

## Survey of Hydrological Drought and its Effects on Lenjan Agricultural Region

Asghar Noroozi, Zahra Mohammadi

Assistante Prof. Geography group, Payam-e-Nur University, Isfahan, Iran  
Norouzi\_1386@yahoo.com

Ph.D. student. Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran, Invited Prof from Payam-e-Nur  
University, Isfahan, Iran  
zari.mohammadi88@yahoo.com

### Abstract

Drought phenomenon is one of the environmental hazards, having long been particularly considered as one of the 20th century scientific facts. This climate phenomenon is different than other phenomenon and hazards, due to its being crawling, continuous, inevitable, and having gradual effects. Our especial geographical location of Iran on the dry belt of Earth, especially our studied region, provides conditions for the occurrence of this phenomenon, more and more. This research has worked on checking and detecting hydrological drought in the Lenjan Township, using surface water supply index (SWSI), then, effects of this phenomenon on agriculture sections have been evaluated. Data Analysis Method is statistical relationship analysis. Results showed that in the study period (2001-2012), drought conditions with 42% occurrence probability in total, have the most occurrence probability. Estimation results of SWSI index for revealing area drought, show that, there have been only two normal years, and other years being in hydrological drought situations. The outcomes of the Mann-Kendall test in routing agricultural products changes, show that production level and acreage level of garden products have enjoyed a rising trend, while their operation rates have enjoyed decreasing trends. A decreasing trend is also yielded in production, acreage level, and operational performance of crop production in the area. Among all agricultural products, only rice has an increasing trend in production and acreage levels.

**Keywords:** Drought, hydrological drought, agriculture, Lenjan

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)  
سال ششم، شماره دوم، (پیاپی ۲۱)، تابستان ۱۳۹۵  
تاریخ وصول: ۹۵/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۶  
صص: ۹۷- ۱۱۶

## بررسی خشکسالی هیدرولوژیک و آثار آن بر کشاورزی منطقه لنجان

اصغر نوروزی<sup>۱\*</sup>، زهرا محمدی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان و مدرس مدعو دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران

### چکیده

پدیده خشکسالی از جمله مخاطرات محیطی است که از دیرباز درخور توجه انسان بوده و از قرن ۲۰، با نگاه علمی به آن توجه ویژه‌ای شده است. این پدیده اقلیمی از نظر ویژگی‌های خزننده‌بودن، مداوم‌بودن، آثار تدریجی، اجتناب‌ناپذیری و... از سایر پدیده‌ها و مخاطرات طبیعی متفاوت است. موقعیت جغرافیایی کشور ایران روی کمربند خشک کره زمین و به‌ویژه موقعیت منطقه مطالعه‌شده، شرایط را برای وقوع این پدیده مهیا کرده است. پژوهش حاضر با استفاده از شاخص ذخیره آب سطحی به بررسی و آشکارسازی خشکسالی هیدرولوژیک در سطح دشت لنجان می‌پردازد و آثار این پدیده را بر بخش کشاورزی ارزیابی می‌کند. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها از نوع تحلیل روابط آماری است. نتایج نشان می‌دهند که در دوره مطالعه‌شده (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱)، شرایط خشکسالی با ۴۲ درصد، بیشترین احتمال وقوع را دارد. نتایج محاسبه شاخص SWSI برای آشکارسازی خشکسالی نیز نشان می‌دهند که تنها دو سال نرمال در دوره زمانی بررسی شده وجود داشته است و سایر سال‌ها دارای شرایط خشکسالی هیدرولوژیک بوده‌اند. نتایج آزمون من - کندال در روندیابی تغییرات محصولات کشاورزی نیز روند افزایشی میزان تولید و سطح زیرکشت محصولات باغی منطقه و روند کاهش میزان عملکرد آن‌ها را نشان می‌دهند. همچنین تولید، سطح زیرکشت و عملکرد محصولات زراعی منطقه روند کاهشی دارند. در میان محصولات زراعی، تنها میزان تولید و سطح زیرکشت برنج روند افزایشی دارد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، خشکسالی هیدرولوژیک، کشاورزی، لنجان

## مقدمه و بیان مسئله

خشکسالی از جمله اصلی‌ترین و قدیمی‌ترین بلاایای طبیعی است که انسان از دیرباز با آن آشنا بوده است و روی آوردن به روش‌های سنتی (مه‌ار آب‌ها، ذخیره و...) از مهم‌ترین راهکارهای مقابله با آن بوده‌اند. پیامدهای اقتصادی و اجتماعی این پدیده اقلیمی که وقوع آن در بیشتر مناطق جهان اجتناب‌ناپذیر است در مقایسه با سایر بلاایای طبیعی اهمیت بیشتری دارد (علیجانی و بابایی، ۱۳۸۸: ۱۰۹) تا جایی که نتایج و تأثیر آن بر انسان به شکل فاجعه آشکار می‌شود.

مطالعات و نتایج آماری نشان می‌دهند که در سال ۲۰۰۶ میلادی، ۱۱ درصد مخاطرات طبیعی در سطح جهانی به وقوع خشکسالی‌ها مربوط بوده (قنبرزاده، ۱۳۸۸: ۱۴۱) و این پدیده در دهه‌های اخیر، حدود یک چهارم صدمه‌های ناشی از کل مخاطرات محیطی را موجب شده است (UNEP, 2005)؛ این زنگ خطری برای کشورهای است که با شرایط ویژه خود در معرض خشکسالی قرار دارند.

خشکسالی به انواع مختلف اقلیمی، هیدرولوژیک، کشاورزی و اقتصادی - اجتماعی تقسیم می‌شود (Lein, 2003: 23) و تعیین نوع آن در بررسی آثار این پدیده ضروری است. خشکسالی به معنای اقلیمی یعنی کاهش بارش بازه‌ای معین بر پهنه‌ای معین نسبت به میانگین بلندمدت بارش همان پهنه در همان بازه زمانی (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۳۳). خشکسالی هیدرولوژیک مدتی پس از وقوع خشکسالی اقلیمی رخ می‌دهد که کمبود بارش باعث کاهش ذخایر برف، آب‌های جاری و زیرزمینی می‌شود. کمبود منابع آب منطقه بر سایر فعالیت‌های انسانی اعم از اقتصادی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد و شدت این تأثیر بر مناطقی بیشتر است که کشاورزی آن‌ها به منابع آبی سطحی و زیرزمینی وابسته است.

در کشور ایران نیز خشکسالی پدیده جدید و ناشناخته‌ای نیست و موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی کشور به شکلی است که شاهد خشکسالی‌هایی با شدت کم و زیاد بوده است. در سال‌های وقوع خشکسالی، کمبود بارندگی علاوه بر مسئله مقدار توزیع آن مطرح می‌شود و خشکسالی هیدرولوژیک اتفاق می‌افتد (کردوانی، ۱۳۸۰: ۲۹). پذیرش این واقعیت که بخش وسیعی از سرزمین ایران در محدوده نوار بیابانی قرار دارد، حادبودن پیامدهای خشکسالی را برای کشور مشخص می‌کند. طی سال‌های اخیر، به ویژه بخش مرکزی با خشکسالی‌های متعدد و آثار زیانبار آن‌ها روبه‌رو شده است. بنابراین، اگرچه خشکسالی امری اجتناب‌ناپذیر است و نمی‌توان از وقوع آن جلوگیری کرد، با مطالعه، برنامه‌ریزی و ارائه اطلاعات مطمئن، تأثیر مخرب آن بر اقتصاد، اجتماع و محیط زیست کاهش می‌یابد و دوره آن با کمترین خسارت می‌گذرد.

منطقه لنجان در جنوب غربی استان اصفهان قرار دارد و از قطب‌های مهم کشاورزی و صنعتی این استان است. بخشی از منطقه، آب خود را به‌ویژه برای کشاورزی از رودخانه زاینده‌رود تأمین می‌کند و بخش‌های دیگر که به رودخانه دسترسی ندارند از آب‌های زیرزمینی به شکل چاه، قنات و چشمه استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر، به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه و نیز خشکسالی، مقدار آب رودخانه زاینده‌رود به شدت کاهش یافته است. به دنبال کاهش میزان دبی، سطح آب‌های زیرزمینی نیز پایین رفته است و در نتیجه، امکان تأمین آب لازم برای کشاورزان مانند

گذشته وجود ندارد. کمبود آب باعث کاهش تولید محصولات، سطح زیرکشت و تغییر در الگوی کشت این منطقه شده و این مسئله نیز باعث به وجود آمدن مشکلات اقتصادی - اجتماعی شده است. با توجه به مشکلات مطرح شده، پژوهش حاضر در پی آشکارسازی وضعیت خشکسالی در منطقه لنجان و بررسی آثار احتمالی این پدیده بر وضعیت کشاورزی (سطح زیرکشت، میزان تولید، عملکرد محصولات مختلف باغی و زراعی) منطقه یادشده است تا با ارائه پیشنهادهایی در این راستا، برای آینده مناسب‌تر تصمیم‌گیری شود.

### پیشینه پژوهش

خشکسالی از قدیمی‌ترین بلاهای طبیعی و موضوع مطالعه و پژوهش از گذشته‌های دور تاکنون بوده است. اگرچه تاریخ دقیق زمان توجه پژوهشگران به این پدیده مشخص نیست، مطالعات علمی درباره آن با توجه به نظریه‌های مرتبط به قرن بیستم مربوط می‌شود. برخی پژوهش‌های خارجی و داخلی درباره موضوع پژوهش حاضر به شرح زیر هستند:

Howitt و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل اقتصادی آثار خشکسالی بر کشاورزی کالیفرنیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که آثار بیشتری در مناطق دارای محدودیت آب‌های زیرزمینی نمایان هستند به گونه‌ای که بر قیمت محصولات کشاورزی نیز مؤثر هستند. FAO (۲۰۱۳) در پژوهشی، خشکسالی در جهان را بررسی و آثار مختلف این پدیده از جمله مرگ، بیماری، سوتغذیه، قحطی و حتی جابه‌جایی‌های مکانی جمعیت در ۳۰ تا ۵۰ سال آینده جهان را تحلیل کرد. Kim و Kwon (۲۰۱۰) از شاخص اصلاح شده SWSI برای بررسی خشکسالی کره جنوبی استفاده کردند؛ نتایج پژوهش یادشده نشان دادند که بزرگ‌ترین خشکسالی ثبت شده به ۲۰۰۱ مربوط بوده که خشک‌ترین سال در دوره مطالعه شده است. Edossa (۲۰۰۹) خشکسالی در حوضه رودخانه اوآش<sup>۱</sup> در اتیوپی را با شاخص خشکسالی SPI بررسی کرد؛ تجزیه و تحلیل و ارتباط بین شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژی در حوضه یادشده نشان داد که وقوع پدیده خشکسالی هیدرولوژیک در ایستگاه اندازه‌گیری شده با میانگین تأخیری هفت‌ماهه از رویداد خشکسالی هواشناسی در اوآش روی می‌دهد و نوع ۳ تا ۱۳ ماهه دارد. Shaban (۲۰۰۸) خشکسالی هیدرولوژیکی را در لبنان مطالعه کرد و نتایج پژوهش او نشان دادند که منابعی مانند رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی که متأثر از فعالیت‌های انسان هستند، حدود ۲۳ تا ۲۹ درصد کاهش داشته‌اند و منابعی که کمتر از فعالیت‌های انسان تأثیر می‌گیرند (پوشش برف و بارش باران و برف)، حدود ۱۲ تا ۱۶ درصد کاهش داشته‌اند. Keck و Dinar (۲۰۰۰) آثار خشکسالی در جوامع روستایی کشورهای جنوب آفریقا را بر هفت بخش محصولات زراعی، دام، آب، اشتغال، قیمت مواد غذایی، چراگاه و سوخت طبقه‌بندی و مطالعه کردند. Thompson و Powell (۱۹۹۸) در پژوهش خود نشان دادند که حدود ۱۰ درصد کاهش درآمد خالص مزرعه در مزارع کشاورزی از وقوع خشکسالی ناشی می‌شود و این پدیده در عملکرد ضعیف مالی واحدهای تولیدی نقش دارد.

<sup>۱</sup> Awash

در بخش مطالعات داخلی نیز علیپور و همکاران (۱۳۹۲) آثار خشکسالی بر وضعیت اقتصادی اجتماعی کشاورزان گندمکار شهرستان نهبندان را بررسی کردند؛ بر اساس نتایج آن‌ها، آثار خشکسالی بر وضعیت اقتصادی کشاورزان در پنج عامل افزایش هزینه‌های تولید، کاهش تولید گندم، کاهش توان اقتصادی کشاورز، کاهش توان تولیدی آبی کشاورز و خروج از بخش کشاورزی دسته‌بندی می‌شوند. تیموری (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان بررسی آثار اقتصادی - اجتماعی خشکسالی‌های دهه اخیر بر روستاهای بخش مرکزی شهرستان اصفهان به این نتیجه رسید که خشکسالی بر تغییر شاخص‌های اقتصادی بیشتر از اجتماعی مؤثر بوده و در بین شاخص‌های اقتصادی، بیشترین تأثیر بر کاهش تولیدات کشاورزی و در بین شاخص‌های اجتماعی، بیشترین اثر بر افزایش فقر بوده است. حبیبی قهفرخی و عمانی (۱۳۹۰) در بررسی آثار اقتصادی و اجتماعی خشکسالی بر زارعان شهرستان اصفهان، فاکتورهای اقتصادی شامل کاهش درآمد، کاهش عملکرد، سطح زیرکشت و افت ارزش اقتصادی اراضی زراعی و فاکتورهای اجتماعی شامل بیکاری، مهاجرت و افزایش جمعیت تحت پوشش سازمان‌های حمایتی را بررسی کردند. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۹)، خشکسالی در سال آبی ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ و آثار آن بر منابع آب و کشاورزی شهرستان مرودشت را بررسی کردند؛ نتایج پژوهش آن‌ها نشان دادند که خشکسالی در سال یادشده، شدت بسیار زیاد و آثار منفی شدیدی بر منابع آب و کشاورزی داشته است. قنبرزاده (۱۳۸۸) به بررسی پیامدهای اقتصادی خشکسالی‌های دوره ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ بر نواحی روستایی دهستان شاندیز شهرستان مشهد پرداختند؛ نتایج نشان دادند که خشکسالی‌های شدید تا متوسط در برخی سال‌ها، پیامدهای جبران‌ناپذیری در پی داشته است و ۶۴/۹ درصد سطح زیرکشت باغ‌ها طی دهه اخیر نسبت به سال ۱۳۷۵ کاهش یافته‌اند و سه روستا از سکنه خالی شده‌اند.

در پژوهش حاضر، به بررسی و آشکارسازی خشکسالی هیدرولوژیک در منطقه لنجان با شاخص ذخیره آب سطحی و استفاده از داده‌های هیدرومتری، آب‌های زیرزمینی، دبی و بارش پرداخته و سپس آثار این پدیده بر بخش کشاورزی (متغیرهای مختلف زراعت و باغداری) مطالعه و ارزیابی می‌شود.

### پرسش‌ها و فرضیه‌های پژوهش

پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش‌ها است:

خشکسالی هیدرولوژیک در دشت لنجان در چه وضعیتی قرار دارد؟

آیا خشکسالی هیدرولوژیک بر تغییر شاخص‌های کشاورزی منطقه لنجان تأثیر گذاشته است؟

آیا خشکسالی بر محصولات مختلف منطقه لنجان تأثیر مشابهی داشته است؟

بر اساس این، سه فرض مطرح می‌شود:

- خشکسالی هیدرولوژیک در سطح دشت لنجان در وضعیت نسبتاً شدیدی اتفاق افتاده است؛

- به نظر می‌رسد خشکسالی بر تغییر شاخص‌های بخش کشاورزی منطقه لنجان تأثیر گذاشته است؛

- به نظر می‌رسد اثر خشکسالی بر محصولات مختلف منطقه لنجان متفاوت بوده باشد.

## مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

صاحب‌نظران، تعریف‌های مختلف با دیدگاه‌های متفاوت و بر اساس متغیرهای گوناگون برای خشکسالی ارائه کرده‌اند و تعریفی وجود ندارد که همه صاحب‌نظران با آن موافق باشند. گاهی «خشکسالی»<sup>۱</sup> رویداد یا واقعه‌ای اقلیمی تعریف می‌شود که ویژگی‌های آن به مدت، استمرار، شدت و وسعت منطقه تحت‌تأثیر و تسلط آن بستگی دارد که کوتاه و کمتر زیان‌بخش یا طولانی و کشنده باشد (کردوانی، ۱۳۸۰: ۲۳). از دیدگاه اقلیم‌شناسی، هر گاه بارش دریافتی محلی در دوره زمانی معینی کمتر از میانگین بارش محل در همان دوره زمانی باشد، خشکسالی رخ داده است (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹: ۲۷). برخی نیز معتقدند که خشکسالی همیشه متناسب با معلول (نه علل ایجاد) تعریف می‌شود و در ساده‌ترین تعریف دوره‌ای است که نتیجه آن، کمبود آب است (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۱۳). بارلی و چورلی معتقدند که خشکسالی، کمبود بارش در دوره‌ای بلندمدت است به شکلی که باعث کمبود رطوبت در خاک و کاهش آب‌های جاری شود و از این راه، فعالیت‌های انسانی و حیات طبیعی، گیاهی و حیوانی را بر هم زند (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶)؛ به عبارتی، خشکسالی معلول دوره‌ای از شرایط هوای خشک غیرعادی و بادوام است و بنابراین، از جمله پدیده‌های اقلیمی است که از کاهش بارندگی و رطوبت، افزایش دما و یا تأثیر توأم این عوامل ناشی می‌شود. این پدیده با خشکی، حالتی دایمی از اقلیم و مربوط به مناطق با بارندگی اندک، تفاوت دارد و در واقع، خشکسالی ممکن است خشکی موقت تا چندین ساله را در بر گیرد. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین مخاطرات و بحران‌های طبیعی با منشأ جوی است که پیش‌بینی آن قطعیت ندارد، آغاز و پایان آن تقریباً نامعلوم و چگونگی وقوع آن در هر ناحیه و آثار آن با ناحیه دیگر متفاوت است.

انواع خشکسالی با دو روش یا دو دیدگاه بررسی می‌شود: خشکسالی از نظر شدت (دایم، فصلی، تصادفی و ضمنی یا نامشهود) و خشکسالی از نظر نوع (هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی، اجتماعی - اقتصادی و قحطی). کمترین شدت نوع خشکسالی به خشکسالی هواشناسی تعلق دارد و در نتیجه کمبود غیرمنتظره بارش رخ می‌دهد (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۱۵). تعریف‌های خشکسالی هیدرولوژیک نیز با تأثیر دوره‌های خشک بر هیدرولوژی سطحی و یا زیرسطحی و نه توضیح هواشناسی این رویداد مرتبط هستند. به عبارت دیگر، خشکسالی هیدرولوژیک کاهش سریع جریان‌های سطحی و افت سطح مخازن آب زیرزمینی، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را بررسی می‌کند (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹: ۲۷). این نوع خشکسالی هنگامی رخ می‌دهد که میزان دبی جریان سطحی در منطقه‌ای معین برای تأمین نیازی از پیش تعیین شده کافی نباشد (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۹: ۳۵۶). خشکسالی در نتیجه کاهش مشخصی در جریان طبیعی رودخانه یا سطوح آب زیرزمینی همراه با کاهش آب ذخیره‌شده در مخازن سطحی و دریاچه‌ها برای عرضه آب رخ می‌دهد (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۱۶). خشکسالی کشاورزی به‌طور معمول وضعیت و میزان رطوبت موجود در خاک را طی یک دوره آماری بررسی می‌کند (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۹: ۳۵۶). خشکسالی اجتماعی - اقتصادی تفاوت‌های فراوانی با انواع خشکسالی دارد زیرا فعالیت‌های انسانی را با عناصر خشکسالی اقلیمی، کشاورزی و آبی مرتبط می‌کند و ممکن است ناشی از عواملی باشد که عرضه یا تقاضا

<sup>۱</sup> Drought

برای کالایی خاص یا محصول اقتصادی وابسته به بارش را متأثر کند (کالا ممکن است آب، علوفه و یا برق حاصل از سدهای آبی و ... باشد) (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹: ۲۷). خشکسالی اقتصادی زمانی رخ می‌دهد که به علت کاهش بارندگی، نیازهای آبی برآورده نشوند یا تقاضا برای تأمین کالای اقتصادی افزایش یابد. خشکسالی قحطی نیز حداکثر شکل خشکسالی کشاورزی تلقی می‌شود که امنیت غذایی را تخریب می‌کند تا جایی که تعداد زیادی از مردم قادر به ادامه زندگی سالم نباشند (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۲۱).

خشکسالی نیز همانند سایر پدیده‌های آب و هوایی در نتیجه تغییرات و تحولات آب و هوایی ناشی از گردش عمومی اتمسفر اتفاق می‌افتد. وقوع آن هرچند ناشی از عوامل محلی است، بیشتر به دلیل روابط بین بخش‌هایی از اجزای گردش عمومی اتمسفر است و بر همین اساس، فرونشینی توده‌های هوا، سلول‌های پرفشار، ناهنجاری‌های فشار، دمای سطح دریا در ایجاد و یا تداوم هسته‌های پرفشار، موج‌های بلند در بادهای غربی و نقش انسان از مهم‌ترین علل رخداد این پدیده هستند (امیدوار، ۱۳۹۲: ۸۸)؛ گزینه اخیر، به‌ویژه در شدت و تداوم مؤثر است.

خشکسالی اعم از هواشناسی و هیدرولوژیکی، مؤثرترین نقش را در میان بلایای طبیعی دارد و دو گروه پیامد مستقیم و غیرمستقیم از خود برجای می‌گذارد. اساسی‌ترین پیامدهای مستقیم عبارتند از: کاهش اراضی کشاورزی، کاهش تعداد دام‌ها، کاهش تولید محصولات کشاورزی، افزایش هزینه‌های تولید، کاهش منابع آب، کاهش وسعت مراتع و جنگل‌ها، افزایش آتش‌سوزی‌ها و ... و مهم‌ترین آثار غیرمستقیم نیز شامل کاهش درآمد در بخش کشاورزی و دامداری، کاهش قیمت اراضی زراعی، افزایش مهاجرت‌های روستایی، تخلیه تدریجی آبادی‌ها، گسترش ابعاد فقر، قحطی، بیکاری، تغییر ساختار لایه‌های زمین و نهایتاً نشست زمین و ... هستند.

مطالعه خشکسالی با توجه به انواع مختلف و بروز آن در ابعاد مختلف محیط طبیعی، کشاورزی، اقتصاد و شرایط اجتماعی و شهر و روستا، زمینه‌های مختلفی را در بر می‌گیرد؛ اما بی‌تردید تحلیل و ارزیابی اقلیمی و هیدرولوژیکی خشکسالی، زمینه‌های اصلی و کلیدی مطالعه خشکسالی هستند. در منابع مختلف (Lein, 2003؛ حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹؛ امیدوار، ۱۳۹۲) به مجموعه متنوعی از روش‌ها برای تحلیل خشکسالی اشاره می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: روش‌های مطالعه بیلان آبی مناطق، روش‌های تحلیل جریان، روش‌های تحلیل داده‌های بارندگی، روش‌های تحلیل همدیدی (سینوپتیک)، روش‌های استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیک، روش‌های سنجش از دور، روش‌های تعیین شاخص‌های خشکسالی و ...؛ روش اخیر که بیشتر بر روش‌ها و الگوهای ریاضی و تحلیل داده‌های کمی اقلیمی مبتنی است، کاربرد فراوانی برای تحلیل خشکسالی دارد (نوری و نوروزی، ۱۳۹۵: ۲۲۳) و نمونه آن روش SWSI است که در پژوهش حاضر استفاده شده است.

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر روش، توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر تحلیل آماری و از نظر نوع، جزو پژوهش‌های کاربردی است. ابتدا، مبانی نظری و داده‌های لازم با روش کتابخانه‌ای و نیز مراجعه به سازمان‌های مربوطه (سازمان هواشناسی، شرکت آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و ...) جمع‌آوری شدند و سپس، پایگاه داده‌ها بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده تهیه و در چارچوب الگو برازش شدند. در ادامه با تهیه پایگاه داده در نرم‌افزارهای آماری، داده‌های

هواشناسی، دبی، سطح آب های زیرزمینی، مقادیر محصولات زراعی و باغی، سطح زیرکشت، عملکرد و... تجزیه و تحلیل شدند.

برای پایش خشکسالی از شاخص SWSI، متداولترین شیوه ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی با کاربرد پارامترهای بارش، جریان سطحی، آب های زیرزمینی و ذخایر آب های سطحی استفاده شد. برای بررسی اثر این پدیده بر کشاورزی منطقه نیز مجموعه ای از شاخص های در دسترس مانند سطح زیرکشت، میزان عملکرد، میزان تولید و ... استفاده شد. بسته های نرم افزاری استفاده شده Excel، SPSS، Mini tab و Arc GIS بودند و از نرم افزار Arc GIS برای نمایش مکانی نتایج تحلیل ها استفاده شد.

در پژوهش حاضر، از آزمون من - کندال برای روندیابی عناصر اقلیمی استفاده شد و آماره آن به این شرح است:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

S مربوط به علامت های تفاوت مقادیر با یکدیگر و Var(s) پراش S است:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n - (n - 1)(2n + 5) - \beta}{18}$$

n تعداد مشاهده های سری،  $X_k$  و  $X_j$  به ترتیب داده های زام و  $k$ ام سری (به ترتیب وقوع)،  $\text{sgn}(0)$  تابع علامت و  $\beta$  عاملی مربوط به تصحیح پراش است در حالتی که داده های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشند.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_i - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_k) < 0 \end{cases}$$

t تعداد داده های مشاهده ای، m معرف تعداد سری هایی است که حداقل یک داده تکراری در آن ها وجود دارد.

در آزمونی دو دامنه ای برای روندیابی سری داده ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته است که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|z| \leq Z_{\alpha/2}$$

سطح معناداری برای آزمون و Z آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معناداری است. با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از ۷ و سطح معناداری ۹۵ درصد استفاده می شود (محمدی، ۱۳۹۲: ۲۹).

چنانچه گفته شد برای بررسی وضعیت خشکسالی منطقه از شاخص ذخیره آب سطحی (SWSI) استفاده شد؛ این شاخص، شاخص ارزیابی شده خشکسالی است که از احتمال وقوع ذخیره آب، دبی و ارتفاع برف طی دوازده ماه سال محاسبه می شود (حجازی زاده و جوی زاده، ۱۳۸۹: ۱۰۸) و از مؤثرترین شاخص های اندازه گیری خشکسالی های هیدرولوژیک است (Kwon and Kim, 2010) که علاوه بر بررسی وضعیت خشکسالی های به وقوع پیوسته، وضعیت آینده با کمک این شاخص پیش بینی می شود (کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۹: ۳۷۹). در این شاخص به چهار پارامتر توجه می شود که عبارتند از: ذخیره برفی، جریان رودخانه ای، بارش و حجم مخازن سطحی آب. چون شاخص SWSI تابع فصل است، در هر زمان تنها سه پارامتر از چهار پارامتر یادشده در معادلات استفاده



می‌شوند. محاسبه‌ها در ماه‌های زمستان بر اساس سه پارامتر بودجه برفی، بارش و حجم مخزن هستند و در ماه‌های تابستان، اثر بودجه برفی به شکل جریان رودخانه‌ای در محاسبه‌ها وارد می‌شود. شاخص ذخیره آب سطحی، میزان آب در دسترس هر حوضه را نشان می‌دهد.

مقدار شاخص SWSI در فصل زمستان از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$SWSI = \frac{a * P_{snow} + b * P_{prec} + c * P_{strm} + d * P_{resv} - 50}{12}$$

a, b, c و d وزن هر یک از اجزای در نظر گرفته شده در محاسبه SWSI هستند و  $a+b+c+d=1$  است.  $P_i$  احتمال تجاوز برای متغیر  $i$ ام (برف، باران، روان‌آب و مخزن) است. در رابطه، تفاضل عدد ۵۰ در صورت کسر برای این است که مقادیر شاخص حول صفر متقارن باشند و همچنین با تقسیم بر عدد ۱۲، مقادیر شاخص بین ۴- و ۴+ قرار می‌گیرد (جدول ۱) (Shafer and Dezman, 1982).

جدول- ۱: مقادیر شاخص SWSI

مقادیر شاخص	وضعیت هیدرولوژیکی	مقادیر شاخص	وضعیت هیدرولوژیکی
+۴	خیلی تر	-۲	خشکی کم
+۲	تری کم	-۳	خشکی زیاد
+۱-	نزدیک نرمال	-۴	خشکی شدید

منبع: Shafer and Dezman, 1982

#### داده‌ها و متغیرهای پژوهش

- داده‌های اقلیمی و هیدرومتری: مهم‌ترین پارامتر درباره اقلیم، بارش است و در ارتباط با هیدرومتری، داده‌های دبی هستند که در جدول (۲) دیده می‌شوند.

جدول- ۲: میزان بارش سالانه ایستگاه‌های هواشناسی و دبی ایستگاه‌های هیدرومتری دشت

سال	پل کله		لنج	
	بارش ایستگاه هواشناسی	دبی ایستگاه هیدرومتری	بارش ایستگاه هواشناسی	دبی ایستگاه هیدرومتری
۱۳۸۰	۲۰۵/۵	۲۸/۳۹	۱۳۳	۱۹/۷۷
۱۳۸۱	۱۹۰/۵	۳۸/۸۳	۱۴۰/۵	۲۶/۱۷
۱۳۸۲	۲۱۱	۳۷/۶۹	۲۱۶	۲۵/۸۱
۱۳۸۳	۲۲۲/۵	۴۰/۷۴	۱۰۲/۴	۲۶/۸
۱۳۸۴	۲۷۶/۵	۴۷/۶۸	۱۶۵/۷	۳۳/۶۶
۱۳۸۵	۲۶۲	۴۶/۳۶	۲۵۸/۴	۳۰/۵۰
۱۳۸۶	۵۸	۲۶/۲۵	۵۱/۸	۱۷/۵۷
۱۳۸۷	۱۶۰	۷/۹۴	۱۴۳/۵	۴/۷۵
۱۳۸۸	۲۲۳	۲۹/۷۴	۱۸۰/۵	۲۰/۸۵
۱۳۸۹	۸۹/۵	۹/۴۳	۷۵/۵	۳/۶۸
۱۳۹۰	۲۰۸/۵	۲۱/۹	۱۴۱/۴	۱۶/۷۷
۱۳۹۱	۲۲۶	۱۹/۳	۱۹۷	۱۲/۵۵

منبع: سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۳

### داده‌های سطح آب‌های زیرزمینی

از آنجا که منطقه مطالعه شده دارای ذخایر برف چشمگیر و مؤثری در روان آب نیست، عنصر آب‌های زیرزمینی جایگزین آن شد زیرا با توجه به شرایط هیدرولوژیکی منطقه برای محاسبه خشکسالی هیدرولوژیک مناسب بود. جدول (۳)، میانگین سطح چاه‌های شاخص در منطقه را نشان می‌دهد.

جدول-۳: ویژگی‌های چاه‌های شاخص به‌کاررفته در پژوهش

دوره آماری	میانگین سطح (متر)	محل چاه
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۷/۶۹	اراضی سده
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۲/۷	بیستجان
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۱۳/۵۲	چرمهین
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۲/۶۲	چمگردان
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۳/۷۲	کله مسیح
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۲۷/۸۳	صنایع نظامی
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۲۰/۵۴	ورنامخواست

منبع: سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۳

### داده‌های ذخیره مخزن سد

سد زاینده‌رود تنها سد بزرگ حوضه زاینده‌رود است که در این پژوهش، حجم ذخیره آن استفاده شد (جدول ۴).

جدول-۴: حجم ذخیره منابع آب سد زاینده‌رود در دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۱

سال	حجم (میلیون متر مکعب)	سال	حجم (میلیون متر مکعب)	سال	حجم (میلیون متر مکعب)
۱۳۸۰	۵۶۵/۶۲	۱۳۸۴	۸۳۹/۱۴	۱۳۸۸	۴۸۶/۵۱
۱۳۸۱	۷۸۲/۲۳	۱۳۸۵	۱۰۲۷/۸۲	۱۳۸۹	۳۸۱/۰۰
۱۳۸۲	۷۲۱/۹۳	۱۳۸۶	۴۶۷/۶۶	۱۳۹۰	۲۷۹/۶۶
۱۳۸۳	۷۱۲/۱۶	۱۳۸۷	۴۲۵/۰۷	۱۳۹۱	۲۵۰/۰۰

منبع: سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۳

### داده‌های کشاورزی:

داده‌های کشاورزی شامل میزان تولید، عملکرد (در هکتار) و سطح زیرکشت محصولات عمده زراعی و باغی منطقه مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ هستند که میانگین دوره مطالعه‌شده در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول- ۵: ویژگی‌های محصولات زراعی و باغی مطالعه‌شده (میانگین سال‌های ۹۱-۱۳۸۰)

نوع	نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان تولید (تن)	عملکرد در هکتار (کیلوگرم)
زراعی	گندم	۱۶۵۱/۴۵	۶۴۶۸/۶۸	۳۷۹۹/۵۴
	جو	۸۲۵/۷۳	۳۳۲۰/۳۸	۳۸۹۵/۸۸
	برنج	۲۰۰۹/۶۴	۱۱۲۲۱/۳	۵۵۸۵/۲۳
	ارزن	۴۹/۵۵	۱۱۸/۴۱	۲۴۱۱/۵۵
	نخود	۱۳/۸۶	۲۱/۱۹	۱۲۷۲/۷۳
	انواع لوبیا	۶۳/۱۸	۱۱۶/۶	۱۵۰۷/۸۴
	عدس	۲/۸۶	۳/۵۹	۸۳۹/۵۱
	ماش	۵۱/۶۴۶	۴۵/۵۸	۸۳۹/۶۷
	هندوانه	۵۰/۸۲	۱۵۱۱/۵۵	۲۶۸۷۴/۸۲
	سیب‌زمینی	۱۱۸/۰۹	۳۳۱۹/۲۳	۲۸۸۷۸/۳۹
	پیاز	۵۴/۸۲	۳۱۳۶/۱۸	۴۹۶۳۰/۸۴
	یونجه	۳۵۰/۳۶	۳۴۷۵/۴۵	۱۰۳۹۸/۳۲
	ذرت علوفه	۱۳۸/۹۱	۶۱۵۶	۴۱۳۲۴/۴۷
	کلزا	۲۳/۲۷	۴۱/۱	۲۲۵۴/۲۶
	چغندر و شلغم	۱۰/۵۴	۳۰۱/۱۸	۲۵۹۷۹/۳۶
	باغی	آفتابگردان	۱۱۹/۶۴	۲۵۵/۰۹
آلبالو		۹/۱۳	۳۴/۳۸	۴۶۶۰/۵۱
گیلاس		۱۵/۶۳	۶۵/۶۴	۵۹۹۷/۸۱
گوجه		۱۰/۶۴	۷۰/۰۴	۵۹۲۷/۷۶
آلو		۱۲/۵۵	۴۵/۲۹	۵۱۴۹/۵۱
هلو		۱۹/۱۷	۹۵/۵۳	۵۹۸۳/۳۸
زردآلو		۷۹/۴۳	۲۸۹/۵۵	۳۷۴۹/۹۱
سیب		۴۳/۶۵	۱۵۵/۴۰	۵۰۲۴/۸۹
گلابی		۱۰/۳۲	۶۵/۳۱	۶۷۲۲/۹۱
به		۴۲/۴۹	۳۶۳/۹۰	۸۹۰۷/۸۵
انار		۲۲/۰۱	۱۰۳/۷۲	۵۵۳۶/۶۷
انگور		۸۳۳/۸۲	۴۵۱۷/۵۴	۵۵۸۶/۲۵
گردو		۴۳۸/۵۹	۶۴۲/۰۸	۱۴۷۷/۶۶
بادام		۵۸۹/۶۸	۵۵۹	۱۱۰۱/۸۰

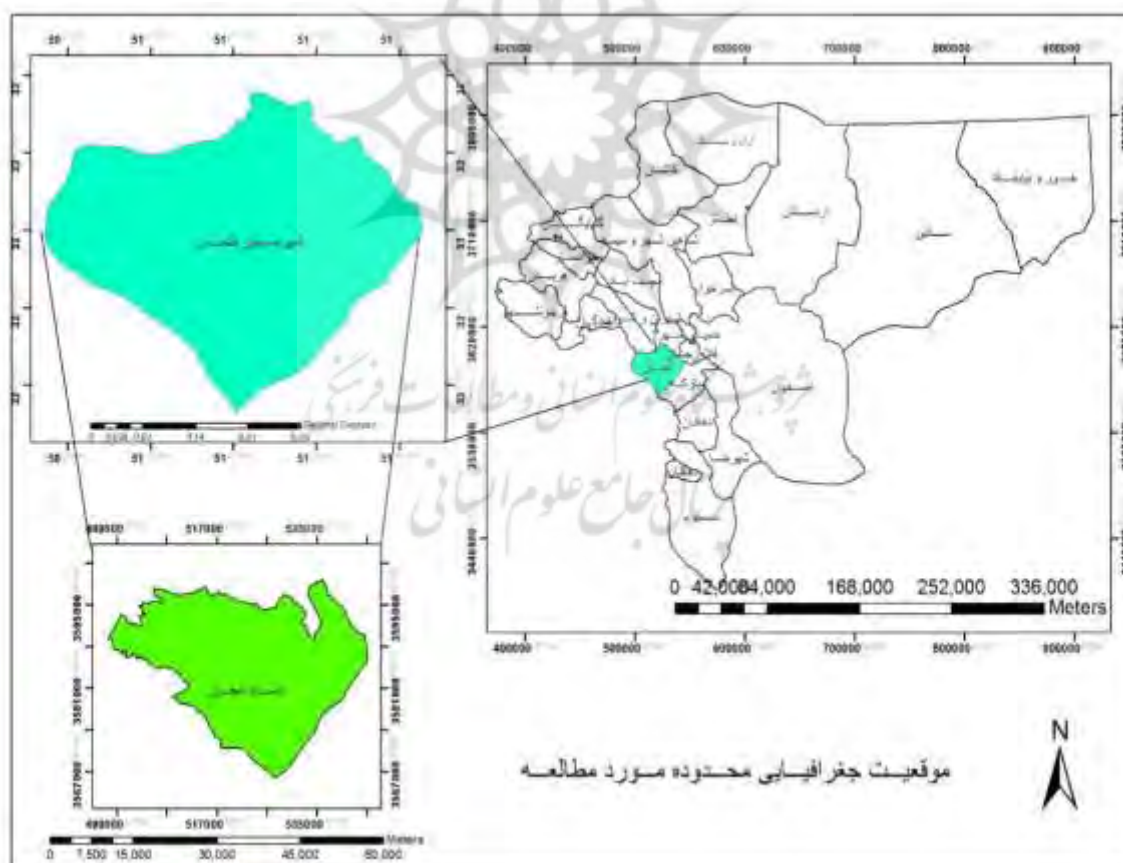
منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان، ۱۳۹۳

## محدوده مطالعه‌شده

محدوده مطالعه‌شده در پژوهش حاضر، منطقه لنجان است که با وسعت ۱۱۷۲ کیلومتر مربع در ۳۵ کیلومتری جنوب‌غربی اصفهان در دره گسترده زاینده‌رود واقع شده است و از شمال به شهرستان نجف‌آباد، از شرق به دشت‌های مبارکه و فلاورجان و از جنوب و غرب به استان چهارمحال و بختیاری محدود می‌شود (شکل ۱). این

منطقه در ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰).

میانگین بارش سالانه برابر ۱۵۱/۸۷ میلی متر است. فصل خشک، تابستان (۱ درصد بارش) و مرطوب ترین فصل (با ۴۶ درصد بارشها)، زمستان است. میانگین دمای سالانه منطقه برابر ۱۴/۸ درجه سانتی گراد و سردترین ماه سال (با میانگین ۳ درجه) دی ماه و گرم ترین ماه سال (با میانگین ۲۶/۵) تیرماه است (سازمان آب منطقه ای و هواشناسی استان اصفهان، ۱۳۹۳). نحوه توزیع ارتفاع در منطقه نشان می دهد که بیشترین مساحت بین ارتفاع ۱۶۵۰ تا ۱۸۰۰ است. جمعیت شهرستان لنجان در سال ۱۳۹۰ برابر ۲۴۶۵۱۰ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) و از این تعداد، ۲۱۶۶۳۷ نفر در شهرها و ۲۹۸۷۳ نفر در روستاها ساکن بوده اند. طبق آمار سال ۱۳۹۰، میزان سطح زیرکشت محصولات زراعی برابر با ۴۵۳۶/۱۵ هکتار و محصولات باغی ۳۰۴۸/۰۶ هکتار بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). منابع آب کشاورزی را رودخانه زاینده رود و تعداد ۵۶۵ حلقه چاه، چشمه و قنات تأمین می کنند. تعداد بهره بردار و شاغلان بخش کشاورزی بیش از ۱۰۰۰۰ خانوار است. محصول عمده منطقه، برنج و پس از آن گندم است. انگور، بادام، گردو از محصولات عمده باغی و انواع سبزی و صیفی و گل های زینتی از محصولات گلخانه ای هستند (اداره جهاد کشاورزی لنجان، ۱۳۹۲).



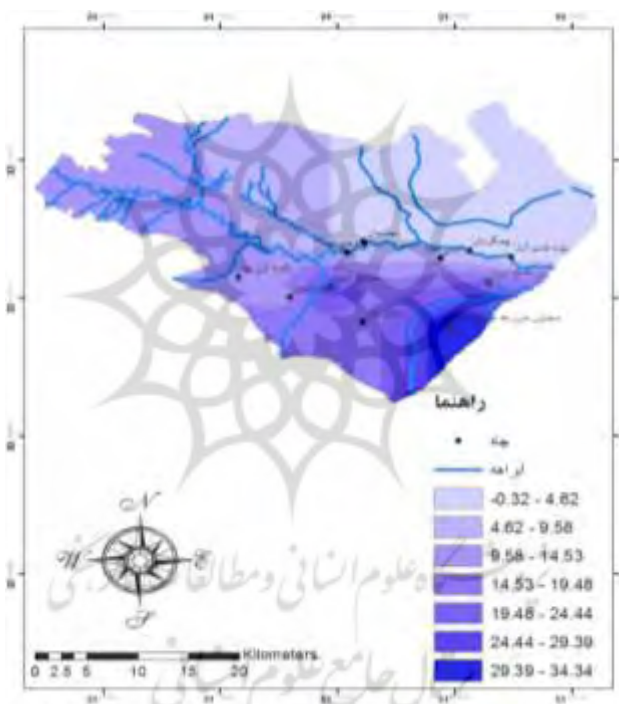
شکل - ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعه شده در شهرستان لنجان و استان اصفهان

## تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

بررسی وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک

برای بررسی وضعیت خشکسالی در آب‌های زیرزمینی، آمار موجود از سطح چاه‌های دشت لنجان (ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر) جمع‌آوری و پس از مرتب‌کردن پایگاه داده‌های آن با نرم‌افزار Surfer، اطلاعات سطح چاه‌های موجود در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ با روش کریجینگ میان‌یابی شدند. سپس نقشه پهنه‌بندی سطح آب چاه‌ها در نرم‌افزار GIS و با روش IDW برای هر سال به‌طور جداگانه ترسیم شد.

در نتیجه، مشخص شد که سطح آب‌های زیرزمینی دشت به شدت متأثر از جریان رودخانه است. هرچه مکان چاه‌ها از رودخانه فاصله می‌گیرد، سطح آب زیرزمینی پایین‌تر می‌رود. در بخش شمال و شمال‌غربی دشت که تراکم آب‌راهه بیشتر است، سطح آب‌های زیرزمینی بالاتر است و بر عکس، سطح آب زیرزمینی در بخش جنوبی و جنوب‌شرقی پایین‌تر است (شکل ۲).



شکل ۲: پهنه‌بندی میانگین بلندمدت سطح آب زیرزمینی

پس از ترسیم نقشه پهنه‌بندی سالانه سطح آب‌های زیرزمینی، با کسر نقشه هر سال از نقشه میانگین بلندمدت سطح آب که با ابزار Raster Calculator در نرم‌افزار GIS انجام شد، نقشه مقدار تغییر سطح آب زیرزمینی محاسبه

$$\text{شد. } map_0 = map_s - map_m$$

$map_0$ : نقشه تغییر سطح آب زیرزمینی،  $map_s$ : نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی سالانه و  $map_m$ : نقشه

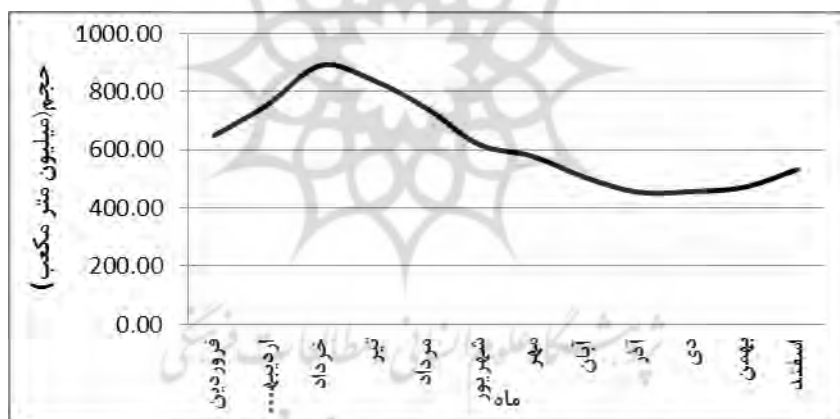
میانگین بلندمدت سطح آب‌های زیرزمینی است.

نتایج نشان می‌دهند که اگرچه در سال‌های مختلف، عمق سطح آب‌های زیرزمینی به میزان مختلفی تغییر کرده است، بیشترین تغییر در اکثر نقشه‌ها در بخش شمالی و به‌ویژه شمال‌غربی دشت رخ داده و عمق آب‌های زیرزمینی

افزایش یافته است. با توجه به اینکه در مناطق یادشده، بیشتر رودخانه، منابع آب زیرزمینی را تغذیه می کند، این شدت کاهش نتیجه کاهش در حجم دبی رودخانه و وقوع خشکسالی هیدرولوژیک است.

همانطور که گفته شد، برای محاسبه شاخص SWSI به آمار متغیرهای هیدرولوژی، بارش، مخازن آب‌های سطحی، سطح آب‌های زیرزمینی و دبی نیاز است.

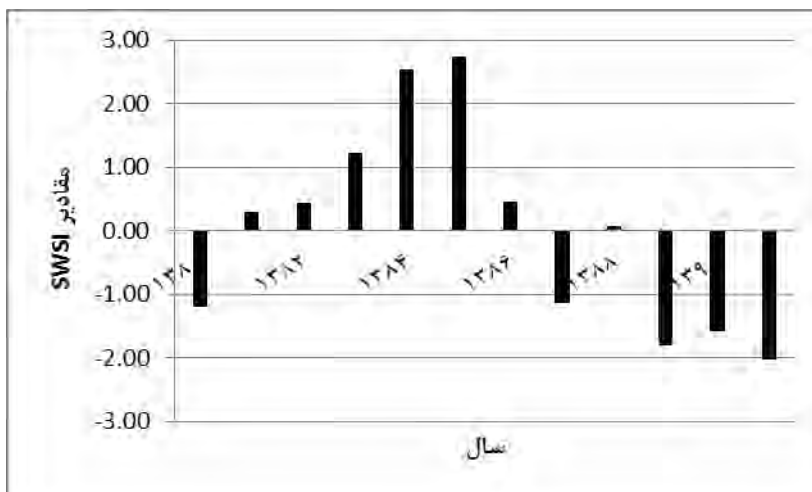
برای محاسبه شاخص خشکسالی آب‌های جاری از آمار بارش ماهانه و سالانه (جدول ۲) ایستگاه‌های موجود در منطقه استفاده و پس از آن، احتمال وقوع آن به درصد محاسبه شد و در رابطه به کار رفت؛ وزن این عنصر با توجه به میزان اهمیت آن نسبت به سایر متغیرها (۰/۱۵) در نظر گرفته شد. برای استفاده از دبی در فرمول SWSI، از دبی ماهانه و سالانه ایستگاه‌های پل کله و لنج استفاده (جدول ۲) و با توجه به اهمیت آب‌های جاری در تأمین آب در دسترس، به دبی بیشترین وزن (۰/۳۵) اختصاص داده شد. با توجه به اینکه منطقه مطالعه شده جزو مناطق کوهستانی محسوب نمی‌شود و ذخایر برف ندارد، به جای عنصر ذخیره برف از سطح آب‌های زیرزمینی استفاده شد و چون این عنصر پس از روان آب‌ها، دومین اهمیت را در تأمین آب کشاورزی دشت لنجان دارد، وزن (۰/۳) برای آن در نظر گرفته شد. برای کاربرد ذخایر آب‌های سطحی نیز آمار سد زاینده‌رود، بزرگترین سد حوضه مطالعه شده، در فرمول SWSI استفاده شد و آمار ماهانه آن تهیه و پس از محاسبه درصد احتمال وقوع سالانه و ماهانه در رابطه به کار رفت و وزن (۰/۲) برای آن تعیین شد.



شکل - ۳: نمودار مقادیر میانگین ماهانه حجم سد زاینده‌رود در دوره آماری (۱۳۸۰-۱۳۹۱)

شکل (۴)، مقدار SWSI سالانه را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ خشک‌ترین و سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ مرطوب‌ترین سال‌های دوره آماری (۱۳۸۰-۱۳۹۱) بوده‌اند.

سال ۱۳۸۵ با مقدار ۲/۷۲ مرطوب‌ترین و سال ۱۳۹۰ با منفی ۲/۰۲ خشک‌ترین سال در میان سال‌های بررسی شده هستند. جدول (۶)، مقادیر SWSI اختصاص‌یافته و وضعیت حاکم بر آن را نشان می‌دهد.



شکل - ۴: نمودار مقادیر میانگین سالانه SWSI منطقه

جدول - ۶: مقادیر SWSI سالانه

سال	SWSI	شدت خشکسالی	سال	SWSI	شدت خشکسالی
۱۳۸۰	-۱/۱۹	خشکسالی ضعیف	۱۳۸۶	۰/۴۵	نرمال
۱۳۸۱	۰/۲۹	نرمال	۱۳۸۷	-۱/۱۲	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۲	۰/۴۲	نرمال	۱۳۸۸	۰/۰۶	نرمال
۱۳۸۳	۱/۲۲	مرطوب ضعیف	۱۳۸۹	-۱/۷۹	خشکسالی متوسط
۱۳۸۴	۲/۵۳	مرطوب متوسط	۱۳۹۰	-۱/۵۷	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۵	۲/۷۲	مرطوب متوسط	۱۳۹۱	-۲/۰۲	خشکسالی متوسط

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که جدول (۷) نشان می‌دهد، بیشترین فراوانی وضعیت را شرایط نرمال با ۳۳ درصد دارد و پس از آن، خشکسالی ضعیف با ۲۵ درصد احتمال وقوع قرار دارد. در مجموع، شرایط خشکسالی با ۴۲ درصد احتمال وقوع بیشترین احتمال رخداد را دارد و شرایط مرطوب تنها ۲۵ درصد احتمال وقوع دارد. در نتیجه، در سال‌های اخیر شرایط خشکسالی بیشتر از شرایط مرطوب بر منطقه حاکم و منطقه بیشتر دارای خشکسالی هیدرولوژیک بوده است.

جدول - ۷: فراوانی شدت‌های خشکسالی شاخص SWSI منطقه

شدت خشکسالی	فراوانی	احتمال وقوع	درصد احتمال وقوع
خشکسالی متوسط	۲	۰/۱۷	۱۶
خشکسالی ضعیف	۳	۰/۲۵	۲۵
نرمال	۴	۰/۳۳	۳۳
مرطوب ضعیف	۱	۰/۰۸	۹
مرطوب متوسط	۲	۰/۱۷	۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش

### بررسی شاخص‌های کشاورزی منطقه

در این بخش، تغییرات روند متغیرهای سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد محصولات کشاورزی منطقه در دو بخش باغی و زراعی بررسی شدند. برای هر بخش، تعدادی از محصولات انتخاب شدند که آمار کامل تری داشتند و برای هر یک از آنها، مقادیر  $p$ ،  $z$ ،  $var(t)$  در سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط آزمون من - کندال در نرم‌افزار Minitab محاسبه شد. به این منظور، آمار متغیرهای یادشده برای دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ استفاده شد (به دلیل طولانی شدن مطلب از ارائه جداول مربوطه خودداری شده است). جدول (۸)، نتایج آزمون من - کندال را برای متغیرهای سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد محصولات باغی مطالعه شده نشان می‌دهد.

جدول- ۸: نتایج آزمون من - کندال سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد محصولات باغی

نام محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	میزان تولید (تن)	عملکرد (در هکتار)
آلبالو	۲/۱۳*	۰/۶۴	-۱/۶۳
گیلاس	۳/۶۱*	۳/۲۰*	-۱/۰۲
گوجه	۰/۵۵	۰/۶۲	-۱/۶۴
آلو	۱/۷۵	-۰/۶۲	-۰/۸۶
هلو	۲/۱۸*	۱/۸۶	۱/۵۶
زردآلو	۲/۴۶*	۰/۵۵	-۰/۵۵
سیب	۲/۷۹*	۲/۱۸*	-۱/۸۹
گلابی	۰/۳۲	۲/۱۱*	۱/۷۹
به	۲/۳۳*	۰	-۱/۲۵
انار	۱/۳۳	۱/۲۸	-۰/۹۴
انگور	-۳/۳۹*	-۲/۲۶*	-۰/۷۱
گردو	۴/۱۴*	۳/۵۱*	۱/۸۹
بادام	۴/۱۴*	۰/۷۰	۰/۲۴
جمع	۱/۵۶	-۰/۹۳	

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج نشان می‌دهند که سطح زیرکشت همه محصولات باغی مطالعه شده، روند افزایشی دارد بجز انگور که دارای روند منفی معنادار ( $Z=-۳/۹۹$ ) است. در بین این محصولات، آلبالو ( $Z=۲/۱۳$ )، گیلاس ( $Z=۳/۶۱$ )، هلو ( $Z=۲/۱۸$ )، زردآلو ( $Z=۲/۴۶$ )، به ( $Z=۲/۳۳$ )، گردو ( $Z=۴/۱۴$ ) و بادام ( $Z=۴/۱۴$ ) روند افزایشی معنادار دارند. درباره میزان تولید نیز نتایج آزمون من - کندال نشان می‌دهند که بیشتر محصولات روند افزایشی دارند و این، با نتایج روندیابی سطح زیرکشت هم خوانی دارد. در میان محصولات، تنها آلو و انگور روند کاهشی دارند و روند تولید انگور معنادار ( $Z=-۲/۲۶$ ) است. در میان روندهای افزایشی محصولات، گیلاس ( $Z=۳/۲۰$ )، سیب ( $Z=۲/۱۸$ )، گلابی ( $Z=۲/۱۱$ ) و گردو ( $Z=۳/۵۱$ ) روند معنادار دارند.

نتایج آزمون درباره عملکرد محصولات نیز نشان می‌دهند که بیشتر محصولات روند کاهشی دارند، هرچند این روند معنادار نیست. در میان محصولات مطالعه شده تنها هلو، گلابی، گردو و بادام روند افزایشی دارند که آن هم



معنادار نیست. با توجه به اینکه روند سطح زیرکشت محصولات، روندی مثبت است و با توجه به شرایط منطقه، روش‌های باغداری نیاز به بازنگری دارند تا بازده تولید بیشتر و عملکرد محصولات بهبود یابد؛ با این حال روند افزایشی سطح زیرکشت، تغییر الگوی کشت را نمایان‌تر می‌کند.

مطابق جدول (۹) که نتایج آزمون من - کندال را برای متغیرهای سطح زیرکشت و میزان تولید و عملکرد محصولات زراعی مطالعه شده نشان می‌دهد، سطح زیرکشت بیشتر محصولات زراعی روند منفی دارد و محصولاتی مانند برنج، جو و ارزن روند مثبت دارند، هرچند این روند معنادار نیست. بیشترین روند کاهشی به محصول گندم تعلق دارد که روند آن معنادار است. دلیل کاهش سطح زیرکشت گندم نه تنها وقوع خشکسالی بلکه مسائل اقتصادی (افزایش سریع قیمت محصول برنج) است.

نتایج آزمون من - کندال درباره میزان تولید محصولات زراعی نشان می‌دهند که بیشتر محصولات روند کاهشی دارند و تنها برنج، جو، ارزن، هندوانه، یونجه و کلزا روند افزایشی دارند و روند هیچ کدام، معنادار نیست. در میان محصولات مختلف، پیاز ( $Z=-2/65$ ) و آفتابگردان ( $Z=-2/04$ ) دارای بیشترین روند کاهشی هستند و این روند معنادار است. نتایج آزمون درباره عملکرد محصولات نشان می‌دهند که بیشتر محصولات روند افزایشی دارند، هرچند این افزایش بجز در محصول کلزا ( $Z=2/65$ ) معنادار نیست. تنها محصول جو ( $Z=-0/86$ )، نخود ( $Z=-0/08$ )، عدس ( $Z=-0/24$ )، پیاز ( $Z=-1/71$ ) و آفتابگردان ( $Z=-0/24$ ) در متغیر عملکرد، روند کاهشی دارند که آن هم معنادار نیست.

جدول- ۹: نتایج آزمون من - کندال سطح زیرکشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی

نام محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	میزان تولید (تن)	عملکرد در هکتار
گندم	-۲/۰۲*	-۰/۹۳	۰/۸۶
جو	۰/۴۷	۰/۳۱	-۰/۸۶
برنج (شلتوک)	۰/۹۵	۱/۷۹	1.1۹
ارزن	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۶۴
نخود	-۲/۰۵*	-۱/۶۴	-۰/۰۸
انواع لوبیا	۰	۰	۰/۷۸
عدس	۰	-۰/۰۸	-۰/۲۴
ماش	-۱/۴۰	-۱/۱۷	۱/۵۸
هندوانه	۰/۷۰	۰/۹۳	۰/۴۷
سیب‌زمینی	-۰/۷۰	-۰/۷۸	۰/۶۳
پیاز	-۲/۶۲*	-۲/۶۵*	-۱/۷۱
یونجه	۰	۰/۳۹	۰/۷۹
ذرت علوفه‌ای	۰	۰	۰/۷۸
کلزا	-۱/۰۲	۰/۸۶	۲/۶۵*
چغندر قند	-۱/۱۹	-۰/۳۱	۰/۴۷
آفتابگردان	-۲/۹۸*	-۲/۰۴*	-۰/۲۴
جمع	-۰/۹۳	-۰/۴۷	

منبع: یافته‌های پژوهش

## جمع‌بندی و پیشنهادها

پژوهش حاضر به بررسی رخداد خشکسالی هیدرولوژیک و تأثیر آن بر بخش کشاورزی منطقه لنجان پرداخته است. در ابتدا چهارچوب کلی پژوهش، روش شناسی و پیشینه تدوین شد. در بحث روش شناسی، نوع داده‌های به کاررفته در پژوهش و روش کاربرد آن‌ها تشریح و در ادامه، ویژگی‌های جغرافیایی منطقه و خشکسالی هیدرولوژیک بررسی شدند. در پایان نیز روند تغییرات در محصولات کشاورزی با آزمون من - کندال بررسی شد.

در پژوهش حاضر، سه فرضیه مطرح شد که نتیجه آن‌ها به این شرح است:

در فرضیه اول گفته شد که خشکسالی هیدرولوژیک در سطح منطقه لنجان در وضعیت به نسبت شدیدی اتفاق افتاده است. بر اساس نتایج حاصل از شاخص SWSI (جدول ۷)، سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ خشک‌ترین سال‌ها در منطقه طی دوره مطالعه شده بودند. از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۱ همواره منطقه خشکسالی هیدرولوژیک داشته است و تنها سال ۱۳۸۸ وضعیت نرمال دارد. بنابراین، طی دوره آماری بر شدت و تداوم خشکسالی هیدرولوژیک در منطقه افزوده شده است و همچنان خشکسالی متوسط تداوم دارد؛ بنابراین فرضیه اول رد می‌شود. در فرضیه دوم، تغییر شاخص‌های بخش کشاورزی منطقه لنجان متأثر از خشکسالی مطرح شد. طبق نتایج آزمون من - کندال (جدول ۸) که بر اساس متغیرهای کشاورزی دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ حاصل شدند، سطح زیرکشت محصولات زراعی آفتابگردان، پیاز، نخود و گندم دارای روند معنادار و منفی است و سایر محصولات روند مثبت و یا منفی دارند که هیچ کدام معنادار نیست. درباره شاخص میزان تولید نیز پیاز و آفتابگردان دارای روند منفی و معنادار هستند و هیچ کدام از محصولات دارای روند مثبت معنادار نیستند. عملکرد محصولات نشان می‌دهد که تنها محصول کلزا دارای روند مثبت و معنادار است و روند سایر محصولات معنادار نیست. سطح زیرکشت همه محصولات باغی مطالعه شده روند افزایشی دارد بجز انگور که دارای روند منفی معنادار است. درباره میزان تولید نیز بیشتر محصولات دارای روند افزایشی هستند و این با نتایج حاصل از روندیابی سطح زیرکشت همخوانی دارد. نتیجه آزمون درباره عملکرد محصولات نشان می‌دهد که بیشتر محصولات دارای روند کاهشی هستند، هرچند این روند معنادار نیست. بنابراین خشکسالی هیدرولوژیک بر عملکرد، میزان تولید و سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی با شدت و ضعف تأثیر داشته است و فرضیه دوم پژوهش، تأیید می‌شود.

در فرضیه سوم، تفاوت در تأثیر خشکسالی بر محصولات مختلف مطرح شد. نتایج نشان دادند که تأثیر خشکسالی بر محصولات کشاورزی منطقه یکسان نبوده و کاهش کاشت یک نوع محصول باعث افزایش کاشت محصول دیگر شده است. اگرچه بیشتر محصولات زراعی منطقه روند منفی داشته‌اند، این روند کاهشی به سود محصولات باغی بوده زیرا سطح زیرکشت بیشتر این محصولات و به تبع آن، میزان تولید افزایش یافته است. در نتیجه، خشکسالی باعث تغییر نوع کشت و روی آوردن کشاورزان به کشت محصولاتی شده است که نیاز آبی کمتری دارند. بنابراین، فرضیه سوم پژوهش تأیید می‌شود.

درباره سایر نتایج جزئی‌تر پژوهش گفتنی است که شاخص SWSI ابزاری مناسب برای پایش خشکسالی منطقه است. همچنین مشخص شد که در سال‌های مطالعه شده (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱)، شرایط خشکسالی با ۴۲ درصد احتمال

وقوع بیشترین احتمال رخداد را دارد و شرایط مرطوب، تنها ۲۶ درصد احتمال وقوع دارد. نتایج محاسبه شاخص SWSI برای آشکارسازی خشکسالی نشان دادند که از سال ۱۳۸۶، میزان آب در دسترس بسیار کاهش یافته و تا سال ۱۳۹۱ تنها دو سال نرمال وجود داشته است و سایر سال‌ها دارای شرایط خشکسالی هیدرولوژیک بوده‌اند. کاهش ریزش باران و برف در حوضه آبخیز رودخانه زاینده‌رود و همچنین افزایش تقاضا و بهره‌برداری از آب این رودخانه باعث کاهش آب‌های جاری و در نتیجه، کاهش ذخایر منابع آب سطحی و زیرسطحی شده‌اند. به‌علاوه، نتایج نشان دادند که خشکسالی در سال‌های اخیر به‌شدت بر منابع آب زیرزمینی منطقه تأثیر منفی داشته، به‌حدی که طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱، میزان سطح آب‌های زیرزمینی منطقه به‌طور میانگین ۳ تا ۴ متر نسبت به سطح میانگین منابع زیرزمینی منطقه کاهش یافته است. کم‌ترین مقدار SWSI محاسبه شده در منطقه برای سال ۱۳۹۱ و مقدار منفی ۲/۰۲ بود که نشان می‌دهد طی این سال شدیدترین خشکسالی هیدرولوژیک در منطقه رخ داده است. بیشترین مقدار SWSI با مقدار ۲/۷۲ به سال ۱۳۸۵ متعلق است و وجود بیشترین میزان منابع آبی را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون من - کندال در روندیابی تغییرات محصولات کشاورزی نشان می‌دهند که در مجموع، میزان تولید و سطح زیرکشت محصولات باغی شهرستان طی دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ روند افزایشی داشته، هرچند میزان عملکرد این محصولات روند افزایشی نداشته است. همچنین نتایج، روند کاهشی مجموع تولیدات و سطح زیرکشت محصولات زراعی منطقه طی دوره زمانی یادشده را نشان می‌دهند. از این رو، نتیجه‌گیری می‌شود که محصولات باغی در حال جایگزینی محصولات زراعی هستند و در بسیاری مناطق با ایجاد باغ‌های جدید و یا مکانیزه شدن باغ‌های قبلی، میزان تولیدات این بخش افزایش یافته است؛ دلیل این امر، کاهش آب در دسترس است که در سال‌های اخیر به دلیل وقوع خشکسالی‌های هیدرولوژیک در منطقه رخ داده است. با توجه به روش‌های آبیاری جدید، محصولات باغی آب کمتری نسبت به محصولات زراعی نیاز دارند و از این رو، تمایل کشاورزان برای تولید محصولات باغی افزایش یافته است. در میان محصولات زراعی، برنج دارای روند افزایشی در میزان تولید و سطح زیرکشت بوده که دلیل آن اقتصادی‌بودن این محصول به دلیل قیمت زیاد آن نسبت به سایر محصولات است.

## پیشنهادها

بر اساس نتایج، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شوند:

- جایگزین کردن محصولاتی که نیاز آبی زیادی دارند (برنج) با محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند. همچنین تغییر روش‌های آبیاری و مکانیزه کردن کاشت و برداشت برای زیادکردن بازده آبیاری و افزایش عملکرد؛
- هرچند پیش‌بینی خشکسالی با درصدی از خطا همراه باشد تا حد زیادی از آثار مهلک کم می‌کند؛
- تهیه سند آمایش منطقه و بازنگری جدی در سیاست‌های توسعه‌ای به‌ویژه در زمینه الگوی کشت، استقرار صنایع آبرو و ... و همچنین تهیه سند مدیریت بحران منابع آب با رویکرد ناحیه‌ای؛
- رودخانه زاینده‌رود تنها تأمین‌کننده آب لازم برای همه فعالیت‌های اقتصادی منطقه از جمله فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی است. سیاست انتقال آب، افزایش تقاضای آب و همچنین وقوع خشکسالی در حوضه آبخیز این رودخانه میزان آب رودخانه را به‌شدت کاهش داده است و از این رو، مدیریت واحد منابع آب پیشنهاد می‌شود؛

- انجام عملیات آبخیزداری در مناطق آبخیز حوضه زاینده رود برای جلوگیری از جریان یافتن شدید آب حاصل از بارش و ذوب برف و تغذیه سفره‌های آب‌های زیرزمینی؛
- تغییر الگوی کشت در دوره‌های خشکسالی؛
- بیمه محصولات کشاورزی و ارائه تسهیلات و اعتبارهای متناسب با میزان خسارت‌های ناشی از خشکسالی.

### سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از طرحی پژوهشی با همین عنوان است که با حمایت مالی بنیاد ملی نخبگان و نظارت شورای پژوهشی دانشگاه پیام نور استان اصفهان انجام شده است.

### منابع

- ۱- اداره جهاد کشاورزی لنجان (۱۳۹۲)، آمار کشاورزی شهرستان، <http://www.agri-lenjan.ir>.
- ۲- امیدوار، کمال (۱۳۹۲)، مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.
- ۳- تیموری، رؤیا (۱۳۹۲)، بررسی اثرات اقتصادی- اجتماعی خشکسالی های دهه اخیر بر روستاهای بخش مرکزی شهرستان اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر اصغر نوروزی، دانشگاه پیام نور مرکز شهرکرد.
- ۴- حبیبی قهفرخی، نوید، عمانی، احمدرضا (۱۳۹۰)، بررسی اثرات اقتصادی و اجتماعی خشکسالی بر زارعین شهرستان اصفهان، مقالات اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم، مرکز تحقیقات کم آبی و خشکسالی در کشاورزی و منابع طبیعی، کرج.
- ۵- حجازی‌زاده، زهرا، جوی‌زاده، سعید (۱۳۸۹)، مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن، سمت، تهران.
- ۶- خوش‌اخلاق، فرامرز، رنجبر، فیروز، طولابی، سجاد، مقبل، معصومه، معصوم پور، جعفر (۱۳۸۹)، بررسی خشکسالی در سال آبی ۱۳۸۶-۸۷ و اثرات آن بر آب و کشاورزی (شهرستان مرودشت)، جغرافیا، شماره ۲۴، صص ۱۳۶-۱۱۹.
- ۷- سازمان آب منطقه ای اصفهان (۱۳۹۳)، آمارنامه الکترونیکی ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی لنجان، منتشر نشده.
- ۸- سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان (۱۳۹۳)، آمارنامه محصولات باغی و زراعی استان اصفهان، منتشر نشده.
- ۹- سازمان هواشناسی استان اصفهان (۱۳۹۳)، آمارنامه ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی لنجان، منتشر نشده.
- ۱۰- علیپور، حسن، قریب، علی، چهارسو قیامین، حامد (۱۳۹۲)، بررسی اثرات خشکسالی بر وضعیت اقتصادی اجتماعی کشاورزان، مطالعه موردی: گندمکاران شهرستان نهبندان، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۹۹، صص ۱۲۵-۱۱۳.
- ۱۱- علیجانی، بهلول؛ بابایی، ام‌السلمه (۱۳۸۸)، تحلیل فضایی خشکسالی کوتاه‌مدت ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، پیش‌شماره پاییز و زمستان، صص ۱۲۱-۱۰۹.

- ۱۲- غیور، حسنعلی، مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۷۶)، بزرگی، گستره و فراوانی خشک سالی‌های ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۴۵. صص ۳۹-۲۵.
- ۱۳- قنبرزاده، هادی (۱۳۸۸)، پیامدهای اقتصادی خشکسالی دوره ۸۵-۱۳۷۵ بر نواحی روستایی دهستان شاندریز، شهرستان مشهد، چشم‌انداز جغرافیایی، سال ۴، شماره ۹. صص ۱۶۳-۱۳۹.
- ۱۴- کارآموز، محمد، عراقی نژاد، شهاب (۱۳۸۹)، هیدرولوژی پیشرفته، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- ۱۵- کردوانی، پرویز (۱۳۸۰)، خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۱۶- محمدی، حسین (۱۳۹۰)، مخاطرات جوی، چاپ ۲، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۱۷- محمدی، زهرا (۱۳۹۲)، بررسی خشکسالی هیدرولوژی با شاخص SWSI، (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد زاینده رود)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی (سینوپتیک)، استاد راهنما: دکتر داریوش رحیمی، دانشگاه اصفهان.
- ۱۸- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن، استان اصفهان.
- ۱۹- مسعودیان؛ ابوالفضل (۱۳۹۰)، آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس، مشهد.
- ۲۰- نوری، هدایت‌الله، نوروزی، اصغر (۱۳۹۵)، مبانی برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه پایدار روستایی، دانشگاه اصفهان.
- 21- Edossa D. C., Babel. M. S., Gupta, A. D. (2009), Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia, **Springer science + Business Media B. V, Water Resour Manage**, 1441-1460.
- 22- FAO (2013), **Drought Facts-Food and Agriculture**, www.fao.org.
- 23- Howitt, R., MacEwan, D., Medellín-Azuara, J., Lund, J., Sumner, D. (2015), **Economic Analysis of the 2015 Drought for California Agriculture**, University of California Davis, P. 31
- 24- Keck, A., Dinar. A. (2000), Water supply variability and drought impact and mitigation in subsahara Africa, Drought a Global Assessment, London.
- 25- Kwon. J. H., Kim. J, S. (2010), **Assessment of Distributed Hydrological Drought Based on Hydrological Unit Map Using SWSI Drought Index in South Korea**, KSCE Journal of Civil Engineering, 923-929.
- 26- Lein, J. (2003), Integrated Environmental Planning, Black well scinse Inc U.S.A.
- 27- Shaban, A. (2008), **Indicator and Aspects of Hydrogical Drought in Lebanon**. Springer science + Business Media B. V. Water Resour Manage, 1875-1891.
- 28- Shafer, B. A., Dezman, L. E. (1982), **Development of a Surface Water Supply Index assess the severity of drought condition in snowpack runoff area**, Proceeding Western Snow Conference, pp. 164-175.
- 29- Thompson, d., Powell, R. (1998), **Excepational cir cumstances provisions in Australia is ther too much emph emphasis on drought?**, Agricultural system, 57(3).
- 30- UNEP (2005), **One planet many people**, United Nation Environmental Program.