی اقلیمی با مکان‌گزینی روستاها در سطح استان زنجان، با استفاده از روش کریجینگ تجزیه و تحلیل خواهد شد.

### ۲.۱. اهمیت و ضرورت تحقیق

با توجه به اهمیت جایگاه روستاها در اقتصاد منطقه، ضروری است تا ارتباط خشکسالی اقلیمی با جایگاه مکانی روستاهای قرار گرفته در پهنه‌های در معرض خطر خشکسالی مورد واکاوی قرار گیرد تا بتوان با مدیریت صحیح و مطالعه روستاهای واقع شده در پهنه‌های خشکسالی، به مدیریت بحران صحیح در روستاهایی که وابستگی شدید به نزولات جوی برای کشت دیم دارند، دست یافت.

### ۳.۱. اهداف تحقیق

اهداف اصلی این پژوهش در راستای مدیریت خشکسالی به‌قرار زیر است:

۱. شنجش ارتباط فضایی خشکسالی اقلیمی و مکان‌گزینی مناطق روستایی؛
۲. شناسایی و ارزیابی تعداد روستاها و جمعیت قرار گرفته در پهنه‌های خشکسالی تخمین زده شده؛
۳. سطح‌بندی روستاهای قرار گرفته در سطوح خشکسالی در استان زنجان.

### ۴.۱. پیشینه تحقیق

بیک‌محمدی و همکاران (۱۳۸۴) در مقاله‌ای با عنوان «اثرات خشکسالی‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۷ بر اقتصاد روستایی سیستان و راهکارهای مقابله با آن»، با روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS و با روش گردآوری اطلاعات به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی، به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که وقوع خشکسالی‌های سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۷ ابعاد مخربی بر ارکان اقتصاد روستاهای سیستان داشته است و ساختار اقتصاد روستایی را در این منطقه دچار تغییر کرده است.

بی. مک‌کی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۳) در طرحی با عنوان «خشکسالی و وضعیت منابع آب ایالت کلرادو با استفاده از شاخص استاندارد بارش (SPI)<sup>۲</sup>»، با استفاده از روش تحقیق تجربی و آمار استنباطی و ابزارهای گردآوری اطلاعات شامل کتابخانه‌ای و میدانی، آمارها را با استفاده از نرم-افزارهای اقلیمی تجزیه و تحلیل کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد خشکسالی بر بخش‌های مختلف تأثیرهای متفاوتی دارد. وی این روش را در مقیاس‌های زمانی مختلف ۱ تا ۷۲ ماهه به کار گرفته است.

سونگ<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) در طرحی با عنوان «تطبیق زمانی و مکانی خشکسالی‌های کُره با شرق آسیا»، از روش تحقیق تجربی، آمار استنباطی و ابزارهای گردآوری اطلاعات شامل منابع کتابخانه‌ای بهره گرفت. همچنین، با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI)، و وقوع و زیادی داده‌های بارندگی ماهانه طی سال‌های ۱۹۵۱-۱۹۹۶ به این نتیجه رسید که فراوانی خشکسالی صورت گرفته دارای دوره‌های پرمعنی به فاصله ۲-۳ و ۵-۸ ساله است و از دهه ۱۹۸۰ افزایش یافته است. تحلیل‌های ترکیبی و همبستگی نشان دادند وقوع خشکسالی‌ها در قسمت مرکزی چین شرقی، منچوری و منطقه شمالی ژاپن با کره همبستگی داشته است و می‌توان شاخص‌های خشکسالی و ترسالی در شش ناحیه چین شرقی را با ارزش SPI ۱/۵، طی دوره ۱۹۹۳-۱۹۵۱ با توجه به چندین مقیاس زمانی نشان داد.

حسینی‌ها و صالحی (۱۳۷۹) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی وضعیت خشکسالی براساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان»، با هدف بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در استان زنجان، از آمار سی ساله بارش ایستگاه سینوپتیک زنجان استفاده کردند و خشکسالی را براساس چهار شاخص آماری شاخص درصدی از میانگین، شاخص انحراف از میانگین، شاخص کلاسه‌بندی بارش و شاخص توزیع استاندارد، مشخص و توصیف کردند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد شاخص‌های یادشده در حالت کلی با همدیگر همخوانی دارند. به‌ویژه سه شاخص درصدی از میانگین، انحراف از میانگین و کلاسه‌بندی بارش همبستگی بیشتری را با یکدیگر نشان می‌دهند و همچنین، براساس

---

1-B. Makee

2- Standardized Precipitation Index

3- Seung

میانگین‌های متحرک سه و پنج ساله، خشکسالی‌ها در استان زنجان روبه‌افزایش است که به‌تدریج بر دوره‌تداوم آن افزوده می‌شود و نیز شدت آن افزایش می‌یابد.

حبیبی و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله‌ای با عنوان «پهنه‌بندی نمایه بارندگی استاندارد SPI در استان گیلان با بهره‌گیری از روش درون‌یابی و GIS»، با روش تحقیق تجربی، با استفاده از آمار استنباطی، با گردآوری اطلاعات به‌صورت کتابخانه‌ای و با استفاده از شناخت مناطق همگن اقلیمی در استان گیلان و روش انترپولاسیون، اقدام به تهیه نقشه رستری در استان کردند و با استفاده از نمایه SPI و مدل IDW، به پهنه‌بندی در سطح استان پرداختند. نتایج نشان می‌دهد شرایط نرمال، ۸۵٪ از سطح استان را شامل می‌شود.

در ارتباط با آنالیز مکانی متغیرها، میان‌یابی و تحلیل فضایی آن‌ها تاکنون تحقیقات زیادی انجام گرفته است. گالیچاند و مارکوت برای تهیه نقشه رس‌های خاک سطحی، به بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی پرداختند و دریافتند که روش‌های متحرک وزن‌دار و کریجینگ به‌هم شبیه هستند (Gallichand & Marcotte, 1992: 506).

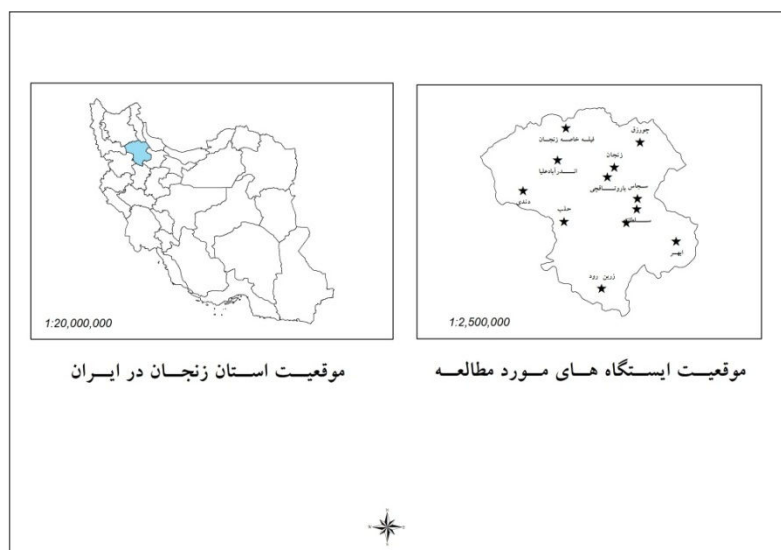
در تحقیق دیگری گالیچاند و همکارانش روش‌های مختلف میان‌یابی را برای بررسی شوری و قلیایی بودن خاک بررسی کرده و نشان دادند که روش کریجینگ به‌عنوان یک روش مناسب می‌تواند برای میان‌یابی مطرح باشد (Gallichand et al., 1992: 506).

## ۲. روش‌شناسی تحقیق

### ۲.۱. قلمرو جغرافیایی پژوهش

قلمرو پژوهش استان زنجان است که در شمال‌غربی کشور واقع شده است. این استان از نظر موقعیت جغرافیایی در ۳۶ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد (مهندسین مشاور آرمان‌شهر، ۱۳۸۳: ۲۷). براساس آخرین تقسیمات کشوری، استان زنجان دارای ۷ شهرستان، ۱۵ بخش، ۴۶ دهستان و ۱۱۰۶ آبادی است. شکل (۱) موقعیت سیاسی استان زنجان در کشور و نیز موقعیت

ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر، از ۱۲ ایستگاه هواشناسی برای بررسی و پهنه‌بندی خشکسالی استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت استان زنجان در کشور و ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان زنجان

مأخذ: استانداری زنجان، ۱۳۹۱

## ۲.۲. روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و رویکرد حاکم بر آن تحلیلی است. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات، به صورت کمی و با بهره‌گیری از رایانه و روش‌های آمار استنباطی انجام گرفته است. جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق، ۱۰۳۱ روستای دارای سکنه استان زنجان با جمعیت ۴۳۴۲۹۷ نفر می‌باشد. در انتخاب شاخص خشکسالی از شاخص بارش استاندارد (SPI) مربوط به روش‌های مطالعه پراکندگی میانگین بارش استفاده شده است. فرمول این شاخص به شرح ذیل است (لشئی‌زند،

۱۳۸۳: ۸۷):

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

در این معادله، SPI، شاخص استاندارد بارش؛  $P_i$ ، معادل بارش سال مفروض به میلی‌متر؛  $\bar{P}$ ، میانگین بارش درازمدت ایستگاه و SD، انحراف معیار بارش است.

برای انجام تحقیق، ابتدا داده‌های بارش ایستگاه‌های منطقه جمع‌آوری شد و براساس اطلاعات حاصل از ایستگاه‌های مورد مطالعه، شامل مختصات جغرافیایی و میزان بارش، با بهره‌گیری از مدل کریجینگ<sup>۱</sup> در انجام تحلیل سه‌بعدی با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS در محیط رستری نرم‌افزار، بر مبنای روش وزنی به پهنه‌بندی پرداخته شده است. در این روش به نقاط نزدیک‌تر به سلول، وزن بیشتری در مقایسه با یک نقطه دورتر داده می‌شود. برای برآورد پارامترهای موجود در روش کریجینگ، پس از محاسبه میزان شاخص SPI برای هر ایستگاه و طی دوره آماری محاسباتی، احتمال وقوع دوره‌های خشک، نرمال و مرطوب با استفاده از میزان فراوانی و درصد احتمال مشخص می‌شود. سپس، با وزن دادن به احتمال وقوع خشکسالی در هر ایستگاه، عدد احتمال برای مشخص کردن مناطق هم‌شدت خشکسالی، وارد نرم‌افزار یادشده می‌شود و در نهایت، نقشه ریسک خشکسالی در سطح استان ترسیم می‌شود. در ادامه، با استفاده از دستور xttools، مساحت پهنه‌ها محاسبه می‌شود و تعداد روستاها و جمعیت قرار گرفته در پهنه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

### ۳.۲. درون‌یابی<sup>۲</sup>

روش‌های درون‌یابی مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری را برای پیش‌بینی مقادیر نامعلوم به کار می‌گیرند. آنچه مسلم است شباهت نقاط مجهول به نزدیک‌ترین نقاط معلوم یا اصل نزدیک‌ترین همسایه پایه روش‌های درون‌یابی است و اینکه چگونه این اصل مورد استفاده قرار می‌گیرد، بستگی به مدل انتخابی دارد که جزئیات آن شرح داده می‌شود.

علم زمین‌آمار<sup>۳</sup> از آمارها در علوم مربوط به زمین، مانند زمین‌شناسی و جغرافیا استفاده می‌کند. به‌بیانی دیگر، علم آمار فضایی است. روش‌های زمین‌آمار، توابع ریاضی و آماری را در درون‌یابی به کار می‌گیرند و بر پایه ویژگی‌های آماری داده‌ها هستند. این تکنیک نقاط مجهول را براساس

---

1. Kriging  
4. interpolation  
3-Geostatistical

خودهمبستگی بین نقاط اندازه‌گیری شده و ساختار فضایی آن‌ها پیش‌بینی می‌کند. در واقع، درون‌یابی زمین‌آماري، درون‌یابی غیردقیق یا احتمالی است که در آن نقاط پیش‌بینی شده با اندازه‌های واقعی تفاوت دارد. این روش می‌تواند از تأثیر داده‌های نادر، مانند حداکثرها و حداقل‌های مطلق جلوگیری کند. (فهرودی‌تالی و بابایی، ۱۳۸۴: ۸۰).

#### ۲. ۴. مدل کریجینگ

یکی از روش‌های بسیار مناسب و پیشرفته برای تحلیل فضایی و توزیع منطقه‌ای داده‌های مکانی، روش کریجینگ است. در این تکنیک، از یک روش میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود؛ به این صورت که هرچه متغیر به مبدأ نزدیک‌تر باشد، وزن آن بیشتر و هرچه فاصله نقاط دورتر باشد، وزن کمتر خواهد بود. مطلق بودن تخمین در درون‌یابی از ویژگی‌های عمده روش کریجینگ است. به این مفهوم که مقدار تخمین کمیت در نقاط نمونه‌برداری، با مقدار اندازه‌گیری شده برابر است و واریانس تخمین صفر می‌شود. این ویژگی سبب می‌شود تخمین‌گر کریجینگ در رسم خطوط هم‌ارزش از حداکثر نقاط نمونه‌برداری عبور کند و تمایلی به بسته‌شدن و دورزدن نداشته باشد و از مرز محدوده مورد مطالعه فراتر رود (امیدوار و خسروی، ۱۳۸۸: ۲۱۲).

کریجینگ یک برآوردگر خطی به صورت زیر است:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i) \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله،  $Z^*$  مقدار متغیر مکانی برآورد شده است؛  $Z(x_i)$  مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه  $x_i$  است؛  $w_i$  وزن آماری‌ای که به نمونه  $x_i$  نسبت داده می‌شود، است و بیانگر اهمیت نقطه  $i$  ام در برآورد است.

#### ۲. ۴. ۱. نیم تغییرنما<sup>۱</sup>

برای درک بهتر ساختار فضایی ایستگاه‌های برداشت شده و انتخاب بهترین روش در درون‌یابی، خودهمبستگی فضایی<sup>۲</sup> بین نمونه‌ها مطالعه می‌شود. این بررسی را می‌توان با ترسیم فاصله بین نمونه-

1. semivariogram
2. spatial autocorrelation



ها و واریانس ارزش نمونه‌ها یا به عبارت دیگر، سمی واریوگرام‌ها به دست آورد. واریانس بین نقاطی که به اندازه  $h$  از یکدیگر فاصله دارند، ارتباط متقابل آن دو را نسبت به هم بیان می‌کند و وابستگی نقاط نزدیک به هم، دلیلی بر وجود ساختار فضایی است؛ به طوری که اگر واریانس بین نقاطی به فاصله  $h$  کوچک باشد، وابستگی بین آن نقاط زیاد است. واریانسی را که وابسته به فاصله است، واریوگرام یا تغییرنما می‌نامند و آن را با نماد  $y(h^2)$  نشان می‌دهند که معمولاً به جای واریوگرام، از سمی واریوگرام با نماد  $y(h)$  استفاده می‌شود. سمی واریوگرام، براساس نصف میانگین مربع واریانس بین نقاط براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

معادله (۲):

$$Y(s_i, s_j) = \frac{1}{2} \text{var}(Z(s_i) - Z(s_j))$$

مفهوم آن این است:

Semivariogram (distance  $h$ ) =  $0,5 \times \text{average} [(value \text{ at location } i - value \text{ at location } j)^2]$

سمی واریوگرام براساس این تفکر که خواص پدیده‌ها در مکان‌های نزدیکتر شباهت بیشتری دارند تا در فاصله‌های دورتر، درجه وابستگی یا همبستگی بین نقاط را اندازه‌گیری می‌کند (198: Chrisman, 2002). فرض اساسی در این تحلیل آن است که نمونه‌های جفت که فاصله و جهت مشابه دارند، دارای واریانسی‌های مشابه نیز هستند که این رابطه، «ایستایی<sup>۱</sup>» نامیده می‌شود. خودهمبستگی فضایی به فاصله بین نمونه‌های جفت وابسته است و با تغییر فاصله تغییر می‌کند که چنین تغییرات فضایی پایدار در خودهمبستگی را «ایزوتروپی<sup>۲</sup>» می‌نامند. امکان دارد خودهمبستگی فقط به فاصله بستگی نداشته باشد و با تغییر جهت نیز تغییر کند. اثر تغییر جهت در سمی واریوگرام «ایزوتروپی<sup>۳</sup>» نامیده می‌شود. ایزوتروپی از آن جهت اهمیت دارد که کمک به کشف تغییر جهت در خودهمبستگی می‌کند که توسط مدل سمی واریوگرام قابل محاسبه است. تابع نیم‌تغییرنما، تغییرات یک پارامتر را با در نظر گرفتن فاصله، به صورت معادله زیر نشان می‌دهد (Biau et al., 1999: 87):

1. stationarity
2. isotropy
3. anisotropy

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \quad \text{معادله (۳)}$$

در این معادله:

$Y(h)$ : مقدار نیم‌تغییرنما برای جفت نقاطی است که به فاصله  $h$  از یکدیگر قرار دارند؛

$n(h)$ : تعداد زوج نقاطی است که به فاصله  $h$  از یکدیگر قرار دارند؛

$Z(x_i)$ : مقدار مشاهده‌شده متغیر در نقطه  $X$  است؛

$Z(x_i+h)$ : مقدار مشاهده‌شده متغیری است که به فاصله  $h$  از  $x$  قرار دارد.

تابع بالا نشان می‌دهد برای محاسبه نیم‌تغییرنما، ابتدا مجذور اختلاف ارزش دو نقطه به فاصله  $h$  محاسبه می‌شود. برای تعمیم تفاوت ارزش دو نقطه، محاسبه درمورد تمامی نقاط که به فاصله  $h$  از هم قرار دارند، انجام می‌گیرد و میانگین مجذور اختلاف‌ها محاسبه می‌شود. به این ترتیب، با تکرار محاسبه در فاصله  $h$  می‌توان نموداری ترسیم کرد که محور افقی آن  $h$  و محور عمودی آن  $Y(h)$  را نشان دهد. اگر نقاط در شبکه‌های منظم و با فواصل مساوی قرار داشته باشند، نیم‌تغییرنما براساس میانگین حسابی فواصل، محاسبه و برآورد می‌شود. در حالت دیگر که وضعیت معمول است و بر ایستگاه‌های هواشناسی صدق می‌کند، پراکندگی نقاط فاقد نظم است؛ بنابراین، معادلات تعدیل می‌یابند و میانگین موزون نقاط برآورد می‌شود (عساکره، ۱۳۸۷: ۳۱).

## ۲.۵. روش و معیار ارزیابی

روش‌های مختلف میان‌یابی براساس روش ارزیابی متقابل<sup>۱</sup> بررسی و ارزیابی می‌شوند. در این روش یک نقطه به صورت موقتی حذف می‌شود و با اعمال میان‌یابی موردنظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می‌شود. سپس، مقدار حذف‌شده به جای خود بازگردانده می‌شود و برای بقیه نقاط به صورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد؛ به طوری که در پایان، جدولی با دو ستون که نشان‌دهنده مقادیر واقعی و برآوردشده است، حاصل می‌شود. با داشتن این دو مقدار می‌توان دقت (MAE)<sup>۲</sup> و انحراف (MBE)<sup>۳</sup> مدل را برآورد کرد. هرچه دو مقدار یادشده به صفر نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده بالاتر بودن

1. Cross-Validation
2. Mean Bias Error
3. Mean Absolute Error

دقت مدل است. از روش‌های دیگر برای ارزیابی کارایی روش‌های میان‌یابی، می‌توان به روش ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE)<sup>۱</sup> و ضریب همبستگی بین مقادیر محاسبه‌شده و مشاهده‌ای ( $R^2$ ) اشاره کرد که هرچه مقدار RMSE کمتر باشد و میزان  $R^2$  بیشتر باشد، مدل اعمال‌شده دارای دقت آماری بالاتری خواهد بود.

معادلات محاسبه آن‌ها به صورت زیر است:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| \quad \text{معادله (۴)}$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i)) \quad \text{معادله (۵)}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z^*(x_i) - z(x_i))^2} \quad \text{معادله (۶)}$$

$$RMSS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(z^*(x_i) - z(x_i))^2}{S^2}} = \frac{RMS}{S} \quad \text{معادله (۷)}$$

که در این معادلات:

$Z^*$ ، مقدار برآوردشده متغیر موردنظر؛  $Z$ ، مقدار اندازه‌گیری‌شده متغیر موردنظر؛  $N$ ، تعداد داده‌ها؛  $MAE$ ، میانگین مطلق خطا؛  $MBE$ ، میانگین خطای انحراف و  $S$ ، واریانس خطا است (کلاتری و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۵).

### ۳. مبانی نظری تحقیق

#### ۳.۱. خشکسالی

درک عمومی از واژه «خشکسالی» به عنوان انحرافی جدی از شرایط عادی منابع آبی است؛ انحرافی که واکنشی همگانی را برای کاهش اثرات منفی آن می‌طلبد. خشکسالی در مقایسه با سایر بلاای طبیعی از چندین نظر متفاوت است؛ نخست آنکه، پدیده‌ای خزنده است و به همین دلیل تعیین

شروع وخاتمۀ آن مشکل می‌باشد. اثرات ناشی از خشکسالی ممکن است به‌تدریج برای یک دورۀ زمانی طولانی بر روی هم انباشته شود و برای سال‌ها، پس از خاتمۀ خشکسالی ادامه داشته باشد. دوم اینکه، نبود تعریفی که مقبولیت همگانی داشته باشد، موجب سردرگمی در تشخیص وقوع یا عدم وقوع خشکسالی و شدت آن شده است. سوم اینکه، اثرات خشکسالی در گستره‌هایی که وسیع‌تر هستند، نسبت به لطمه‌های حاصل از سایر بلایای طبیعی پراکنده است و کمتر به‌نظر می‌آید. (مسعودیان، ۱۳۷۷: ۱۹۴).

خشکسالی وابسته به شرایط زمانی بارش (برای مثال، فصل وقوع بارش، تأخیر در آغاز فصل بارانی، وقوع باران در ارتباط با مراحل رشد محصولات) و اثرگذاری آن (برای نمونه، شدت بارندگی، تعداد روزهای توأم با بارش) است. سایر عوامل اقلیمی همچون دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین غالباً در بسیاری از مناطق دنیا پدیده خشکسالی را همراهی می‌کنند و می‌توانند به‌طور قابل-ملاحظه‌ای آن را تشدید کنند (لشئی‌زند، ۱۳۸۳: ۱۴).

یک شاخص خشکسالی به‌تنهایی نمی‌تواند به‌گونه‌ای مطمئن برای پیش‌بینی شروع خشکسالی به‌کار رود. گاهی اوقات به‌کارگیری آمارهای ناکافی موجب انگاره‌های غلط و غیرواقعی می‌شود؛ برای مثال، اگر میزان بارش برای مدتی طولانی پایین‌تر از حدنرمال باشد، شرایط برای وقوع خشکسالی هواشناسی مناسب است. با وجود این، وقوع بارش کمتر از میانگین ضرورتاً منجر به کمبود در تأمین آب نمی‌شود (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۶: ۱۹۵).

بنابراین درک واژه خشکسالی نمی‌تواند مسیر مشخصی را برای استفاده از شاخص‌های خشکسالی تعیین کند؛ اما می‌تواند بستری مناسب را برای تحقیقات آینده در زمینه روش‌های ارزیابی خشکسالی ارائه کند.

خشکی<sup>۱</sup> نوعی ویژگی دائمی آب‌وهوایی در یک منطقه است که عبارت است از کافی‌نبودن بارش، در حد لازم برای رشد حیات در آن منطقه. درحالی‌که، خشکسالی<sup>۲</sup> عبارت است از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین، در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست. میزان کاهش به‌حدی است که

1- aridity  
2- drought

روند عادی رشد را در منطقه مختل می‌کند. خشکسالی در اثر تکرار مداوم به خشکی تبدیل می‌شود. اگرچه همه محققان تعریف خشکی را قبول دارند؛ اما روش و معیارهای تعیین خشکی در نظر آن‌ها متفاوت است. در بیشتر روش‌های تعیین خشکی، میزان خشکی از طریق مقایسه دما با بارش منطقه تعیین می‌شود. اکثر این روش‌ها قراردادی و دلخواه است و مبنای علمی و منطقی چندان محکمی ندارد؛ یعنی، هر کس طبق برداشت‌ها و تجربه‌های خود، از عامل‌هایی استفاده کرده و فرمولی را ارائه داده است. با این حال، اقدام تورنت وایت علمی‌تر از روش‌های دیگران به نظر می‌رسد. او برای تعیین خشکسالی یک منطقه، از نیاز به آب در آن منطقه استفاده کرده است (همان: ۲۶۵).

تعریف خشکسالی بر پایه یک متغیر تصادفی واحد، نیازمند در اختیار داشتن سطحی بحرانی برای تعیین وقوع خشکسالی است. یک رخداد خشکسالی، بر اساس یک متغیر تصادفی هنگامی حادث می‌شود که مقدار متغیر تصادفی از سطح بحرانی مورد نظر برای آن متغیر کمتر باشد. این حد بحرانی می‌تواند ثابت یا متغیر باشد. سطح بحرانی از فعالیتی به فعالیت دیگر متفاوت است؛ بنابراین، لازم است این سطح در ابتدای تحقیق توسط طراح یا برنامه‌ریز از طریق مقایسه بین سری‌های نیاز آبی و تأمین آب تعیین شود. روش ساده‌ای که اغلب برای تعیین سطح بحرانی به کار می‌رود، تعیین سطح بحرانی در شرایط طبیعی است که می‌تواند میانه یا میانگین سری‌های تاریخی مقادیر متغیر اصلی را دربرگیرد. مشخصات خشکسالی که در ارزیابی خشکسالی مورد توجه قرار می‌گیرند، به شرح زیر است (لشی‌زند، ۱۳۸۳: ۱۸۶):

L: طول دوره خشکسالی؛

S: مجموع کمبودها؛

I: میانگین کمبودها؛

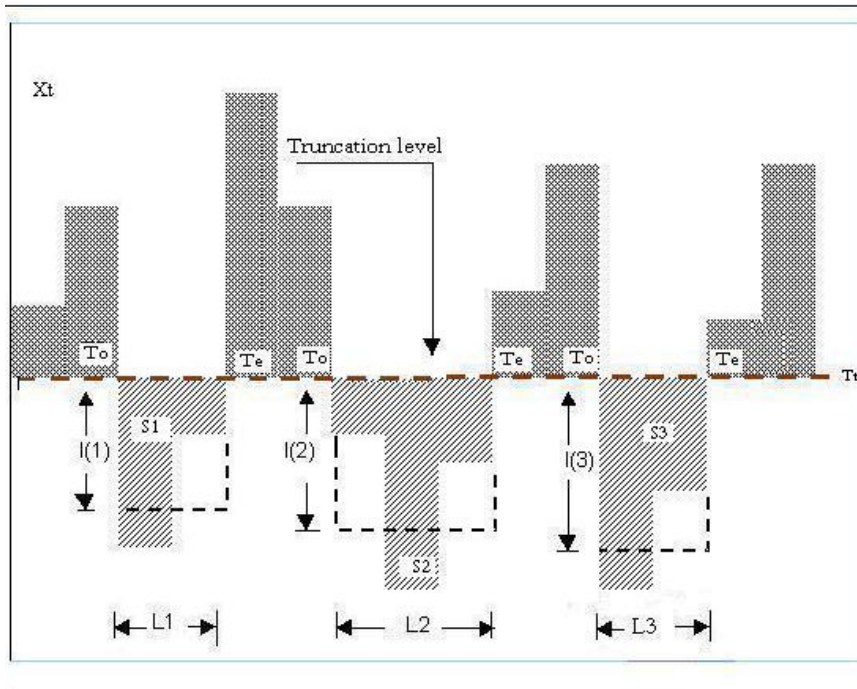
Tt: سطح بحرانی؛

XT: متغیر اصلی؛

T: شروع دوره خشکسالی،

Te: پایان دوره خشکسالی.

مجموع مشخصات بالا در شکل (۲) آمده است:



شکل ۲- ویژگی‌های خشکسالی

مأخذ: لشی‌زند، ۱۳۸۳: ۱۸۷

طول دوره خشکسالی ( $L$ ): یوجویچ در سال ۱۹۶۷ طول دوره خشکسالی را به صورت فاصله زمانی ای تعریف کرد که در طول آن، خشکسالی اتفاق افتاده است؛ یعنی، طول دوره‌ای که در طی آن، مقدار متغیر اصلی از سطح بحرانی موردنظر کمتر شود. در کتاب‌ها و مقاله‌های مختلف، تعابیر گوناگونی از این پارامتر ارائه شده است. در سال ۱۹۷۲ یوجویچ این پارامتر را طول دوره با ذخیره منفی نامید. مقدار این پارامتر برابر است با مجموع کمبودها.

مجموع کمبودها ( $S$ ): این پارامتر را نیز یوجویچ (۱۹۶۷) ارائه کرد که مقدار آن برابر است با مجموع کمبودهای متغیر اصلی از حد بحرانی موردنظر در طول دوره خشکسالی. این پارامتر با نام‌های مختلفی نامیده می‌شود؛ دنر و همکارانش (۱۹۶۷) آن را «مجموع کمبود» نامیدند. ساتوس و

همکاران این پارامتر را «کمبود کلی» نام‌گذاری کردند. در اینجا، از واژه «وخامت خشکسالی» استفاده شده است که این پارامتر بزرگی خشکسالی را نشان می‌دهد.

میانگین کمبودها (I): این پارامتر را نیز یوجویچ (۱۹۶۷) معرفی کرد که مقدار آن برابر است با نسبت مجموع کمبودها به طول دوره خشکسالی. این پارامتر معرف میانگین کمبود یا شدت متوسط در واحد زمان است.

مشاهده می‌شود که با استفاده از پارامترهای اول و دوم، پارامترسوم محاسبه می‌شود. از سه ویژگی بالا، معمولاً طول دوره خشکسالی و مجموع کمبودها متداول‌تر هستند (همان: ۱۸۸).

از نظر کارشناسان رشته‌های مختلف، خشکسالی معنای متفاوتی دارد. تشخیص انواع مختلف خشکسالی برای توسعه مکانیزم مقابله با خشکی می‌تواند بسیار مهم باشد. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان خشکسالی را به پنج نوع تقسیم کرد: خشکسالی اقلیمی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژی، خشکسالی اقتصادی-اجتماعی و خشکسالی قحطسالی. به دلیل تأکید بر خشکسالی اقلیمی، در این بخش به آن پرداخته می‌شود.

### ۳.۲. خشکسالی اقلیمی

خشکسالی اقلیمی معمولاً برپایه درجه خشکی (در مقایسه با پاره‌ای مقادیر متوسط یا معمولی) و طول دوره خشکی تعریف شده است. در تعاریف خشکسالی اقلیمی، باید شرایط جوی منطقه‌ای خاص که در نتیجه کمبودهای بارش، مقدار آن به شدت از منطقه‌ای به منطقه دیگر متغیر است، ملاحظه شود؛ برای مثال، در برخی از تعاریف، خشکسالی اقلیمی را براساس تعداد روزهای با مقدار بارش کمتر از آستانه مشخص شناسایی کرده‌اند. این معیار تنها متعلق به مناطقی است که دوره بارش آن‌ها تمام سال است که شامل مناطقی همچون جنگل‌های پرباران حاره‌ای، اقلیم جنب حاره‌ای مرطوب یا اقلیم مرطوب عرض‌های میانه است. سایر رژیم‌های اقلیمی توسط الگوی بارش‌های فصلی مشخص می‌شود که شامل مناطقی از قبیل ایالات متحده مرکزی، شمال شرق برزیل، آفریقای غربی و استرالای شمالی می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۷۶: ۲۴).

## ۴. یافته‌های تحقیق

## ۴.۱. طبقه‌بندی شدت خشکسالی

برای تجزیه و تحلیل و دسته‌بندی بارش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، نیاز به تأمین شاخص مناسب است تا با استفاده از موقعیت مکانی نقشه رستری، برازشی مناسب از منطقه بتواند صورت گیرد. در این تحقیق برای هر منطقه براساس ثبت بارندگی‌های طولانی مدت آن، از شاخصی به نام SPI استفاده می‌شود. با توجه به آمارهای بارش ایستگاه‌های مورد نظر و با استفاده از شاخص SPI خشکسالی‌های منطقه استخراج شد (جدول ۱):

جدول ۱- مقیاس طبقه‌بندی شدت خشکسالی براساس نمایه SPI

مأخذ: B. Makke, 1993: 190

طبقه	فرا مرطوب	خیلی مرطوب	کمی مرطوب	نرمال (مرطوب)	نرمال (خشک)	کمی خشک	خیلی خشک	فرو خشک
حدود SPI	بیش از ۲	۱/۹۹ تا ۱/۵	۱/۴۹ تا ۰	۰ تا ۰/۹۹	۰ تا -۰/۹۹	-۱ تا -۱/۴۹	-۱/۵ تا -۱/۹۹	کمتر از -۲

## ۴.۲. پهنه‌بندی خشکسالی با مدل کریجینگ و استفاده از نمایه SPI

در پژوهش حاضر برای تحلیل مکانی داده‌ها از نیم‌تغییرنگار مدل‌های ذکر شده استفاده شده است که با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS10 محاسبه شده است. مدل‌های مورد استفاده برای برازش شامل مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسین هستند که با دو تکنیک کریجینگ معمولی و ساده انجام شده‌اند. در این مرحله با استفاده از اطلاعات حاصل از به‌کارگیری این روش به همراه موقعیت مکانی، به تهیه نقشه وزنی رستری با استفاده از روش کریجینگ اقدام شد و بر مبنای جدول طبقه‌بندی و براساس نمایه مدل SPI نقشه و مساحت در سطح استان زنجان به دست آمد. جدول (۲) نتایج ارزیابی متقابل نقشه‌های تولید شده را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد روش کریجینگ معمولی کروی با ضریب تعیین ۰/۸۹ بیشترین همبستگی را در بین سایر مدل‌ها دارد و به‌عنوان مدلی بهینه برای پهنه‌بندی خشکسالی انتخاب شده است. در این تحقیق با روش یاد شده در بالا، مجذور مربعات میانگین خطا، عدد ۰/۳۱۰۴ را نشان می‌دهد که مشخص می‌شود این روش مطلوب است و می‌توان

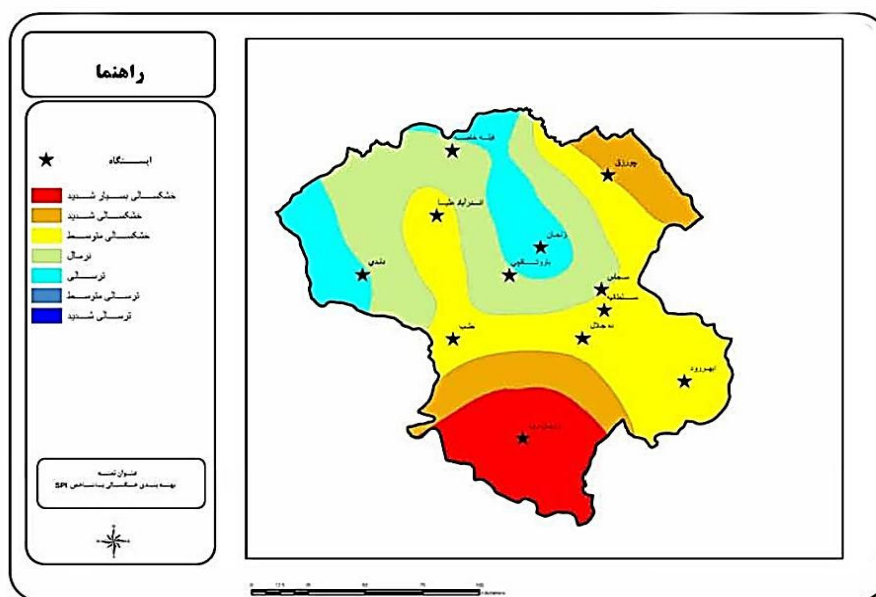


نقشه پهنه‌بندی براساس نمایه ذکر شده را برای استان ترسیم کرد. شکل (۳) پهنه‌بندی خشکسالی را با استفاده از روش کریجینگ معمولی کروی، به‌عنوان مدلی بهینه، به‌وسیله نمایه SPI نشان می‌دهد. همچنین، شکل (۴) نیم‌تغییرنمای مدل کریجینگ معمولی دایره‌ای را نمایش می‌دهد.

### جدول ۲- نتایج ارزیابی متقابل روش‌های درون‌یابی برای پهنه‌بندی خشکسالی

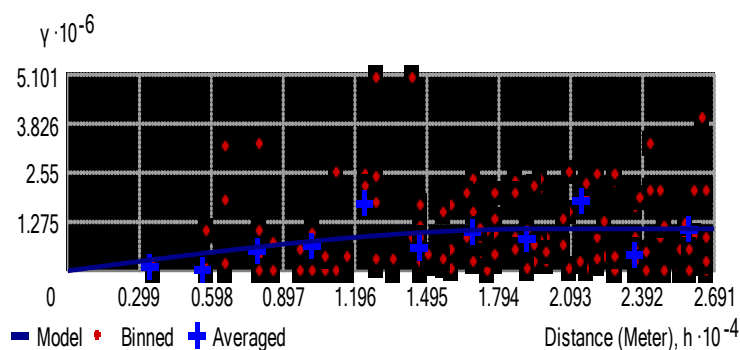
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

روش	مدل	خطای روش ارزیابی متقابل			
		R2	RMSE	MAE	MBE میانگین مطلق خطا
کریجینگ معمولی	کروی	۰/۸۹	۱۱/۳	۵۹/۳۳	-۰/۴۲
	دایره‌ای	۰/۸۵	۱۰/۳	۳۰/۴۴	-۰/۱۵
	نمایی	۰/۸۳	۱۶/۲	۱۱/۲۳	-۴/۰۲
	گوسین	۰/۶۶	۳۳/۳	۳۶/۴۵	-۴/۴۴



شکل ۳- پهنه‌بندی بهینه خشکسالی با روش کریجینگ معمولی کروی با شاخص SPI

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱



شکل ۴- نیم‌تغییرنمای مدل کریجینگ معمولی دایره‌ای

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

با توجه به نقشه پهنه‌بندی خشکسالی استان، مشاهده می‌شود که جنوب و شمال شرق استان در پهنه خشکسالی بسیار شدید و شدید قرار دارند و خشکسالی متوسط پهنه وسیعی از استان را دربر دارد. همچنین، با توجه به نقشه یادشده مساحت پهنه‌های مربوطه استخراج شد. مطالعات نشان می‌دهد خشکسالی بسیار شدید ۳۰۰۳ کیلومتر مربع، خشکسالی شدید ۲۶۵۸ کیلومتر مربع، خشکسالی متوسط ۷۰۲۸ کیلومتر مربع، محدوده نرمال ۵۹۹۰ کیلومتر مربع و پهنه ترسالی ۳۲۳۵ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. جدول (۳) مساحت و درصد پهنه‌های موردنظر را در سطح استان نشان می‌دهد.

جدول ۳- مساحت و درصد پهنه‌های خشکسالی در استان زنجان

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

ردیف	طبقه‌بندی SPI	مساحت پهنه به $KM^2$	درصد
۱	خشکسالی بسیار شدید	۳۰۰۳	۱۳/۷
۲	خشکسالی شدید	۲۶۵۸	۱۲/۱
۳	خشکسالی متوسط	۷۰۲۸	۳۲/۱
۴	نرمال	۵۹۹۰	۲۷/۴
۵	ترسالی	۳۲۳۵	۱۴/۷
۶	ترسالی متوسط	۰	۰
۷	ترسالی شدید	۰	۰

در این مرحله با توجه به پهنه‌بندی خشکسالی در استان، به تجزیه و تحلیل مکان‌گزینی روستاهای استان پرداخته می‌شود. با توجه به مطالعات انجام‌شده، از بین ۱۰۳۱ روستای دارای سکنه در سطح استان، ۱۳۵ روستا با جمعیت ۷۵۱۷۸ نفر در پهنه خشکسالی بسیار شدید، ۱۵۰ روستا با جمعیت ۵۵۹۵۵ نفر در پهنه خشکسالی شدید، ۳۳۰ روستا با جمعیت ۱۵۴۸۸۳ نفر در پهنه خشکسالی متوسط، ۲۶۴ روستا با جمعیت ۹۶۴۰۹ نفر در محدوده نرمال و ۱۵۲ روستا با جمعیت ۵۱۸۷۲ نفر در پهنه ترسالی قرار دارند. جدول (۴) تعداد روستاهای قرارگرفته در پهنه‌های خشکسالی و جمعیت آن‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۴- تعداد روستاهای قرارگرفته در پهنه‌های خشکسالی استان زنجان و جمعیت آن‌ها

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

ردیف	طبقه‌بندی SPI	تعداد روستا	جمعیت
۱	خشکسالی بسیار شدید	۱۳۵	۷۵۱۷۸
۲	خشکسالی شدید	۱۵۰	۵۵۹۵۵
۳	خشکسالی متوسط	۳۳۰	۱۵۴۸۸۳
۴	نرمال	۲۶۴	۹۶۴۰۹
۵	ترسالی	۱۵۲	۵۱۸۷۲
۶	ترسالی متوسط	۰	۰
۷	ترسالی شدید	۰	۰

#### ۴.۳. تحلیل همبستگی بین خشکسالی و مکان‌گزینی روستاها

در این مرحله رابطه بین مکان‌گزینی روستاها با قرارگیری در پهنه‌بندی خشکسالی مورد‌ارزیابی قرار می‌گیرد و به این منظور مقدار همبستگی بین تعداد روستاهای قرارگرفته در پهنه خشکسالی در سطح استان و جمعیت آن‌ها به کمک مدل رگرسیونی محاسبه می‌شود (جباری، ۱۳۸۴: ۵۶).

$$Y = a + bx$$

در این مدل، رگرسیون  $Y$  متغیر وابسته است که در اینجا نشانگر تعداد روستاها و جمعیت آن‌ها می‌باشد.  $a$  فاصله از مبدأ و مقداری از متغیر  $Y$  را در زمانی که متغیر  $X$  برابر صفر است، نشان می‌دهد.

b شیب خط یا ضریب متغیر مستقل است و نشان می‌دهد اگر متغیر X یک واحد افزایش یابد، متغیر Y چه مقدار تغییر می‌کند. نتایج محاسبات نشان می‌دهد رابطه معکوس معناداری بین کاهش تعداد روستاها و جمعیت آنها با قرارگیری در پهنه‌بندی خشکسالی وجود دارد. این مدل نشان‌دهنده این است که با نزول به یک طبقه پایین‌تر در پهنه‌بندی خشکسالی، تعداد روستاها ۳۱ مورد و تعداد جمعیت آنها نیز ۱۵۷۳۰ نفر کاهش یافته است. جدول (۵) میزان همبستگی و سطح معناداری ارتباط خشکسالی با تعداد روستاهای استان زنجان و جمعیت آنها را نشان می‌دهد:

#### جدول ۵- همبستگی بین خشکسالی و تعداد روستاها و جمعیت آنها

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

ردیف	متغیر وابسته	متغیر مستقل	میزان همبستگی پیرسون	سطح معناداری
۱	تعداد روستاها	خشکسالی	-۰/۸۷	۰/۰۱
۲	جمعیت	خشکسالی	-۰/۷۲	۰/۰۱

نتایج نشان می‌دهد بین خشکسالی با تعداد روستاهای منطقه و جمعیت آنها رابطه معناداری وجود دارد که در این رابطه با توجه به عدد p-value که مقدار ۰ را نشان می‌دهد، ارتباط دو متغیر یادشده در سطح فراتر از ۰/۰۱ معنادار است. نتایج آزمون پیرسون نیز از وجود ارتباط معنادار قوی بین متغیرهای خشکسالی با تعداد روستاها و جمعیت آنها حکایت دارد.

#### ۵. نتیجه‌گیری

عوامل و نیروهای گوناگونی در مکان‌گزینی و شکل‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی دخالت دارند که اساساً باید در هر گونه مکان‌یابی سکونتگاه‌ها مدنظر قرار گیرند. اگرچه نحوه اثرگذاری این عوامل و نیروها بیش از هر چیز به ویژگی‌های زیربنایی بستر محیطی و ساخت‌های بوم‌شناختی بستگی دارد، اما محرک اصلی در این فرایند، مجموعه‌ای از انگیزه‌هایی است که برای پاسخ‌گویی به نیازهای اساسی و به‌صورت تقاضاهای بنیادی به صورت مختلف، در بین گروه‌های انسانی بروز می‌یابد؛ بنابراین، شکل‌پذیری متفاوت و مکان‌گزینی متنوع و درنهایت، مکان‌یابی سکونتگاه‌های انسانی در نتیجه

اثر بخشی نحوه عینیت‌یابی این انگیزه‌ها، به شکل‌های مختلفی تحقق می‌پذیرد و در نتیجه، سکونتگاه‌ها از یک ناحیه به ناحیه دیگر، از نظر ساختاری و نیز از لحاظ کارکردی، به شیوه‌های متفاوتی پدیدار می‌شوند. تحقیق حاضر با هدف بررسی و پایش خشکسالی و پهنه‌بندی آن با روش کریجینگ در استان زنجان صورت گرفته است تا نشان دهد دریافت خشکسالی در کدام قسمت‌های استان می‌تواند آثار مخرب بیشتری داشته باشد. نتایج نشان می‌دهد مدل بهینه برای پهنه‌بندی خشکسالی در استان زنجان، مدل کریجینگ معمولی کروی با ضریب تعیین  $0/89$  است. مطالعات نشان می‌دهد  $615$  روستای استان زنجان که در حدود  $256016$  نفر جمعیت دارند، در خطر خشکسالی واقع شده‌اند که شامل قسمت‌های جنوبی، شمال‌شرقی و مرکز استان می‌شوند. همچنین، روستاهای استان زنجان تمایل به مکان‌گزینی در پهنه‌های مناسب‌تر را دارند که این نتیجه از لحاظ کمی کاهش  $31$  روستا و  $15730$  نفر را به ازای هر طبقه نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده این است که بین خشکسالی با تعداد روستاهای منطقه و جمعیت آن‌ها رابطه معناداری وجود دارد که در این رابطه با توجه به عدد  $p$ -value که مقدار  $0$  را نشان می‌دهد، ارتباط دو متغیر ذکر شده در سطح فراتر از  $0/01$  معنادار است. نتایج آزمون پیرسون نیز بیانگر وجود ارتباط معنادار قوی بین متغیرهای خشکسالی با تعداد روستاها و جمعیت آن‌ها است.

#### کتابنامه

۱. امیدوار، ک. و خسروی، ی. (۱۳۸۸). «ارزیابی روش کریجینگ در تعیین مدلی بهینه جهت پایش شاخص بارندگی استاندارد در محیط GIS (مطالعه موردی: استان یزد)». دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. اصفهان: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
۲. بیک‌محمدی، ح؛ نوری، ه. و بذرافشان، ج. (۱۳۸۴). «اثرات خشکسالی‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۳ بر اقتصاد روستایی سیستان و راهکارهای مقابله با آن». مجله جغرافیا و توسعه. سال ۳. شماره ۵، صص ۷۳-۵۳.
۳. جباری، ا. (۱۳۸۴). «روش‌های آماری در علوم محیطی و جغرافیایی». چاپ دوم. کرمانشاه: انتشارات دانشگاه رازی.

۴. حبیبی، ع؛ صانعی، م. و شادفر، ص. (۱۳۸۷). «پهنه‌بندی نمایه بارندگی استاندارد *SPI* در استان گیلان با بهره‌گیری از روش درون‌یابی و *GIS*». همایش منطقه‌ای بحران آب و خشکسالی. دانشگاه آزاد رشت، گیلان، ص ۱.
۵. حسنی‌ها، ح. و صالحی، ز. (۱۳۷۹). «بررسی وضعیت خشکسالی براساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان». مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی. جلد دوم. دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۲.
۶. عساکره، ح. (۱۳۸۷). «کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش». جغرافیا و توسعه. شماره ۱۲، صص ۲۵-۴۴.
۷. فرج‌زاده، م. (۱۳۷۶). «پیش‌بینی احتمالی خشکسالی در ایران». فصلنامه مدرس. شماره ۴، صص ۲۳-۱۱.
۸. قهرودی‌تالی، م. و بابایی، ا. (۱۳۸۴). «درآمدی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی». تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
۹. کاویانی، م. و علیجانی، ب. (۱۳۷۶). «مبانی آب‌وهواشناسی». تهران: انتشارات سمت.
۱۰. کلاتری، م؛ قهرمانی، ع؛ خسروی، ی. و جباری، ک. (۱۳۸۸). «مدیریت و تحلیل داده‌های بزهکاری بخش مرکزی شهر تهران با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی». فصلنامه مطالعات مدیریت انتظامی. سال ۴. شماره ۴، صص ۵۰۴-۴۸۲.
۱۱. لثی‌زند، م. (۱۳۸۳). «بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن». رساله دکتری. دانشگاه اصفهان.
۱۲. محمدی‌یگانه، ب. و حکیم‌دوست، س. ی. (۱۳۸۷). «اثرات اقتصادی خشکسالی و تأثیر آن بر ناپایداری روستاها». همایش منطقه‌ای بحران آب و خشکسالی. دانشگاه آزاد رشت. گیلان. ص ۲۶۷.
۱۳. مسعودیان، ا. (۱۳۷۷). «بررسی تغییرات زمانی- مکانی بارش در ایران». رساله دکتری. دانشگاه اصفهان.
۱۴. مهندسین مشاور آرمان‌شهر. (۱۳۸۳). «بازنگری طرح تفصیلی شهر زنجان». تهران.
15. Biau, G.; Zorita, E.; von Storch, H. & Wackernagel, H. (1999). "Estimation of Precipitation by Kriging in the EOF Space the Sea Level Pressure Field". Journal of Climate, Vol. 12. Issue 4, Pp.1070-1085.
16. B. Makee, T.; J. Doesken, N. & Kleist, J. (1993). "Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". Eighth Conference on Applied Climatology. 17-22 January. Anaheim, California. Pp.179-184.

17. Chrisman, N. (2002). "**Exploring Geographical Information Systems**". USA: John Wiley & Sons.
18. Gallichand, J.; D. Bouckland, G.; Marcotte, D, Henry M. J. (1992). "**Spatial Interpolation of Soil Salinity and Sodicity a Saline Soil in Southern Alberta**". Canadian Journal of Soil Science. Vol. 72, Pp. 503-516.
19. Gallichand, J. & Marcotte, D. (1993). "**Mapping Clay Content for Subsurface Drainage in the Nile Delta**". Geoderma. Vol. 58, Pp. 165-179.
20. Seung, H. (2003). "**Drought Indices, Climate Impacts Spiciest National Drought Mitigation Center**". Refer to:  
<http://drought.unl.edu/Planning/Monitoring/ComparisonofIndicesIntro.aspx>>