

## تحلیل اثرات خشکسالی بر تولید گندم و مهاجرت روستایی استان همدان

زهره مریانجی\*؛ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، همدان، ایران.  
سید اکبر حسینی؛ کارشناس ارشد مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان همدان، همدان، ایران.  
حامد عباسی؛ استادیار گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۷/۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۵/۲۰

### چکیده

خشکسالی یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که بر حسب شدت آن، اثرات متفاوتی بر زندگی و معیشت گروه‌های انسانی دارد. در این مطالعه به تحلیل و بررسی اثرات خشکسالی بر محصول گندم و مهاجرت روستاییان در استان همدان پرداخته شده است. به منظور مطالعه و تحلیل خشکسالی در دهه هشتاد (۹۰-۱۳۸۰) از روش spi استفاده گردید. با توجه به این شاخص، خشکسالی‌های شدید بیشتر در دشت‌های شمالی و مرکزی استان رخ داده است. در فصل بهار در اکثر مناطق استان خشکسالی متوسط دیده می‌شود؛ در زمستان نیز که فصل ریزش‌های جوی منطقه محسوب می‌گردد، در مناطق مرکزی و شمالی استان خشکسالی متوسط تا شدید دیده می‌شود. در بررسی اثرات خشکسالی‌ها در عملکرد محصول گندم در سطح هشت شهرستان استان همدان، خشکسالی فصل پاییز و بهار (زمان ریزش بارش مؤثر در کشاورزی) بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد گندم دیم دارد. مطالعه اثرات خشکسالی و عملکرد گندم بر مهاجرت‌های روستایی نشان می‌دهد در ۴۰ درصد مهاجرت‌های روستایی بین سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ خشکسالی و پایین بودن عملکرد گندم نقش داشته است. نتایج تحلیل رگرسیون نیز حاکی از آن هستند که متغیر خشکسالی بیشترین تأثیر (۰/۶۴) را بر روی مهاجرت‌ها (روستا به شهر) در این استان داشته است. میزان ضریب همبستگی مهاجرت با عملکرد گندم کمتر از شاخص خشکسالی است یعنی عامل خشکسالی علاوه بر پایین آوردن عملکرد محصول گندم منجر به بروز مواردی از جمله کاهش شدید سفره‌های آب‌های زیر زمینی و خشکی چشمه‌ها در منطقه گشته که تمامی آنها موجب مهاجرت روستایی شده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، عملکرد گندم، مهاجرت روستایی.

\* z.maryanaji@gmail.com

## (۱) مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته و متوسط بارندگی آن کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان است و پدیده خشکسالی در ایران که به صورت کاهش بارندگی از سالیان قبل وجود داشته، در سال‌های اخیر به اوج خود رسیده است؛ این پدیده یکی از فاجعه آمیزترین مخاطرات طبیعی بوده که به دلیل گسترش زمانی نسبتاً طولانی و پراکندگی ناهمگون آن، باعث وارد شدن خسارات جبران ناپذیری به بدنه اقتصادی، کشاورزی و اجتماعی کشور گردیده است؛ اثرات تخریبی ناشی از وقوع این مخاطره طبیعی به کندی پدیدار گردیده و سبب کاهش تولید محصولات کشاورزی، وقوع نابسامانی‌های اقتصادی و اجتماعی و بحران‌های محیطی می‌گردد.

به‌طور کلی خشکسالی به سه نوع تقسیم می‌شود: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی کشاورزی (فرج زاده، ۱۳۸۰: ۶۸). اگر بارش سالانه کمتر از مقدار میانگین در یک دوره معین باشد، خشکسالی هواشناسی رخ می‌دهد. خشکسالی هیدرولوژیکی زمانی رخ می‌دهد که میزان جریان آب-های سطحی و زیرزمینی برای یک دوره کمتر از حد نرمال شود و خشکسالی کشاورزی هنگامی است که میزان آب مورد نیاز گیاه و رطوبت خاک کمتر از حد معمول باشد. میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با بارش و مناسب بودن شرایط اقلیمی دارد و شناخت عواملی که بر روی مراحل رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد و گیاه نسبت به نوسانات این عوامل حساسیت نشان می‌دهد، امکان اتخاذ تصمیم مناسب جهت انجام زراعت را فراهم می‌سازد (علیزاده، ۱۳۸۳: ۲۰۵). از بین عناصر اقلیمی، مقدار بارندگی، زمان شروع بارندگی و همچنین توزیع نرمال آن در طی سال برای کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به طوری که وقوع نوسان در هر یک از این موارد، باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به خصوص کشت دیم خواهد شد. خشکسالی برخلاف سایر مخاطرات به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. همچنین وقوع خشکسالی از نظر توزیع مکانی و زمانی از نظم خاصی پیروی نمی‌کند و چون تعیین دقیق زمان شروع آن کار مشکلی است، تا حدودی آن را یک پدیده و بلیه خزنده می‌دانند. کمک‌رسانی در هنگام وقوع این پدیده در مقایسه با سایر پدیده‌ها پیچیده‌تر و مشکل‌تر است (خالدی، ۱۳۸۰: ۴۸).

از جمله پیامدهای مهم خشکسالی، آسیب رساندن به ساختار اجتماعی و اقتصادی مناطق خسارت دیده از جمله روستاهایی است که وابسته به زمین و کشاورزی است و از مهم‌ترین پیامدهای آن مهاجرت روستاییان به شهرها است. در سال‌های اخیر، محققین علوم کشاورزی و اقلیم شناسی و علوم اجتماعی تحقیقات گسترده‌ای را در زمینه خشکسالی‌های هواشناسی و خشکسالی‌های کشاورزی و اثرات آن بر

مهاجرت روستایی انجام داده و با ارائه روش‌های مختلف سعی بر شناسایی و تبیین ارتباط این عوامل داشته‌اند.

از جمله مطالعات خشکسالی می‌توان به مطالعه کیانتاش و دراکوپ<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) اشاره کرد، ایشان بیان می‌دارند که بارندگی در شاخص‌های خشکسالی به تنهایی بیش از ۸۰ درصد تغییرات این شاخص‌ها را توصیف می‌کند (کیانتاش و دراکوپ، ۲۰۰۲: ۱۱۶۷). هوگوس و ساندرس<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) و سومز<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) ضمن تحقیقات خود بیان داشتند که در مناطق خشک و نیمه خشک که توزیع بارندگی به طور طبیعی فصلی است و نباریدن باران در برخی از فصل‌ها طبیعی است، در بعضی از فصل‌ها در سری زمانی تعداد بسیار زیادی صفر وجود خواهد داشت (هوگوس و ساندرس، ۲۰۰۲: ۱۵۷۱) (سومز، ۲۰۰۵: ۲۴۳). در زمینه خشکسالی، در ایران نیز مطالعات فراوانی انجام شده است که در این رابطه می‌توان به تحقیقات (زارع ایبانه، ۲۰۱۳: ۱۳۸۳)، (آقایی، ۲۰۱۳: ۶۰)، (فرج زاده، ۲۰۱۳: ۵۲) و (مریانجی، ۲۰۱۳: ۳۶) اشاره نمود.

از مطالعات اثرات عوامل اقلیمی بر عملکرد محصولات کشاورزی می‌توان موارد زیر را ذکر کرد: بال و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) در استان پنجاب هندوستان به کمک رگرسیون چندگانه از پارامترهای آب و هوایی به عنوان متغیرهای مستقل مدل آماری استفاده نمودند. آنها نشان دادند که ۶۹ درصد تغییرات عملکرد محصول گندم به دلیل تغییرات درجه حرارت حداقل روزانه است اسمیت و همکاران<sup>۵</sup> (۱۹۹۵). مشاهده کردند که عملکرد پیش بینی شده گندم در مرحله رشد ساقه ۴۶ درصد تغییرات عملکرد واقعی را توضیح داد، در حالی که عملکرد پیش بینی شده در مرحله گرده افشانی ۵۶ درصد این تغییرات را توضیح می‌دهد. بازگیر (۲۰۰۵) نشان داد که بیشترین همبستگی بین عملکرد گندم آبی با درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر، مقدار تجمعی واحدهای حرارتی آفتابی، مقدار تجمعی اختلاف درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه و مقدار تبخیر از تشت در شهرهای هوشیارپور و روپنر ایالت پنجاب هندوستان وجود دارد (بازگیر، ۲۰۰۵: ۱۲۸). در این مطالعه ثابت شد که ۶۱ درصد از تغییرات عملکرد محصول گندم به دلیل تغییرات پارامترهای مذکور بوده است.

عزیزی و یاراحمدی (۱۳۸۲) با در نظر گرفتن ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم، به ارائه مدل رگرسیونی بین متغیرهای فوق در دشت سیلاخور واقع در لرستان پرداختند. نتایج آنان نشان داد بین عملکرد گندم دیم و متغیرهای میزان بارش پائیزه و بهاره و همچنین تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال، ارتباط مستقیم وجود دارد، اما بین متغیرهای تعداد روزهای یخبندان بهاری و تأخیر در اولین بارش پائیزه، ارتباط معکوس برقرار است (عزیزی، ۲۰۱۳: ۲۴). حسینی (۱۳۸۶) از شبکه عصبی

<sup>۱</sup> Keyantash and Dracup

<sup>۲</sup> Lloyd-Hughes and Saunders

<sup>۳</sup> Sonmez

<sup>۴</sup> Bal

<sup>۵</sup> Smith

مصنوعی و مدل رگرسیونی چند متغیره به منظور پیش بینی عملکرد گندم براساس پارامترهای هواشناسی استفاده نمودند. نتایج آنان نشان داد در میزان تولید گندم در دشت قروه، مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه، خصوصاً در ماه‌های میانی و انتهایی رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (حسینی، ۱۳۸۶: ۵۴). بازگیر و کمالی (۱۳۸۷) با استفاده از متغیرهای مختلف هواشناسی و شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در شهرهای سنندج، قروه و بیجار اقدام به پیش بینی عملکرد گندم دیم نمودند. براساس این تحقیق در سنندج و قروه ۶۸ درصد، در کرمانشاه ۹۱ درصد و کنگاور ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد محصول گندم دیم، متأثر از تغییرات پارامترهای هواشناسی و شاخص‌های منتخب هواشناسی کشاورزی است (بازگیر، ۱۳۸۷: ۳۰). عزیزی و صفرخانی (۱۳۸۱) با مقایسه توزیع بارش‌های فصلی و میزان عملکرد گندم دیم در استان ایلام نشان دادند، توزیع نامناسب بارش در طول فصول سال و همچنین کاهش بارش سالیانه، موجب کاهش شدید عملکرد گندم دیم شده است (عزیزی، ۱۳۸۱: ۶۱).

مطالعه سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۱) حاکی از تأثیرپذیری قابل ملاحظه گندم از بارش‌های بهاره در مقایسه با سایر فصول بوده است. ریاحی و مومنی (۱۳۹۴) با مطالعه توان منابع آب زراعی نواحی روستایی شهرستان بوئین و میاندشت دریافتند بین بارش و میزان تولید محصولات کشاورزی در این ناحیه ارتباط مستقیم وجود دارد و نوسانات تولید در رابطه با نوسانات بارش روند تقریباً منظمی نشان می‌دهد که حکایت از فقدان سیستم‌های نوین آبیاری و تسلط کشت سنتی در ناحیه بوئین و میاندشت است. جمشیدی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از تحلیل عاملی مشخص نمودند که خشکسالی در شهرستان سیروان، بر اقتصاد کشاورزی به ترتیب در چهار زمینه مهم رکود تولید، افزایش بدهی کشاورزان، پیدایش فقر و تغییر در کشاورزی تأثیر داشته است.

از مطالعات اثرات خشکسالی بر اقتصاد کشاورزی و مهاجرت‌های روستایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: قنبری (۱۳۸۰) نشان می‌دهد که خشکسالی‌ها و کمبود شدید آب در مناطق گرمسیری و همچنین میان بند باعث ورود زود هنگام عشایر به مناطق سردسیری شده که این امر موجب چرای زودرس و در نهایت از بین رفتن مراتع شده است. کرباسی (۱۳۸۰) در بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی خشکسالی بر کشاورزی استان اصفهان نتیجه گرفته است که پدیده خشکسالی و افزایش گرمای هوا از یک طرف و همچنین وجود صنایع پر مصرف آبی در استان از طرف دیگر، موجب کاهش میزان آب قابل استحصال برای کشاورزی شده است. بر اساس نتایج مطالعه داورپناه (۱۳۸۶) چنانچه با تلفیق اقدامات اساسی و اقدامات انفعالی بتوان به یک طرح ملی منسجم دست یافت، آنگاه امکان کاهش آثار سوء متنوع و مختلف سیل و خشکسالی فراهم می‌گردد (داورپناه، ۱۳۸۶: ۸۳). تامسون و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) دستورالعملی در رابطه با روش‌های مقابله با ریسک خشکسالی ارائه داده‌اند. این راهنما یک فرآیند عملی گام به گام جهت تعیین

<sup>6</sup> Thompson

اقدامات عملی به منظور کاهش اثرات بالقوه مرتبط با خشکسالی در زمان پیش از وقوع حادثه ارائه می‌دهد. در همین راستا مرکز ملی کاهش اثرات خشکسالی آمریکا نیز در سال ۱۹۹۸ دستورالعملی به منظور آماده سازی برای مقابله با خشکسالی و کاهش اثرات آن تهیه نموده است. ارتباط سیاست‌های کلان تعدیل ساختاری بر فقر و خشکسالی در کشور زیمبابوه موضوع مهمی بود که مورد توجه مارکوئیت قرار گرفت و وی اظهار نموده که تعیین اثر برنامه‌های تعدیل ساختاری اقتصادی بر فقر، روشن نیست. با توجه به وقوع همزمان خشکسالی و فرآیند ادامه دار تعدیل‌ها در زیمبابوه، انعطاف پذیری دولت در اجرای این برنامه‌ها به همراه هماهنگی روش‌های مهار فقر توصیه شده است.

اگرچه مهاجرت یکی از پیامدهای خشکسالی قلمداد شده، اما شمار پژوهش‌های انجام شده در راستای تبیین اثرات مهاجرت‌های ناشی از خشکسالی و عملکرد پایین محصولات کشاورزی ناشی از آن اندک است. از این رو، پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از روش کمی و کیفی و داده‌های اسنادی مربوط به شهرستان‌های استان همدان، به بررسی فرآیند مهاجرت ناشی از خشکسالی و پایین بودن عملکرد محصولات زراعی (گندم دیم) در دهه ۹۰-۱۳۸۰ پرداخته است. در این نوشتار با استفاده از آمار ۲۱ساله بیست ایستگاه در سطح استان همدان به مطالعه شدت- مدت خشکسالی اخیر در فصول مختلف سال با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سپس به بررسی اثرات این خشکسالی‌ها در عملکرد محصول گندم دیم و رخدادهای مهاجرت در سطح هشت شهرستان استان همدان پرداخته شده است.

## ۲) مبانی نظری

خشکسالی پیامدهای زیادی دارد که بسیاری از بخش‌های اقتصادی را در بر گرفته است. این پیچیدگی به دلیل آن است که آب به عنوان رکن اساسی برای تولید کالاها و ارائه خدمات با کمبود مواجه می‌شود. اثرات خشکسالی به طور عادی به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. کاهش سطح زیرکشت و تولید محصولات زراعی، کاهش حاصلخیزی مراتع و جنگلها، افزایش آتش-سوزی‌ها، کاهش سطح آب، افزایش مرگ و میر دام‌ها نمونه‌هایی از اثرات مستقیم این پدیده بوده است. از سوی دیگر کاهش تولید و سطح زیرکشت محصولات زراعی می‌تواند منجر به کاهش درآمد کشاورزان و شاغلین این بخش گردد که به نحوی از پیامدهای اقتصادی و اجتماعی خشکسالی نیز محسوب می‌شود. در یک تقسیم‌بندی دیگر اثرات خشکسالی را می‌توان به اثرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی تقسیم نمود. به عنوان مثال کاهش درآمد کشاورزان اثر زنجیره‌ای به همراه دارد. این امر منجر به بیکاری، افزایش ریسک سرمایه‌گذاری برای مؤسسات مالی، کاهش سرمایه و کاهش درآمدهای مالیاتی برای دولت می‌گردد. اثرات اجتماعی خشکسالی عمدتاً شامل تأثیرات این پدیده بر سلامتی و کاهش کیفیت زندگی، امنیت عمومی، درگیری و رقابت بین مصرف

کنندگان آب و بی‌عدالتی‌های ناشی از گسترش اثرات خشکسالی است. بسیاری از اثراتی که به عنوان اثرات اقتصادی و محیطی شناخته می‌شوند نیز به طرز مشابه دارای جنبه‌های اجتماعی است. مهاجرت در بسیاری از کشورها یک مسئله قابل توجه است که گاهی با دردسترس بودن قابلیت‌های تأمین غذا و آب در سایر نقاط بر شدت آن افزوده می‌شود. مهاجرت معمولاً از مناطق آسیب دیده به مناطق شهری و یا به مناطق خارج از ناحیه خشکسالی انجام می‌شود. جریان مهاجرت حتی ممکن است به سوی کشورهای مهاجرپذیر باشد که در این صورت مشکلات مربوط به پناهندگان را نیز در پی خواهد داشت. با توجه به تأثیر مهم خشکسالی بر عملکرد محصول گندم دیم که کشت اصلی روستاییان منطقه است از یک طرف، و اثرات مخرب اجتماعی خشکسالی و اقتصاد آسیب دیده روستا که در نهایت منجر به مهاجرت می‌شود از طرف دیگر ضرورت بررسی تأثیرات متقابل این پدیده‌ها را بر روی یکدیگر ایجاب می‌کند (مختاری و صالح، ۱۳۸۶: ۹۹).

### ۳) روش تحقیق

در این مطالعه از آمار بارش ۲۰ ایستگاه مختلف هواشناسی استان همدان که دارای دوره مشترک آماری ۲۱ ساله (۱۳۷۰ الی ۱۳۹۰) بوده، استفاده گردید. بدین منظور، ابتدا داده‌های اولیه و خام که به صورت روزانه ثبت شده‌اند استخراج و سپس به منظور بررسی شدت‌های خشکسالی مورد تجزیه و تحلیل واقع شد. در این راستا مراحل ذیل انجام گردید:

۱. بررسی صحت داده‌ها و کنترل کیفیت آنها: قبل از انجام هر گونه محاسبه، به منظور بررسی صحت و همگنی داده‌ها آزمون همگنی یا ران تست انجام گردید. سال‌هایی که خلاء آماری داشته‌اند با نرم‌افزار Spss و با روش ضریب همبستگی بازسازی شده است.

۲. بررسی شاخص‌های آماری: پس از صحت‌سنجی داده‌ها، برخی شاخص‌های اولیه نظیر، میانگین پیراسته (میانگین مشاهدات بین چارک اول و سوم) و واریانس و انحراف معیار مورد بررسی قرار گرفتند. (عبدالله زاده، ۱۳۷۰: ۵۲).

۳. بررسی شاخص‌های ثانویه: به منظور تحلیل دقیق‌تر، مؤلفه‌هایی از قبیل تغییرپذیری داده‌ها استخراج گردید.

۴. میانبایی داده‌ها: به منظور بررسی توزیع مکانی خشکسالی‌ها (با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده به روش شاخص spi در سطح استان همدان) و همچنین مقدار همبستگی عملکرد گندم دیم با خشکسالی، با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به پهنه‌بندی مناطق آسیب‌دیده از خشکسالی شده و به روش کریجینگ میانبایی شد. این روش از این مزیت برخوردار است که شناسایی مرز میان نواحی را دقیق‌تر می‌کند. لازم به ذکر است نقشه‌ها بر اساس سیستم تصویر

مختصات جهانی (UTM)<sup>۱</sup> ترسیم شده اند. در این نقشه‌ها پراکنش شدت‌های مختلف خشکسالی فصلی و سالانه تعیین گردیده است که در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای می‌توان از آن استفاده کرد (شکل شماره (۲) تا شکل شماره (۷)).

۵. شاخص خشکسالی spi: برای مطالعه پراکندگی خشکسالی‌های استان از آمار ۲۱ ایستگاه هواشناسی استفاده شده است و با استفاده از روش شاخص spi خشکسالی‌های رخ داده در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شدت رتبه بندی گردیده است. این شاخص یکی از اصلی‌ترین شاخص‌های تعیین خشکسالی یک منطقه است. در ابتدا توزیع آماری مناسب بر آمار بلندمدت بارش برازش داده می‌شود، سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌شود به طوری که استاندارد شده متوسط آن برای مقطع دوره مورد نظر صفر می‌شود. که در این رابطه:

$$SPI_n = \frac{[p_0 + \sum(p_{-i}) - \mu_n]}{\delta_n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$n$  = تعداد ماه‌هایی که بارش تجمعی برای آن محاسبه شده

$p_0$  = مقدار بارش نرمال شده ماه بعد

$\mu_n$  = مقدار بارش تجمعی برای  $n$

$P_{-i}$  = مقدار بارش نرمال شده ماه قبل

$\delta_n$  = انحراف معیار برای ماه‌ها

در این شاخص میانگین و انحراف معیار این عامل برابر صفر و یک است و بنابراین از نظر مقایسه‌ای بین ایستگاه‌های مختلف می‌تواند کاربرد زیادی داشته باشد.

۶. بررسی همبستگی و رگرسیون چند متغیره:

به منظور بررسی و آشکارسازی تأثیرات خشکسالی بر عملکرد محصول گندم دیم و مهاجرت از همبستگی استاندارد و رگرسیون سه متغیره استفاده شده است. (روابط ۴-۲) که ارتباط مهاجرت و تغییر پذیری آن را با خشکسالی و میزان محصول نشان می‌دهد (کرلینجر، ۱۳۶۶: ۶۰).

رابطه (۲)

$$r_{xy} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{(\sum(X_i - \bar{X})^2) \sqrt{(\sum(Y_i - \bar{Y})^2)}}$$

در این مدل  $X$  به عنوان متغیر مستقل و  $Y$  به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. ضریب به دست آمده به صورت  $-1 \leq r \leq +1$  خواهد بود. هر چه  $r$  محاسبه شده (بدون در نظر گرفتن علامت) به یک

<sup>۱</sup> Universal Transverse Mercator

نزدیک‌تر باشد، رابطه قوی‌تر است. علامت منفی و مثبت نیز به ترتیب رابطه معکوس و مستقیم را نشان می‌دهند. همبستگی بین دو متغیر X و Y منفک از متغیر سوم Z توسط  $r_{xy.z}$  نشان داده می‌شود. به عبارت دیگر،  $r_{xy.z}$  همبستگی بین متغیرهای X و Y در یک گروه است، در حالی که متغیر Z در آن گروه ثابت نگه داشته شده باشد.  $r_{xy.z}$  به شکل زیر محاسبه می‌گردد (همان منبع):

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{1-r_{xz}^2}\sqrt{1-r_{yz}^2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

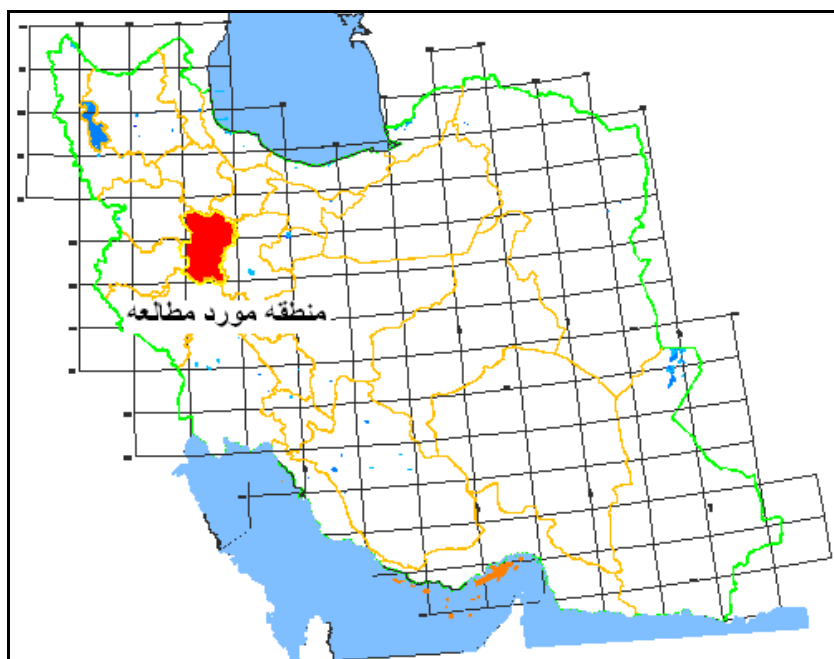
از تکنیک تحلیل همبستگی برای ارائه رابطه بین خشکسالی و عملکرد گندم و مهاجرت استفاده شده است. در رگرسیون سه متغیره‌ی به جای خط یک سطح از وسط داده‌ها عبور می‌کند این سطح در فضای سه برداری نمایش داده می‌شود که در آن بردارهای X1 و X2 متغیرهای مستقل و Y متغیر وابسته است. رگرسیون سه متغیره را به صورت زیر نمایش می‌دهند (همان منبع).

$$\hat{y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این مدل a عرض از مبدأ است اگر مقیاس ارزش‌های X1، X2 و X3 همانند یا تقریباً همانند باشند، در آن صورت ضرایب b تقریباً اهمیت نسبی متغیرهای مختلف را در پیش بینی y نشان می‌دهد. ضریب رگرسیون به صورت ظاهری مبین تغییری است که در متغیر وابسته به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل ایجاد می‌شود (همان منبع).

استان همدان، یکی از نواحی کوهستانی در غرب کشور است که درحد فاصل عرض جغرافیایی ۳۳°۳۳' تا ۳۵°۳۸' شمالی و ۴۷°۴۵' تا ۴۹°۳۶' طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته، مساحت آن در حدود ۱۹۵۴۵/۸۲ کیلومترمربع است (شکل شماره ۱).



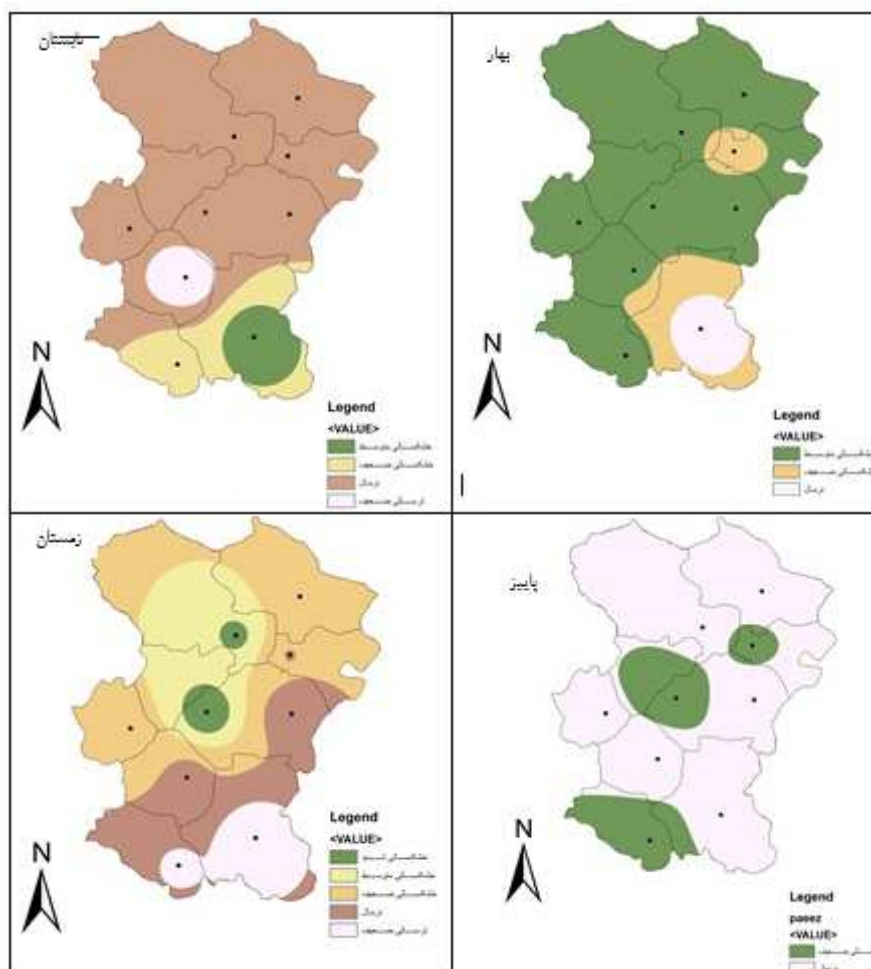


شکل شماره (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

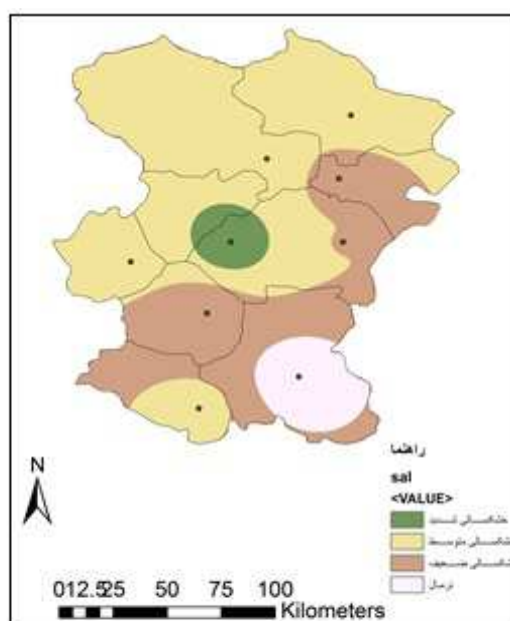
#### ۴) یافته‌های تحقیق

##### ۴-۱) خشکسالی در استان همدان

در مطالعه پراکندگی خشکسالی های یک منطقه ممکن است منطقه مورد مطالعه در طول یک دوره زمانی مشخص درگیر خشکسالی شود و لیکن شدت و تداوم در هر یک از این محدوده های منطقه یکسان نباشد به همین خاطر باید منطقه ها از لحاظ شدت خشکسالی و یا دوره تداوم آن به محدوده های با شدت یکسان تفکیک گردد (شکل شماره ۲-۳). بر اساس پراکنش شدت های مختلف خشکسالی فصلی در فصل بهار در اکثر مناطق استان خشکسالی متوسط دیده می شود، تنها در حاشیه جنوب شرق وضعیت بارش نرمال است. در تابستان و پاییز به غیر از مناطق محدودی از جنوب وضعیت بارش استان نرمال است اما در زمستان که فصل ریزش های جوی در این منطقه محسوب می شود در قسمت اعظم مناطق مرکزی و شمالی خشکسالی متوسط تا شدید دیده می شود. در نقشه سالانه نیز در اکثر مناطق استان خشکسالی ضعیف تا متوسط دیده می شود و بیشتر مناطق نیمه شمالی از خشکسالی های متوسط خسارت دیده است.



شکل شماره (۲): نقشه شدت های خشکسالی فصلی در دهه هشتاد (۹۰-۱۳۸۰) در استان همدان  
 منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.



شکل شماره (۳): نقشه شدت های خشکسالی سالانه در دهه هشتاد (۹۰-۱۳۸۰) در استان همدان  
 منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.

## ۲-۴) اثرات خشکسالی بر تولید گندم دیم

با توجه به تأثیر مهم خشکسالی بر عملکرد محصول گندم، اثر خشکسالی در بازه‌های فصلی و ۶ ماهه و سالانه بر عملکرد گندم دیم بررسی شده است. در بررسی اثرات این خشکسالی‌ها در عملکرد محصول گندم دیم در سطح هشت شهرستان استان همدان چنین استنباط می‌شود که در سطح استان خشکسالی فصل پاییز بیشترین تأثیر را بر عملکرد گندم دیم دارد. بعد از فصل پاییز، فصل بهار دومین فصل است که خشکسالی در آن باعث کاهش عملکرد محصول می‌گردد. کاهش شاخص SPI که نشان دهنده شدت خشکسالی است باعث کاهش عملکرد گندم دیم (تن در هکتار) می‌گردد و همبستگی به صورت مثبت و مستقیم است.

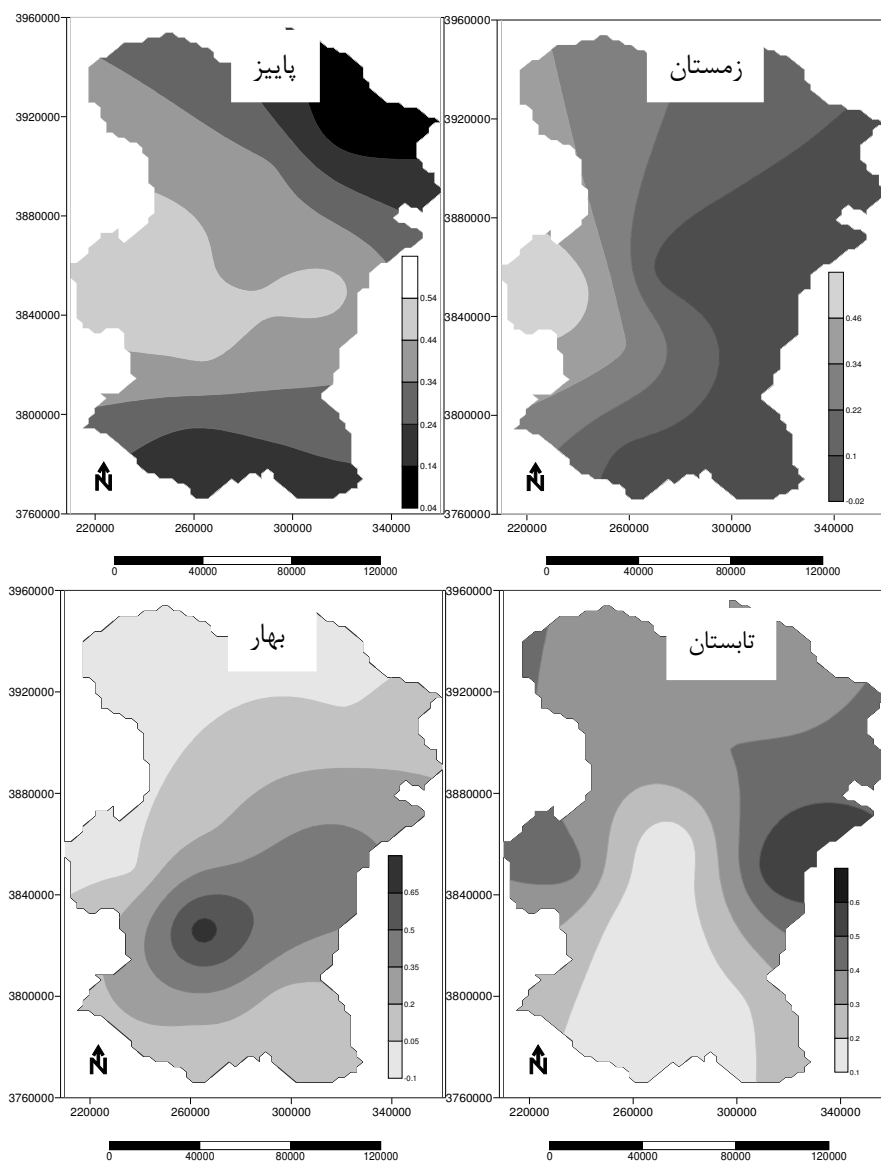
بر اساس شکل شماره ۴ در فصل پاییز در دامنه شمالی و جنوبی کوهستان الوند و غرب استان بیشترین اثر خشکسالی بر عملکرد گندم دیم دیده می‌شود. بر اساس جدول شماره ۱ میزان همبستگی در شهرستان اسدآباد به ۰/۵۳ نیز می‌رسد. خشکسالی فصل زمستان نیز در غرب استان بیشترین اثر را بر کاهش عملکرد گندم خصوصاً در شهرستانهای اسدآباد و تویسرکان دارد. به نظر می‌رسد خشکسالی های فصل بهار بیشتر در مناطق مرکزی استان مانند تویسرکان و فامنین بر عملکرد گندم دیم تأثیر مخرب گذاشته است.

میزان تأثیر خشکسالی تابستانه بر عملکرد گندم تقریباً در اکثر نقاط استان ناچیز و قابل چشم پوشی است. بر اساس نقشه های ۶ ماهه (از ابتدای فصل پاییز تا انتهای زمستان که فصل بارش در استان قلمداد می‌گردد) و نقشه سالانه، مناطق مرکزی بیشترین خسارات را از خشکسالی در محصولات دیم (گندم) داشته اند. شکل‌های شماره ۴ و ۵ میزان همبستگی شاخص خشکسالی SPI را با گندم دیم در فصول مختلف سال، ۶ ماهه و سالانه نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱): میزان همبستگی شاخص خشکسالی spi با عملکرد گندم دیم در استان همدان

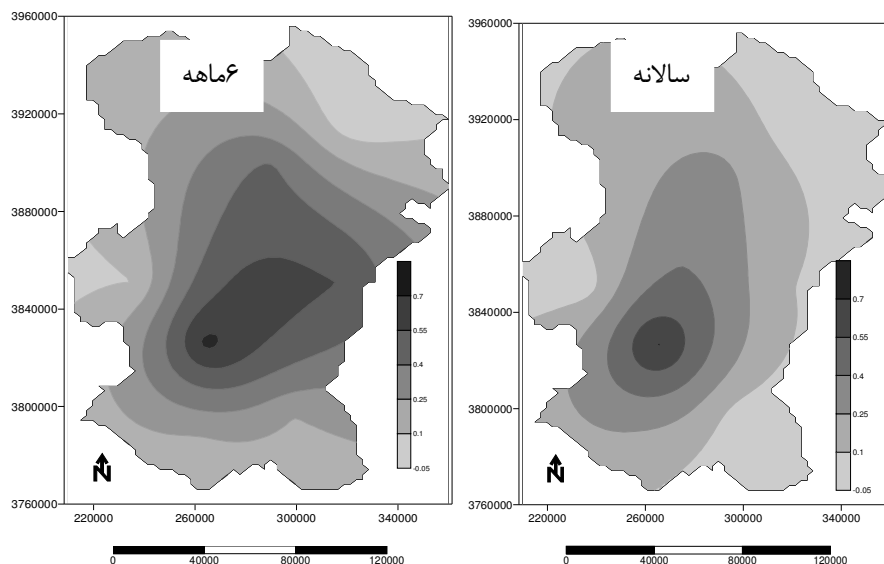
سالانه	۶ ماهه اول سال آبی	فصل تابستان	فصل بهار	فصل زمستان	فصل پاییز	
۰/۴	۰/۴۸	۰/۱	۰/۲۵	۰/۰۳۷	۰/۴۲	همدان
۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۱۴	نهادوند
۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۱	۰/۷۳	۰/۳۲	۰/۴۷	تویسرکان
۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۴	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۳۷	نوزه
۰/۰۳	۰/۲	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۲۷	ملایر
۰/۰۵	۰/۱	۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۵۵	۰/۵۳	اسدآباد
۰/۱۳	۰/۵	۰/۶	۰/۴۷	۰/۰۵	۰/۴۷	فامنین
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۵	رزن

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.



شکل شماره (۴): نقشه میزان همبستگی شاخص خشکسالی  $spi$  با عملکرد گندم در فصول مختلف سال در دهه هشتاد (۹۰-۱۳۸۰) در استان همدان

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.



شکل شماره (۵) : نقشه میزان همبستگی شاخص خشکسالی سالانه spi با عملکرد گندم دیم در دهه هشتاد (۹۰-)

در استان همدان (۱۳۸۰)

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.

### ۳-۴) همبستگی میان خشکسالی و عملکرد محصول گندم با مهاجرت روستایی

برای توضیح روابط خشکسالی با عملکرد گندم دیم و مهاجرت روستایی همبستگی منفرد و رگرسیون سه متغیره، ضریب تعیین محاسبه شده است که ارتباط خشکسالی را با فراسنج های عملکرد و مهاجرت نشان می دهد. مقدار ضریب تعیین بیانگر این واقعیت است که بیش از ۴۰ درصد از علل پدیده مهاجرت با دو عامل خشکسالی و میزان عملکرد گندم قابل تبیین است. همان طور که در رگرسیون سه متغیره میزان مهاجرت روستایی استان با دو عامل خشکسالی و میزان عملکرد گندم دیده می شود، بزرگترین ضریب محاسبه شده در این رگرسیون مربوط به شاخص خشکسالی (y) است. این مسئله نشان می دهد که خشکسالی نقش برجسته ای در مهاجرت ایفا می کند. از آنجا که مقادیر منفی و پایین تر شاخص spi نمایانگر خشکسالی شدید است، در رابطه با پدیده مهاجرت به صورت منفی و معکوس ظاهر شده است یعنی با کاهش شاخص SPI (افزایش میزان خشکسالی) مهاجرت زیاد می شود. میزان ضریب همبستگی مهاجرت با عملکرد گندم کمتر از شاخص خشکسالی است، این بدان معنا است که خشکسالی با تأثیر بر عوامل دیگر غیر از محصول کشاورزی (مانند: کمبود منابع آب و محیط زیست) بر این عامل تأثیر بیشتری دارد. یافته های ضریب همبستگی که در جدول شماره ۲ آمده، بیانگر این است که خشکسالی از طریق کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، موجب ناپایداری اقتصاد روستایی در این استان شده است. نتایج جدول شماره ۳ که جمعیت نقاط روستایی استان همدان را در آغاز و پایان دوره خشکسالی مورد مطالعه نشان می دهد، دلیلی بر تأیید این پدیده است. بر این اساس تغییرات جمعیت هر منطقه در طی زمان برآیندی از متغیرهای مرگ و میر، ولادت، مهاجرت به داخل و خارج است. بر اساس تخمین، برآورد

رشد جمعیت استان همدان طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۰ برابر با (۰/۴۲) بوده است. در حالی که طی همین دوره رشد جمعیت در مناطق روستایی (۱/۰۴-) برآورد شده است. دلتای این دو مقدار بیانگر سهم کاهشی سکونتگاه‌های روستایی در جذب و حتی تثبیت جمعیت است. بر اساس جدول شماره ۳ بالاترین میزان نرخ رشد منفی جمعیت روستایی در شهرستان‌های تویسرکان (۲/۵-) و همدان (۲/۴۵-) و کمترین میزان آن در شهرستان بهار (۰/۲۸-) رخ داده است.

جدول شماره (۲): همبستگی مهاجرت با دو عامل خشکسالی و میزان عملکرد گندم و معادله خط مربوط

سال	عوامل	ضریب همبستگی منفرد	رگرسیون سه متغیره	ضریب تعیین
۱۳۸۰-۸۵	خشکسالی	-۰/۶۴	$R = 1649 - 116x - 0.37 Y$	۰/۴
	عملکرد گندم	-۰/۰۳		
۱۳۸۶-۹۰	خشکسالی	-۰/۲۸	$R = 3309 - 283x - 0.52 Y$	۰/۱
	عملکرد گندم	-۰/۰۶		

$R$ =مهاجرت  $y$ =شاخص خشکسالی  $x$ =عملکرد گندم

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴.

جدول شماره (۳): جمعیت نقاط روستایی محدوده مورد مطالعه در آغاز و پایان دهه مورد بررسی

شهرستان	جمعیت ۱۳۸۰	جمعیت ۱۳۹۰	نرخ رشد	تفاضل
همدان	۱۳۱۸۰۵	۱۰۳۴۴۳	-۲/۴۵	-۲۸۳۶۲
نهادند	۱۰۴۰۵۹	۹۰۳۱۸	-۱/۴۳	-۱۳۷۴۱
تویسرکان	۶۸۲۲۷	۵۳۲۷۸	-۲/۵	-۱۴۹۴۹
کبودراهنگ	۱۲۶۰۱۸	۱۱۷۰۷۰	-۰/۷۴	-۸۹۴۸
ملایر	۱۳۳۱۲۶	۱۱۱۲۳۴	-۱/۸۱	-۲۱۸۹۲
اسدآباد	۵۷۷۳۳	۵۱۵۰۴	-۱/۱۵	-۶۲۲۹
رزن	۹۷۶۷۸	۸۸۷۱۲	-۰/۹۷	-۸۹۶۶
بهار	۷۵۲۰۶	۷۳۱۰۳	-۰/۲۸	-۲۱۰۳

منبع: سالنامه آماری استان همدان، ۱۳۹۰.

## (۵) نتیجه‌گیری

اقتصاد روستاهای استان همدان متکی به توان‌های محیطی است. تغییرات شرایط محیطی تأثیرات زیادی بر کیفیت و کمیت عرصه‌های اشتغال و معیشت روستاییان می‌گذارد. این امر نیز به نوبه خود در میزان درآمدها و در نهایت بر تعداد جمعیت روستایی مؤثر است. تکانه‌های جمعیتی در روستاها، دارای پیامدهایی برای سکونتگاه‌های روستایی و مجتمع‌های زیستی شهری است. به گونه‌ای که با از دست

دادن منابع و همچنین نیروی مولد روستاها، این مناطق دچار ضعف و چالش شده و از طرفی با هجوم و سرریز شدن مهاجرین روستایی به شهرها، ناکارآمدی سیستم مدیریت شهری را به دنبال داشته چراکه شهرها به ناچار امکانات کمتری را در اختیار جمعیت بیشتری قرار می‌دهند.

خشکسالی به عنوان یک پدیده موقت هر چند سال یکبار در منطقه حادث می‌شود و در نتیجه مشکلات خاص این مناطق را حادث می‌نماید. از جمله مشکلات ناشی از آن پایین آمدن عملکرد محصولات کشاورزی مخصوصاً محصولات دیم و بالطبع پایین آمدن سطح درآمد روستاییان، تشدید فقر و در نهایت مهاجرت آنها به شهرها است. در این تحقیق ابتدا شدت خشکسالی های فصلی و سالانه در دهه ۸۰ شمسی بررسی و سپس اثر رخداد آن بر پایین آمدن عملکرد محصولات کشاورزی و پدیده مهاجرت مطالعه گردید. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات فوق در نقشه سالانه دشت‌های شمالی استان از خشکسالی‌های متوسط خسارت دیده است. در فصل پاییز و بهار که از نظر کشاورزی فصل ریزش بارش مؤثر برای محصولات دیم است در اکثر مناطق استان خشکسالی متوسط دیده می‌شود و این منجر به کاهش عملکرد گندم می‌شود، به طوری که در این دو فصل بیشترین میزان همبستگی منفرد شاخص خشکسالی با عملکرد گندم حادث شده است. این ارتباط بیشتر در مناطق کوهستانی مرکز استان که بارش بی‌نظمی زیادی دارد ملاحظه می‌شود.

یافته‌ها نشان می‌دهد بیش از ۴۰ درصد از علل پدیده مهاجرت با دو عامل خشکسالی و میزان عملکرد گندم قابل تبیین است. بیشترین ضریب محاسبه شده در رگرسیون سه متغیره مربوط به شاخص خشکسالی است. این مسئله نشان می‌دهد که خشکسالی در پنج سال اول دهه هشتاد شمسی تا ۶۴ درصد در مهاجرت اثر گذاشته است (با افزایش میزان خشکسالی مهاجرت زیاد می‌شود). میزان ضریب همبستگی مهاجرت با عملکرد گندم کمتر از شاخص خشکسالی است و این بدان معنا است که عامل خشکسالی علاوه بر پایین آوردن عملکرد محصول استراتژیک گندم (مهم‌ترین محصول کشاورزی استان) باعث تشدید بلایای دیگر از جمله کاهش شدید آب‌های زیر زمینی، شوری آب و اراضی زراعی، هجوم آفات و بیماری‌های گیاهی، وخیم ساختن اوضاع چاه‌ها در منطقه گشته، به طوری که به شدت باعث از بین رفتن سفره‌های آبی زیر زمینی در منطقه شده است؛ که تمامی آنها موجب مهاجرت دائمی خانوارهای روستایی می‌شوند. علی‌رغم رویارویی مهاجران با دشواری‌های اقتصادی، عاطفی و اجتماعی مهاجرت، این پدیده همچنان یک راهبرد سودمند قلمداد می‌شود. در مواقع خشکسالی سیمای روستاهای منطقه حادث شده و شرایط اقتصادی-اجتماعی روستا حادث می‌شود. تغییرات (موقت) شغلی آثار اجتماعی و فرهنگی مخرب برجا می‌گذارد که نتیجه آن مهاجرت گسترده روستاییان آسیب دیده به شهر است. به لحاظ گستردگی دامنه بحران خشکسالی و رشد جمعیت، مقابله با خشکسالی به یک برنامه‌ریزی دقیق

نیاز دارد. چرا که به طور کلی برخلاف بلایای کوتاه مدت مانند زلزله و طوفان، بلایای درازمدت نظیر خشکسالی معمولاً واکنش‌های فوری چه در داخل و چه در خارج از کشور را بر نمی‌انگیزد.

## ۶) منابع

- آقائی هاشجین، هوشنگ (۱۳۸۴)، تحلیل و بر آورد خشکسالی شهر اردبیل، اداره کل هواشناسی استان اردبیل.
- بازگیر، سعید، کمالی، غلامعلی (۱۳۸۷)، پیش بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شاخص های هواشناسی کشاورزی در برخی از مناطق غرب کشور، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره دوم، ۳۰-۴۳.
- جمشیدی، معصومه، نوری، سید هدایت الله، صیدایی، سید اسکندر و داریوش رحیمی، (۱۳۹۴)، اثرات خشکسالی بر اقتصاد نواحی روستایی شهرستانهای سیروان و چرداول، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، پیاپی ۱۳، شماره ۳، صص ۱۷-۱.
- حسینی، سید محمد، سی و سه مرده، علی (۱۳۸۶)، کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در بر آورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان، پژوهش کشاورزی، آب و خاک و گیاه، جلد هفتم، شماره اول، ۴۱-۵۴.
- خالدی، شهریار (۱۳۸۰)، بلایای طبیعی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- داورپناه، غلام رضا (۱۳۸۰)، بررسی مهمترین اثرات اقتصادی و اجتماعی سیل و خشکسالی و روشهای کمک دولت در کاهش این تأثیرات، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، زابل، ۹۳-۸۳.
- ریاحی، وحید، مومنی، حسن (۱۳۹۴)، تحلیل توان منابع آب زراعی در نواحی روستایی شهرستان بوئین و میاندهشت، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، پیاپی ۱۳، شماره ۳، صص ۱۷۱-۱۵۳.
- زارع ابیانه، حمید، محبوبی، علی اکبر (۱۳۸۳)، بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص های آماری خشکسالی، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۴، ۲۰-۳۶.
- سالنامه آماری استان همدان، (۱۳۹۰)، استانداری همدان.
- سبزی پرور، علی اکبر، ترکمان، مجتبی، مریانجی، زهره (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر شاخص ها و متغیر های هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه گندم مطالعه موردی استان همدان، نشریه آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند، صص ۱۵۶۷-۱۵۵۴.
- عبدالله زاده، کاوه، عبدالله زاده، یحیی (۱۳۷۹)، مفاهیم کاربردی آمار و احتمالات، انتشارات آیپژ.
- عزیز، قاسم، صفرخانی، عزت (۱۳۸۱)، ارزیابی خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد گندم دیم در استان ایلام با تاکید بر خشکسالیهای اخیر، دوره ۶، شماره ۲، ۶۷-۷۶.



- عزیزی، قاسم و یاراحمدی، داریوش (۱۳۸۲)، بررسی ارتباط پارامتر های اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی مطالعه موردی دشت سیلاخور، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۲۹، ۴۴-۲۹. ۲۳.
- علیزاده، امین (۱۳۸۳)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ هفدهم، ۸۱۵ صفحه.
- فرج زاده، منوچهر (۱۳۸۰)، خشکسالی و روش های مطالعه آن، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۳۲.
- فرج زاده، منوچهر، موحد دانش، علی اصغر و هوشنگ قائمی (۱۳۶۹)، خشکسالی در ایران با استفاده از برخی شاخص های آماری، دانش کشاورزی، ۵ (۱ و ۲): ۳۰-۵۲.
- قنبری، یدالله (۱۳۸۰)، اثرات اقتصادی و اجتماعی خشکسالی بر عشایر ایل قشقایی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، زابل. ۱۷۶-۱۶۸.
- کرباسی، پرویز (۱۳۸۰)، اثرات اقتصادی و اجتماعی خشکسالی بر کشاورزی استان اصفهان، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، زابل. ۱۴۰-۱۳۰.
- کرلینجر، فردان و پدهازور، الازار، جی، ترجمه یرایی، حسن (۱۳۶۶)، رگرسیون چند متغیره در پژوهش رفتاری، تهران، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.
- مختاری، داریوش، صالح، ایرج (۱۳۸۶)، تحلیل ابعاد اقتصادی و اجتماعی خشکسالی و آثار آن بر خانوارهای روستایی در منطقه سیستان، مجله علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، جلد ۳، شماره ۱، صص ۹۹-۱۱۴.
- مریانجی، زهره (۱۳۸۳)، بررسی توزیع مکانی و زمانی خشکسالی های رخ داده در استان همدان، نشریه سپهر، شماره ۳۶، ۴۶-۳۰.
- Bal S.K., Mukherjee J., Mallick K., and Hundal S.S. (2004). **Wheat yield forecasting models for Ludhiana district of Punjab state**. J. Agromet. 6: 161-165.
- Bazgeer S.(2005). **Land use change analysis in the sub mountainous region of Punjab using remote sensing, GIS agro-meteorological parameters**. Ph.D. Dissertation, Punjab Agricultural University (PAU), Ludhiana, India. 128p.
- Keyantash J., and Dracup J.A. (2002). **The Quantification of Drought Indices, American Metrological Society**, 83 (8):1167-1180.
- Lloyd-Hughes B., Saunders M.A. (2002). **A drought climatology for Europe**. International Journal of Climatology, 22: 1571-1592.
- Marquette, C. M. (1997), **Current poverty, structural adjustment and drought in Zimbabwe**, World Development, 25 (7): 1141-1149.
- Sonmez F.K., Komuscu A.U., Erkan A., and Turgu E., (2005). **An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index**. Natural Hazards, 35: 243-264.

- Smith R.C.G., Adams J., Stephens D.J. and Hick P.T. (1995). **Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite**. Australian Journal of Agriculture Research, 46(1):113-125.
- Thompson, D. and Powell, R. (1998), **Exceptional circumstances provisions in Australia**, is there too much emphasis on drought, Agricultural Systems, 57 (3): 469-488.