

تحلیل مکانی و ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در مناطق خشک، مطالعه موردی: حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد

محمداکرامی^۱، رسول مهدوی^{۲*}، مرضیه رضایی^۳، حسن وقار فرد^۴ و جلال برخوردار^۵

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری-گرایش آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ^۲ دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ^۳ استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ^۴ استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷

چکیده

در دهه‌های اخیر از میان حوادث طبیعی، فراوانی پدیده خشکسالی کشاورزی بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است. بهترین روش مدیریت خشکسالی، مدیریت جامع‌نگر خشکسالی می‌باشد. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل مکانی خشکسالی کشاورزی در حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد بوده است. در این پژوهش، ابتدا پارامترهای تاثیرگذار در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی منطقه، تبدیل به لایه‌های اطلاعاتی شد و پس از وزن‌دهی لایه‌ها از لحاظ اهمیت در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تلفیق و نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی منطقه مطالعاتی تهیه شد. همچنین، به منظور کنترل، پایش و دقت‌سنجی نقشه نهایی، از مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی نیز کمک گرفته شد. نتایج نشان داد، بیشترین وزن پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی مربوط به پارامتر بارش که مقدار آن برابر با ۰/۳۱ و کمترین وزن مربوط به پارامتر جهت شیب با مقدار ۰/۰۵ است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی مربوط به مناطق سانچ، دره‌شیر، دره‌سیر، اشکفت، مورک و ... می‌باشد. این مناطق که از نظر ژئومورفولوژی جزء مناطق مرتفع و کوهستانی به شمار می‌روند، نسبت به مناطق دشتی، به دلیل عمق کم رسوبات، بافت خاک درشت‌دانه‌تر و هوابین بودن منابع آبی (قنوات)، عمدتاً آسیب‌پذیری آن‌ها نسبت به وقوع خشکسالی، شدیدتر و از نظر زمانی سریع‌تر و به عبارتی در کوتاه‌مدت دچار خسارات متعددی می‌شوند. در حالی که مناطقی نظیر اسلامیه، نصرآباد، مزرعه‌آخوند، همت‌آباد و ... در درجه پائین‌تری از آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی قرار دارند. نتایج، حاکی از آن است که میزان آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی برآوردشده در نقشه نهایی، همسو با یافته‌های مطالعات میدانی صورت گرفته می‌باشد. لذا، نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی، از دقت و صحت قابل قبول و مطلوبی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدیریت جامع‌نگر، مدیریت خشکسالی، GIS، MCDM

مقدمه

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی و حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه، بسیاری به اشتباه، آن را واقعه‌ای طبیعی و نادر می‌پندارند، این پدیده در واقع از ویژگی‌های اصلی و تکرار شونده اقلیم‌های متفاوت به‌شمار می‌آید (Dracup, ۱۹۸۰). بر خلاف خشکی که پدیده دائمی اقلیمی است، خشکسالی در مناطق خشک و مرطوب نیز رخ می‌دهد و حالتی طبیعی از اقلیم است (Bordi و همکاران، ۲۰۰۴). امروزه در جهان، تصمیم‌گیران، روش‌های متعددی را برای سازگاری و کاهش خسارات بلایای طبیعی از جمله خشکسالی دنبال می‌کنند و پیشنهاد می‌دهند که در مدیریت خشکسالی با نگاه مدیریت ریسک به مسئله نگرینده شود و در کنار آن تلفیقی از مدیریت بحران و ریسک در مواقع مختلف به‌صورت توأمان به‌کار رود (Vanyarkho و Wilhite, ۲۰۰۰). به‌طور کلی، لازمه سامانه مدیریتی جامع‌نگر خشکسالی، داشتن اطلاعات کافی از قسمت‌های مختلف در سطح منطقه و شناخت کافی از خطرها و اثرات زیان‌بار خشکسالی و همچنین، میزان آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی است، تا واکنش‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسبی در جهت کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از خشکسالی صورت گیرد (Fatehi Marj و Hosseini Hossein Abadi, ۲۰۱۲). در میان این کشورها، آمریکا در این زمینه، پیشرو بوده، کشورهایی چون استرالیا و آفریقای جنوبی و اتحادیه اروپا و موسسات وابسته به سازمان ملل متحد به‌عنوان سازمان‌های غیردولتی در آسیا و آفریقا، در این زمینه، فعالیت‌های قابل ملاحظه‌ای انجام داده‌اند (Arshad و همکاران، ۲۰۰۸). مرکز مدیریت خشکسالی جنوب شرق اروپا در سال ۲۰۱۲ پژوهشی در زمینه بررسی راهکارها و سیاست‌گذاری‌های خطرات و آسیب‌پذیری‌های خشکسالی، انجام داد و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی کشورهای مجارستان، کرواسی، یونان، جمهوری مقدونیه، صربستان و مونته‌نگرو را تهیه نمود (Andrea Moring و همکاران، ۲۰۱۲). نقشه مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی کشور اسلوانی به‌وسیله Maja Slejko و همکاران (۲۰۱۰) تهیه شد که در این پژوهش، تمامی عملیات

در محیط نرم‌افزاری ArcGIS صورت گرفت. در حوضه سونار کشور هندوستان Pandey و همکاران (۲۰۰۸)، نقشه مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی را تهیه کردند، این مطالعه به‌منظور تکامل یک روش برای ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی در دامنه زمانی و مکانی، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. در نبراسکای ایالات متحده آمریکا Wilhite و Wilhelmi (۲۰۰۲) به بررسی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی پرداختند. در این پژوهش، پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی به دو دسته اصلی عوامل بیوفیزیکی و اجتماعی انتخاب شد که پارامترهای بیوفیزیکی و اجتماعی به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تهیه شد. در ایران، تحقیقی در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی به‌وسیله Ekrami و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد. در این پژوهش به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در محدوده مرز سیاسی شهرستان تفت استان یزد تهیه شد. تحقیقی در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی در منطقه مرکزی الجزیره EL HODNA به مساحت ۱۲۰۰ کیلومتر مربع، به‌وسیله Boultif و Benmessauoud (۲۰۱۷) صورت گرفت. در این پژوهش، از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چند معیار (فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی) استفاده شده است. نتایج نشان داد که ۳۵ درصد از منطقه مورد مطالعه بسیار آسیب‌پذیر، ۳۲ درصد آسیب‌پذیر، ۱۹ درصد به‌طور بالقوه آسیب‌پذیر و تنها ۱۱ درصد از سطح منطقه دارای آسیب‌پذیری کمتری است. در کشور ترکیه به‌وسیله Dabanlia (۲۰۱۸)، پژوهشی در زمینه ارزیابی خطر خشکسالی انجام شد. در این پژوهش، از داده‌های هیدرواقلیم و اقتصادی استان‌های کشور ترکیه به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری و خطر خشکسالی استفاده شده است. نتایج، حاکی از آن است که نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی می‌تواند به‌ذی‌نفعان کمک کند تا مناطق آسیب‌پذیر در برابر خشکسالی را شناسایی کنند و از این طریق به آن‌ها کمک کنند.

شود. در این راستا، استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند منجر به نتایج دقیق‌تر و واقعی‌تری شود. در پژوهش حاضر، ابتدا با توجه به قابلیت اطمینان و در دسترس بودن داده‌ها در استان یزد، استخراج پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی هم‌سو با مطالعات Maja Slejko و همکاران (۲۰۱۰)، Andrea و همکاران (۲۰۱۲) و Ekrami و همکاران (۲۰۱۵) انجام شده است. با این تفاوت که در روش علمی تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری پارامترهای موثر، نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی و مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی، با اعمال تغییرات و اصلاحاتی بر اساس ویژگی‌های منطقه‌ای، سعی در بالابردن کیفیت علمی و افزایش دقت نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی نسبت به واقعیت‌های طبیعی آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی، در مواجهه با پدیده خشکسالی شده است که در ادامه به تفصیل اشاره شده است. در مرحله بعد داده‌های مربوط به پارامترهای موثر بر آسیب‌پذیری خشکسالی منطقه جمع‌آوری و تهیه شد. داده‌های اولیه و پایه پژوهش، شامل آمار بارش بلندمدت در طول دوره آماری (۹۵-۱۳۷۵) از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی موجود در منطقه مطالعاتی وابسته به سازمان هواشناسی و آمار آبدهی قنوت و تبخیر ماهانه از شرکت آب منطقه‌ای استان یزد اخذ شد. همچنین، نقشه توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM SRTM) از سازمان جغرافیایی کشور، نقشه سازندها از سازمان زمین‌شناسی و نقشه قابلیت اراضی از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. پس از آن، داده‌های اولیه در سامانه اطلاعات جغرافیایی به لایه‌های اطلاعاتی و یا همان نقشه‌های آسیب‌پذیری تبدیل شد که برای هر کدام از این لایه‌ها، طبقه‌بندی‌های مربوطه صورت گرفت. سپس، هر کدام از نقشه‌های آسیب‌پذیری ایجاد شده، به لحاظ اهمیت آن‌ها در آسیب‌پذیری خشکسالی، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن‌دهی شد و وزن‌های به‌دست آمده، در سامانه اطلاعات جغرافیایی به هر کدام از نقشه‌ها اعمال شد. در پایان، بعد از تلفیق این لایه‌ها، نقشه نهایی آسیب‌پذیری ناشی از

ویژگی‌های آسیب‌پذیری خشکسالی و ارزیابی ریسک جنوب غربی چین به‌وسیله Jiang و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه، ضمن ارزیابی خشکسالی، جنبه آسیب‌پذیری را مد نظر قرار داده، از شاخص استاندارد بارندگی (SPI) به‌عنوان شاخص ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی استفاده شده است. امروزه، ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی به اندازه‌ای در جهان اهمیت و ضرورت داشته است که بیشتر کشورهای اروپایی، ایالات متحده آمریکا و آفریقا و برخی از کشورهای آسیایی این موضوع را مد نظر قرار داده‌اند و اقدامات عملی مناسبی در این راستا انجام داده‌اند. در ایران نیز، اهمیت این موضوع به‌خوبی درک شده به‌نحوی که در سیاست‌های کلان مدیریت خطرپذیری خشکسالی کشور، پهنه‌بندی کشور از نظر ریسک خشکسالی و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری به‌عنوان نخستین گام مدیریت خطرپذیری خشکسالی کشور، مورد تأکید قرار گرفته است. هدف پژوهش حاضر، ارائه نقشه منطقه‌ای ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد بوده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی در حوزه آبخیز پیشکوه قرار دارد. این حوزه آبخیز در بخش جنوب غربی استان یزد قرار دارد و بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، جمعیت آن ۴۲۸۴ نفر (در ۱۲۸۹ خانوار) بوده و مساحت آن ۸۳۳۸۱ هکتار است. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی بین طول ۴۱° ۵۳' تا ۱۵° ۵۴' شرقی و عرض ۳۱° ۳۱' تا ۳۱° ۴۹' شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).

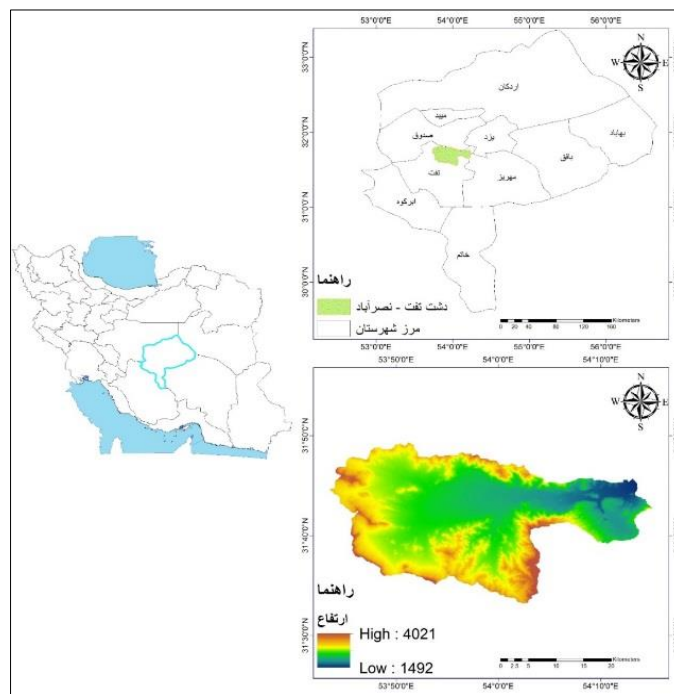
کمینه ارتفاع حوزه آبخیز، ۱۴۹۲ متر و بیشینه آن ۴۰۴۲ متر مربوط به رشته‌کوه‌های شیرکوه و میانگین ارتفاع آن ۲۳۸۰ است. بارندگی متوسط حوزه آبخیز پیشکوه ۱۶۷ میلی‌متر بوده که ۶۵ درصد از این بارش در فصل زمستان می‌بارد.

روش پژوهش: به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی به خشکسالی کشاورزی، باید نقشه تحلیل مکانی و نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی تهیه

خشکسالی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه تهیه شد. همچنین در این پژوهش، به منظور کنترل، پایش و دقت سنجی نقشه‌های خروجی از مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی کمک گرفته شد.

شناسایی پارامترهای موثر در آسیب پذیری خشکسالی در حوزه آبخیز پیشکوه: به طور کلی، عوامل مؤثر در آسیب پذیری خشکسالی در سامانه‌های کشاورزی متعدد است و استفاده از این عوامل به منظور تهیه نقشه آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی در مناطق مختلف، بستگی به در دسترس بودن و قابلیت اطمینان داده‌ها دارد (Wilhelmi و Wilhite، ۲۰۰۲؛ Maja Slejko و همکاران، ۲۰۱۰؛ Karamouz

همکاران، ۲۰۱۵). در این پژوهش، پس از شناسایی و انتخاب پارامترهای مؤثر در آسیب پذیری خشکسالی، این عوامل به وسیله سامانه اطلاعات جغرافیایی به لایه‌های اطلاعاتی رستری تبدیل شد به گونه‌ای که هر یک از پیکسل‌های این لایه‌ها (نقشه‌ها) نمایانگر ارزش طبقات آسیب پذیری آن پارامتر در خشکسالی می‌باشد که مقدار آن بین یک تا ۱۰ است. هر چه این مقادیر زیادتر و به عبارتی به عدد ۱۰ نزدیک‌تر باشد، تاثیر بیشتری در آسیب پذیری خشکسالی دارد. در ادامه، شیوه تهیه نقشه‌های پایه آسیب پذیری پارامترهای منتخب حوزه آبخیز پیشکوه ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی محدوده مطالعاتی

جدول ۱- طبقات آسیب پذیری پارامتر شیب	
جهت شیب	طبقات آسیب پذیری
شمال	۱
شمال شرقی-شمال غربی	۳
شرق-غرب	۵
جنوب شرقی-جنوب غربی	۸
جنوب	۱۰

شیب: شیب سطح زمین بر میزان نفوذ بارش موثر است. هر چه شیب بیشتر باشد، میزان نفوذ بارش کمتر است. بنابراین، بر اساس درصد شیب، نقشه شیب محدوده مطالعاتی به طبقات مختلف تقسیم بندی شد (شکل ۲). برای هر یک از طبقات، بر مبنای تاثیرگذاری بر میزان نفوذ، یک ارزش در نظر گرفته شد (Andrea Móríng و همکاران، ۲۰۱۲). جدول ۱، ارزش هر یک از واحدهای شیب طبقه بندی شده را نشان می‌دهد.

در این پژوهش استفاده شد. در سراسر جهان از شاخص SPI، به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی و قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه به طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی برای پایش خشکسالی استفاده می‌شود (Guttman, ۱۹۹۹؛ Mishra و Singh, ۲۰۱۰).

جدول ۲- طبقات آسیب پذیری جهت شیب

درصد شیب	طبقات آسیب پذیری
کمتر از ۱	۱
۱-۲	۲
۲-۵	۴
۵-۱۰	۶
۱۰-۳۰	۸
بیشتر از ۳۰	۱۰

جهت شیب: جهت‌های مختلف شیب می‌توانند دریافت متفاوتی از تابش نور خورشید را داشته باشند. بنابراین، بر اساس جهت‌های مختلف شیب، نقشه جهت شیب محدوده مطالعاتی به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد. برای هر یک از طبقات، برمبنای تاثیرگذاری بر میزان دما، رطوبت، نفوذ، رواناب و تبخیر از سطح خاک، یک ارزش در نظر گرفته شد و با توجه به منابع موجود، Bahreini و همکاران (۲۰۱۳) و Agostino Ferrara و همکاران (۲۰۱۰) در این زمینه، طبقات آسیب پذیری مربوط به هر یک از طبقات شیب مشخص شد (شکل ۳). ارزش هر یک از واحدهای جهت شیب طبقه‌بندی شده در ادامه آورده شده است (جدول ۲).

بارش: به منظور بررسی نقش بارش در آسیب پذیری خشکسالی از شاخص بارش استاندارد به عنوان یکی از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی که قادر به برآورد ویژگی‌های مختلف خشکسالی و نیز ترسالی می‌باشد،

جدول ۳- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

ردیف	نام ایستگاه	UTMY	UTMX
۱	علیقلی بردستان	3495605	218504
۲	ده بالا	3499045	225880
۳	تفت	3515892	234730
۴	شواز	3507771	749874.4
۵	طرزجان	3500460	800680.3
۶	خودسفلی	3524768	767594
۷	علی‌آباد پیشکوه	3504935	768108.8
۸	دامک علی‌آباد	3505119	769079
۹	دره زرشک	3495558	770179.8
۱۰	نصرا باد	3517119	770282.7
۱۱	مبارکه	3519957	807244.2
۱۲	بیداخوید	3493681	777125.3
۱۳	اسلامیه	3514530	793674.8
۱۴	بنادکوک دیزه	3485893	781781.9
۱۵	دره شیر	3505626	785543.6
۱۶	سلطانب	3498328	786148.9
۱۷	مزرعه خسرو	3488934	788711
۱۸	سخوید	3489880	790892.2
۱۹	نیر	3487236	794006.8

مطالعه در طول دوره آماری مشترک (۹۵-۱۳۷۵)، استفاده شد (جدول ۳). سپس، با استفاده از نرم‌افزار

در این پژوهش، از داده‌های بارش ۱۹ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی موجود در محدوده مورد

پیشکوه به‌عنوان یکی از مهمترین منابع آبی بخش کشاورزی به‌شمار می‌رود، لذا، بررسی نقش قنوت و تأثیر تغییرات آبدهی آن‌ها در خشکسالی‌ها نسبت به ترسالی‌ها، در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در منطقه مطالعاتی حائز اهمیت است. برای بررسی آسیب‌پذیری قنوت حوزه آبخیز پیشکوه، از داده‌ها و اطلاعات بلندمدت موجود، مربوط به آبدهی قنوت که از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد اخذ شده بود، استفاده شد. بدین‌منظور، قنوتی که در فصل تابستان دارای داده‌های آبدهی در بازه زمانی مذکور بودند و در محدوده مطالعاتی قرار داشتند، انتخاب شدند. در مرحله بعد، شدیدترین خشکسالی و ترسالی هیدرولوژیکی محدوده مورد مطالعه بر اساس میزان آبدهی قنوت شناسایی شد و دو دوره ترسالی هیدرولوژیکی (۱۳۸۱) و خشکسالی هیدرولوژیکی (۱۳۸۸) که دارای بیشترین تغییرات آبدهی بود، انتخاب شد. در مرحله بعد، به‌منظور تهیه نقشه آسیب‌پذیری قنوت نسبت به خشکسالی، ابتدا تفاضل بین مقادیر مربوط به آبدهی قنوت در سال تر (۱۳۸۱) نسبت به سال خشک (۱۳۸۸) محاسبه شد، سپس، عدد حاصله به مقادیر آبدهی سال خشک (۱۳۸۸) تقسیم شد و در آخر، در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا درصد آسیب‌پذیری برای هر قنات مشخص شود. سپس، با توجه به مختصات جغرافیایی مظهر قنوت و مقادیر مربوط به آسیب‌پذیری قنوت مطالعاتی، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به روش درون‌یابی کریجینگ، پهنه‌بندی صورت گرفت و نقشه حاصله به پنج طبقه آسیب‌پذیری (کم، نسبتاً کم، متوسط، شدید، خیلی شدید) طبقه‌بندی شد (شکل ۶).

تبخیر: در این پژوهش، به‌منظور بررسی نقش تبخیر در تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی از آمار و اطلاعات بلندمدت (۹۵-۱۳۷۵) مربوط به چهار ایستگاه تبخیرسنجی موجود در داخل و حومه محدوده مطالعاتی استفاده شد (جدول ۵).

سپس، رابطه بین میزان تبخیر و ارتفاع ایستگاه‌های تبخیرسنجی در حوضه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی معادله گرادیان، ضریب همبستگی (R) بین این دو عامل، برای میانگین

^۱(DIP)، شاخص خشکسالی SPI در دوره آماری (۹۵-۱۳۷۵) برای تمامی ایستگاه‌ها، محاسبه شد.

در مرحله بعد، شدیدترین خشکسالی اقلیمی در طول دوره آماری که مربوط به سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ بود، انتخاب شد و با توجه به مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی یادشده، پهنه‌بندی مقادیر مربوط به شاخص SPI مربوط به سال زراعی ۸۷-۸۶، در سطح محدوده مطالعاتی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش درون‌یابی زمین آمار کریجینگ صورت گرفت. سپس، با استفاده از نتایج مطالعات، Rossi و همکاران (۲۰۰۷) ارزش آسیب‌پذیری مربوط به هر یک از طبقات شاخص SPI مشخص شد (جدول ۴). در نهایت، پس از طبقه‌بندی نقشه شاخص SPI، بر اساس درجات آسیب‌پذیری، نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی بارش محدوده مطالعاتی تهیه شد (شکل ۶).

جدول ۴- طبقات آسیب‌پذیری بارش (شاخص SPI)

طبقات آسیب‌پذیری	شاخص بارش استاندارد
۵	$0 > SPI > -1$
۷	$-1 > SPI > -1.5$
۹	$-1.5 > SPI > -2$
۱۰	$SPI < -2$

سازندهای زمین‌شناسی: به‌منظور، در نظر گرفتن نقش سازندهای زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه در نگهداری، جذب و انتقال آب و نقش آن در آبدهی قنوت و ظرفیت نگهداری آب در خاک، از نقشه سازندهای زمین‌شناسی، در این پژوهش استفاده شد. مبنای امتیازدهی به سازندها فقط قدرت نگاه‌داشت آب به‌وسیله سازندهای زمین‌شناسی مختلف است و دامنه امتیازدهی بین یک تا ۱۰ می‌باشد. به‌طوری‌که امتیاز آسیب‌پذیرترین سازند (سازندی که کمترین نگاه‌داشت آب را دارد) عدد ۱۰ می‌باشد و عدد یک مربوط به سازندی است که کمترین آسیب‌پذیری را دارد، به‌عبارت دیگر سازندی که بیشترین نگاه‌داشت آب را دارد (شکل ۵).

دبی قنوت: با توجه به این‌که قنوت حوزه آبخیز

¹ Drought Indicis Package

مناطق مختلف تهیه شد، به طوری که محدوده‌هایی که بالاترین میزان نفوذپذیری و کمترین ظرفیت نگهداشت آب در خاک را دارند، آسیب‌پذیرترین مناطق در برابر وقوع خشکسالی هستند (شکل ۸).

وزن‌دهی نقشه‌های پایه: با توجه به ارزش متفاوت هر یک از نقشه‌های پایه، در آسیب‌پذیری خشکسالی، اقدام به وزن‌دهی نقشه‌های مذکور شد، تا وزن هر یک از نقشه‌های پایه در نقشه نهایی مشخص شود. در پژوهش حاضر، برای تعیین وزن هر یک از نقشه‌ها، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده، امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد (Saaty, ۱۹۸۰). در این فرایند عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده، وزن آن‌ها محاسبه می‌شود (Ghodsipour, ۲۰۰۷). در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر *i* با عنصر *j* مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت *i* بر *j* یکی از حالات ارائه شده در جدول ۶ است. این قضاوت‌ها به مقادیر کمی بین یک تا نه تبدیل شده‌اند (جدول ۱).

بلندمدت ($R=0/78$) و معادله گرادیان آن ($y=-0/6187x+3855/4$) به دست آمد. همچنین، برای خشک‌ترین سال اقلیمی (۸۷-۱۳۸۶) ضریب همبستگی (R) بین این دو عامل، ($R=0/91$) و معادله گرادیان آن برابر ($y=-1/2692x+5635/3$) به دست آمد. لذا، با توجه به بالاتر و قابل قبول‌تر بودن ضریب همبستگی بین دو عامل یادشده در خشک‌ترین سال، از معادله گرادیان ارتفاع-تبخیر سال (۸۷-۱۳۸۶)، برای تهیه نقشه تبخیر از سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به گونه‌ای که در معادلات گرادیان خشک‌ترین سال و میانگین بلندمدت، لایه رقمی ارتفاع محدوده مطالعاتی به جای (X) جایگزین و نقشه حاصله از این معادله، به عنوان نقشه تبخیر تهیه شد و پس از طبقه‌بندی، نقشه آسیب‌پذیری تبخیر حوزه آبخیز پیشکوه تهیه شد (شکل ۷).

بافت خاک: با توجه به اهمیت بافت خاک در بحث آسیب‌پذیری خشکسالی و با توجه به این‌که در محدوده مطالعاتی، نقشه بافت خاک وجود ندارد، لذا، با استفاده از نقشه قابلیت اراضی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور برای محدوده مطالعاتی و با استفاده از نظر کارشناسان خبره که تجربه کافی از وضعیت خاک منطقه را داشتند، نقشه بافت خاک بر اساس میزان نفوذپذیری و ظرفیت نگهداشت آب خاک، در

جدول ۵- مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجی و مقادیر تبخیر

نام ایستگاه تبخیرسنجی	میانگین بلندمدت تبخیر (mm)	میزان تبخیر خشک‌ترین سال (mm)	ارتفاع ایستگاه (m)
علی‌آباد	۲۵۲۲/۷۷	۲۹۴۳/۳	۲۱۲۳
گاریز	۲۳۹۰/۳۷	۲۵۹۱/۱	۲۴۲۰
نیر	۲۳۸۲/۶۵	۲۵۱۷/۳	۲۵۸۰
ده بالا	۲۱۰۶/۲۷	۲۱۸۲/۸	۲۶۰۶

جدول ۶- مقادیر کمی قضاوت‌های مدل AHP

ارزش (مقدار عددی)	وضعیت مقایسه <i>i</i> نسبت به <i>j</i>
۹	کاملاً مرجح (کاملاً مهمتر)
۷	ترجیح (اهمیت) خیلی قوی
۵	ترجیح (اهمیت) قوی
۳	کمی مرجح (کمی مهمتر)
۱	ترجیح یا اهمیت یکسان

۲ و ۴ و ۶ و ۸

ترجیحات بین فواصل فوق

کنترل شود. نرخ ناسازگاری شاخصی است که مقدار آن، نشان‌دهنده تناقضات و ناسازگاری‌های احتمالی در

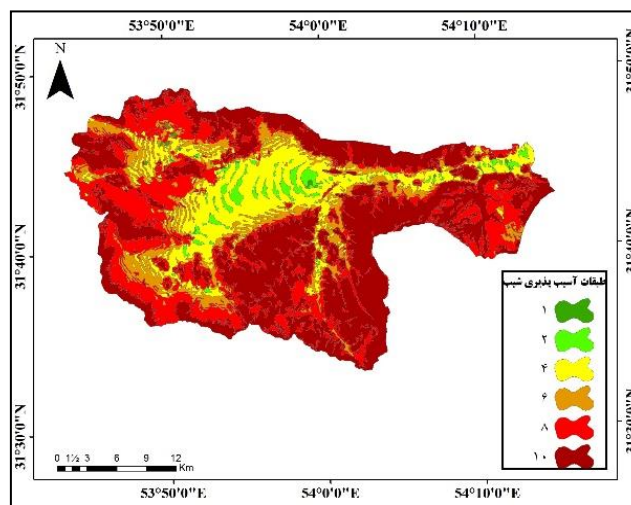
برای این‌که قضاوت نهایی با قضاوت افراد مطابقت داشته باشد، لازم است تا نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها

به منظور تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی اعمال شده که در پژوهش حاضر، به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت این دو پارامتر وجود ندارد. در پژوهش حاضر، با توجه به شرایط محلی و منابع یادشده در این تحقیق، پارامترهای آبدهی قنوات، سازندهای زمین‌شناسی و تبخیر اضافه شده است. اما از مهمترین مزایای این تحقیق نسبت به موارد مشابه (Ekrami و همکاران، ۲۰۱۵) می‌توان به، به‌کارگیری شیوه محاسبه تغییرات آبدهی قنوات در سال‌های خشک نسبت به سال تر به منظور افزایش دقت نقشه آسیب‌پذیری منابع آب (آبدهی قنوات)، استفاده از معادله گرادیان ارتفاع-تبخیر خشک‌ترین سال به منظور تهیه نقشه آسیب‌پذیری تبخیر و استفاده از ظرفیت نگهداشت آب خاک و میزان نفوذپذیری خاک به منظور امتیازدهی نقشه آسیب‌پذیری بافت خاک اشاره کرد. در مرحله بعد، هر یک از نقشه‌های آسیب‌پذیری پایه، در محیط GIS طبقه‌بندی شد که ارزش طبقات آسیب‌پذیری نقشه‌ها بین یک تا ۱۰ می‌باشد. به طوری که هر چه مقادیر زیادتر باشد و به عدد ۱۰ نزدیک‌تر باشد، آسیب‌پذیری بیشتری در مقابل خشکسالی دارد و به عبارتی دیگر، تاثیر بیشتری در آسیب‌پذیری خشکسالی دارد و برعکس، هر چه مقادیر به عدد یک نزدیک‌تر باشد، آسیب‌پذیری کمتری را نسبت به خشکسالی نشان می‌دهد. در ادامه، نقشه‌های آسیب‌پذیری پایه آورده شده است (شکل‌های ۲ الی ۸).

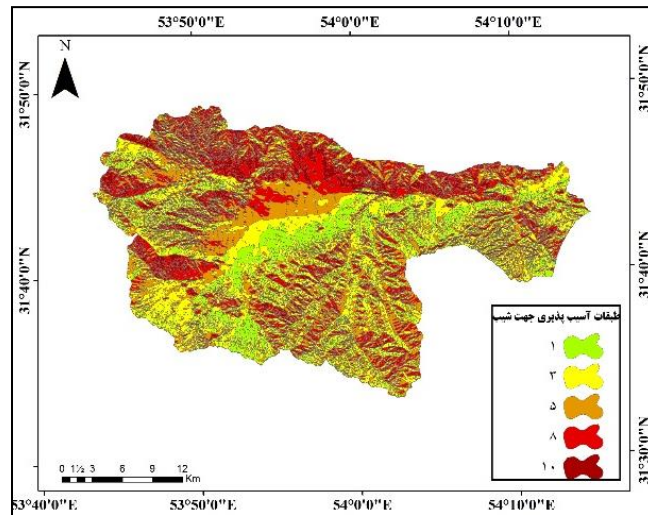
ماتریس مقایسات زوجی است. مقدار قابل قبول ناسازگاری بر اساس نظر Saaty ۰/۱ است (Ghodsipour، ۲۰۰۷). در صورتی که از این مقدار بیشتر باشد، می‌بایست مجدداً مقایسه زوجی انجام و یا نرخ ناسازگاری بهبود داده شود.

نتایج و بحث

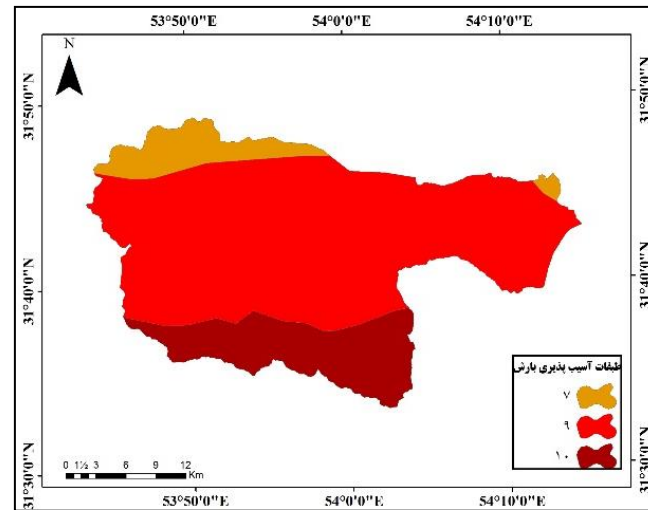
آسیب‌پذیری خشکسالی مفهومی است که با تمرکز روی وضعیت سامانه قبل از فاجعه، احتمال خسارت ناشی از خطر در یک مکان خاص را نشان می‌دهد (Karamouz و همکاران، ۲۰۱۵). در این پژوهش، کاربرد مفهوم آسیب‌پذیری در مدیریت خشکسالی، با تهیه نقشه آسیب‌پذیری که نشان‌دهنده خصوصیات مکانی آسیب‌پذیری خشکسالی است، مورد بررسی قرار گرفته است. در ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه، نخست پارامترها و عوامل مؤثر بر خشکسالی کشاورزی شناسایی و انتخاب شد که این پارامترها عبارتند از: ۱- شیب، ۲- جهت شیب، ۳- بارش، ۴- سازندهای زمین‌شناسی، ۵- تغییرات آبدهی قنوات، ۶- تبخیر و ۷- بافت خاک. در این پژوهش، بیشتر پارامترهای انتخاب شده، هم‌راستا با عوامل انتخابی مرکز مدیریت خشکسالی جنوب شرق اروپا (Andrea و همکاران، ۲۰۱۲) است. با این تفاوت که در کشورهای اروپایی به دلیل وجود تعداد زیاد روزهای ابری و اراضی دیم، پارامتر مدت تابش خورشید و پارامتر آبیاری نیز



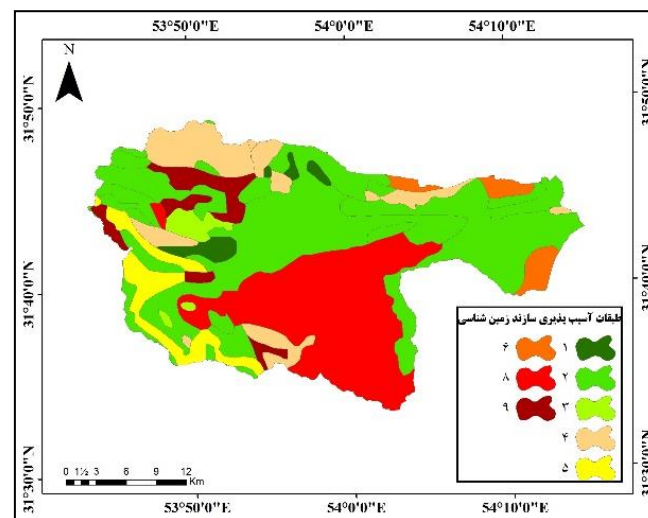
شکل ۲- نقشه آسیب‌پذیری طبقات شیب حوزه آبخیز پیشکوه



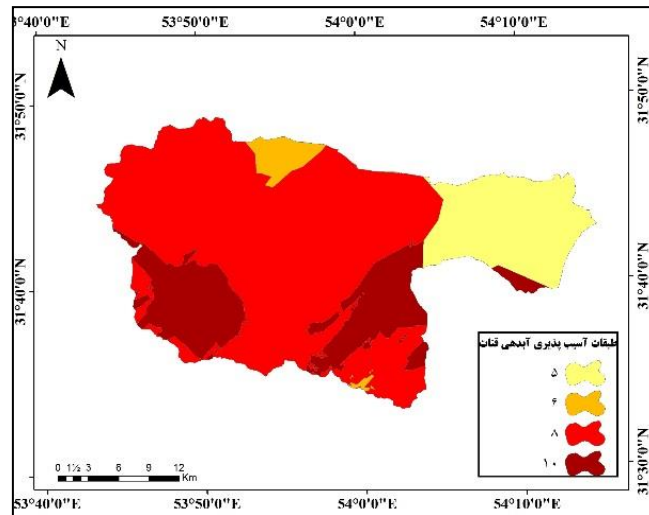
شکل ۳- نقشه آسیب پذیری جهت شیب حوزه آبخیز پیشکوه



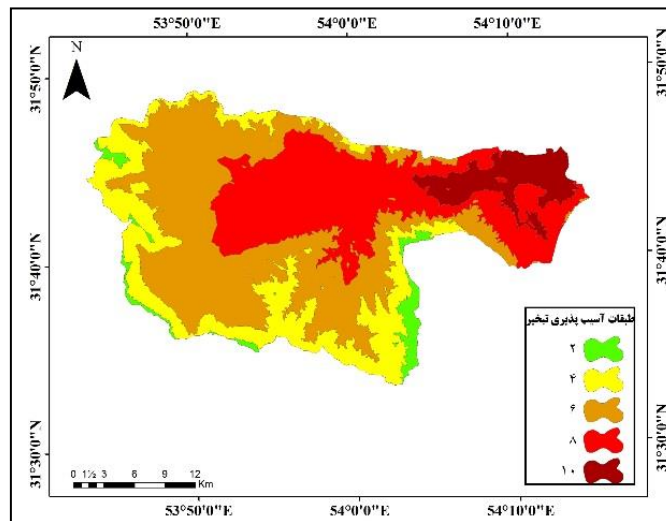
شکل ۴- نقشه آسیب پذیری بارش (SPI) حوزه آبخیز پیشکوه مربوط به شدیدترین خشکسالی اقلیمی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در طول دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۵



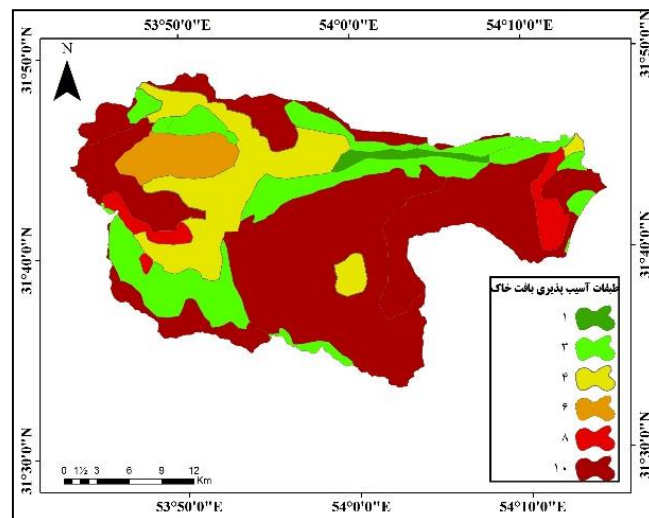
شکل ۵- نقشه آسیب پذیری سازند زمین شناسی حوزه آبخیز پیشکوه



شکل ۶- نقشه آسیب پذیری قنات حوزه آبخیز پیشکوه مربوط به تغییرات آبدهی قنات در دو دوره ترسالی هیدرولوژیکی ۱۳۸۱ و خشکسالی هیدرولوژیکی ۱۳۸۸



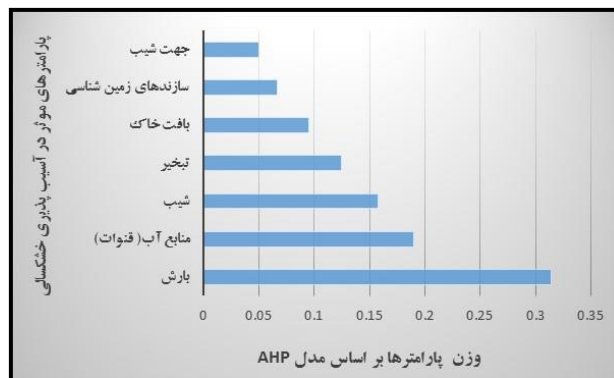
شکل ۷- نقشه آسیب پذیری تبخیر حوزه آبخیز پیشکوه مربوط به خشک ترین سال اقلیمی ۱۳۸۷-۱۳۸۶



شکل ۸- نقشه آسیب پذیری بافت خاک حوزه آبخیز پیشکوه

یک از پارامترهای مورد بررسی (نقشه‌های پایه) بر اساس محاسبات نرم‌افزار (EC) تعیین شد. با توجه به این‌که مفهوم پایایی در پرسش‌نامه‌های مقایسه زوجی AHP، از طریق نرخ ناسازگاری تعیین می‌شود و بنا بر نظر Saaty (۱۹۸۰)، این نرخ باید کمتر از ۰/۱ باشد، لذا نرخ ناسازگاری برای پرسش‌نامه‌های مذکور در این پژوهش محاسبه شد. نتایج نشان داد، نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی ۰/۰۸ است. بنابراین، سازگاری ماتریس مقایسات مورد تایید و قابل قبول می‌باشد. نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار (EC) مربوط به وزن نهایی پارامترهای مطالعاتی (شکل ۹)، نشان می‌دهد که بیشترین وزن پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی مربوط به نقشه بارش که مقدار آن برابر با ۰/۳۱ و پس از آن به ترتیب منابع آب (آبدهی قنوات) ۰/۱۹، شیب ۰/۱۵، تخییر ۰/۱۲، بافت خاک ۰/۰۹، سازندهای زمین‌شناسی ۰/۰۶ و کمترین وزن مربوط به پارامتر جهت شیب با مقدار ۰/۰۵ است (شکل ۹).

با توجه به ارزش متفاوت هر یک از نقشه‌های پایه، در آسیب‌پذیری خشکسالی، لازم است تا وزن هر یک از لایه‌ها در آسیب‌پذیری خشکسالی تعیین شود (Karamouz و همکاران، ۲۰۱۵). مهمترین مزایای روش‌های وزندهی با استفاده از تعداد بیشتری از لایه‌های ورودی، کاهش تاثیر خطاها و یا عوامل نامعلوم بر روی نقشه خروجی و نهایی است (Rosen، ۱۹۹۴؛ Evans، ۱۹۹۰). در این پژوهش، اقدام به وزندهی نقشه‌های مذکور شد تا وزن هر یک از نقشه‌های پایه، در نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی محدوده مطالعاتی مشخص شود. در این راستا، پس از طراحی پرسش‌نامه AHP، تعداد ۱۵ عدد پرسش‌نامه به‌وسیله اساتید دانشگاه، اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و کارشناسان خبره و مسلط به منطقه مطالعاتی تکمیل شد. پس از استخراج داده‌های پرسش‌نامه‌ها، اطلاعات یادشده در نرم‌افزار Expert Choice Ver.11 وارد شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت، وزن نهایی هر



شکل ۹- نمودار مربوط به وزن نهایی هر یک از پارامترهای مورد بررسی براساس خروجی نتایج نرم‌افزار (EC)

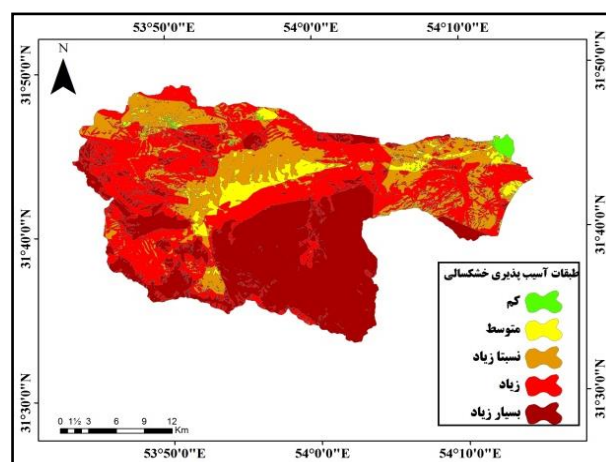
نتایج حاصل از نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی نشان می‌دهد، نواحی جنوبی، غربی و جنوب غربی حوزه آبخیز پیشکوه بیشترین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی را دارا می‌باشد. این مناطق که عمدتاً از نظر ژئومورفولوژی جزء مناطق مرتفع و کوهستانی به‌شمار می‌روند و از نظر توزیع زمانی و مکانی بارندگی، تأثیرپذیری زیادی از تغییرات ارتفاع دارد (Siyabi و Sanaee-Nejad، ۲۰۱۶؛ Mirahsani، ۲۰۱۷)، نسبت به مناطق دشتی، به دلیل عمق کم

سپس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، وزن‌های به‌دست آمده از مدل AHP، به نقشه‌های رستری مربوط به آن‌ها اعمال شد. در نهایت، نقشه‌های پایه دارای وزن، با هم تلفیق شده، نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه حاصل شد. این نقشه دارای پنج طبقه آسیب‌پذیری می‌باشد. طبقه ۱، نشانگر طبقه آسیب‌پذیری کم و طبقه ۵، نشانگر طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد می‌باشد (شکل ۱۰).

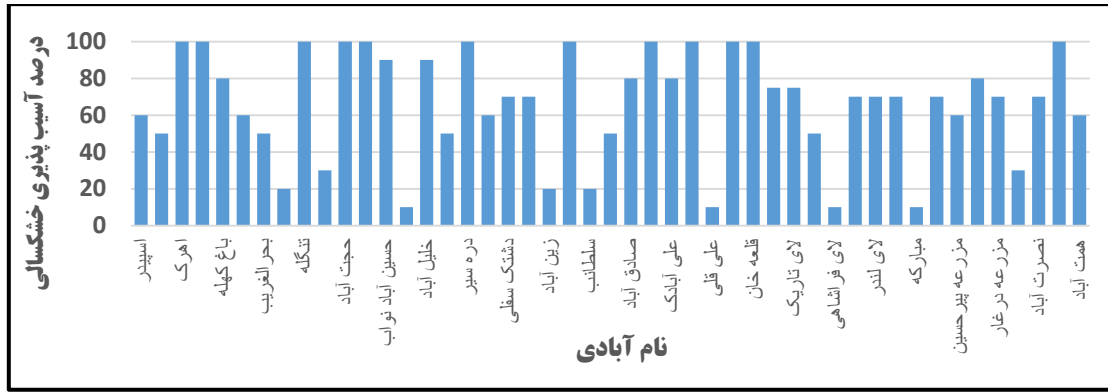
صورت گرفته از مناطق آسیب‌پذیر در تمامی دهستان‌ها و آبادی‌های دارای جمعیت در محدوده مطالعاتی، به‌منظور کنترل و دقت‌سنجی نقشه‌های خروجی اشاره کرد. به‌منظور، تعیین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی منطقه مطالعاتی به روش مطالعات میدانی، از مستندات مربوط به خسارات خشکسالی، تکمیل پرسش‌نامه‌های آسیب‌پذیری به‌وسیله کشاورزان و کارشناسان کشاورزی مستقر در دفاتر ترویج کشاورزی، استفاده از نظرات کشاورزان مجرب و خبرگان محلی ساکن در محدوده مطالعاتی و نیز بازدیدهای میدانی صورت گرفته از آبادی‌های دارای جمعیت حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد استفاده شد. در ادامه، نتایج مطالعات میدانی مربوط به میزان آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی مهمترین آبادی‌های حوزه آبخیز پیشکوه، به همراه موقعیت مکانی آبادی‌هایی که درصد آسیب‌پذیری بالایی دارند، به‌عنوان شاخص دقت‌سنجی نقشه نهایی آورده شده است (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

نتایج نشان‌دهنده مطابقت زیاد نقشه خروجی پژوهشی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی با مطالعات میدانی صورت گرفته است. به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه، روستاهای سانچ و دره سیر که در نقشه آسیب‌پذیری نهایی در طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد قرار گرفته است (شکل ۱۲)، دارای بیشترین درصد آسیب‌پذیری در مطالعات میدانی نیز است (شکل ۱۱) که بازدیدهای میدانی صورت گرفته نیز موید صحت و دقت نقشه نهایی آسیب‌پذیری می‌باشد (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

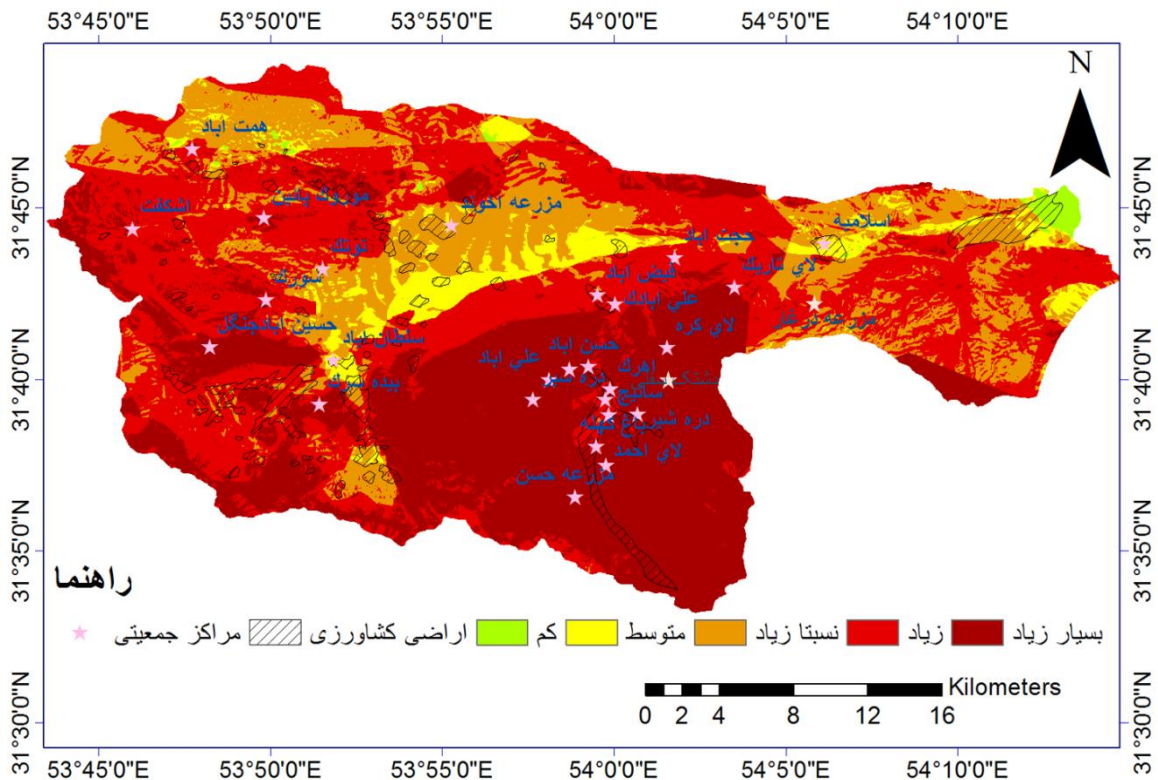
رسوبات، بافت خاک درشت‌دانه‌تر و هواپین بودن منابع آبی (قنوات)، عمدتاً آسیب‌پذیری آن‌ها نسبت به وقوع خشکسالی، شدیدتر و از نظر زمانی سریع‌تر و در کوتاه‌مدت دچار خسارات متعددی می‌شوند. همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مناطق مرکزی، شرقی و شمال غربی آسیب‌پذیری متوسط و به نسبت کمتری را نسبت به سایر مناطق این حوضه دارد. روش تحقیق به‌کار گرفته شده در پژوهش حاضر با پژوهش‌های Wilhelmi (۲۰۰۲) در نبراسکای ایالات متحده آمریکا، Maja Slejko و همکاران (۲۰۱۰) در کشور اسلوانی، Andrea و همکاران (۲۰۱۲) مرکز مدیریت خشکسالی جنوب شرق اروپا، Ekrami و همکاران (۲۰۱۵) در ایران و Meriem Boultif و همکاران (۲۰۱۷) در الجزایر، مطابقت زیادی دارد. اما آنچه باعث مزیت پژوهش حاضر نسبت به موارد مشابه در سطح جهان و ایران تلقی می‌شود، این است که در نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی، علاوه بر مشخص نمودن میزان آسیب‌پذیری محدوده‌های زراعی و باغی موجود، آسیب‌پذیری دیگر مناطق محدوده مطالعاتی که می‌تواند در آینده دارای پتانسیل کشاورزی اعم از زراعی-باغی (آبی یا دیم) یا گلخانه باشد، تعیین شده است. لازم به ذکر است، نحوه توزیع مکانی اراضی کشاورزی کنونی (زراعی-باغی) بر روی نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه، به‌صورت هاشور مشخص شده است (شکل ۱۲). از دیگر مزایای پژوهش حاضر نسبت به موارد مشابه آن در داخل و خارج از کشور می‌توان به مطالعات جامع میدانی



شکل ۱۰- نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه



شکل ۱۱- نتایج مربوط به مطالعات میدانی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی مهمترین آبادی‌های حوزه آبخیز پیشکوه



شکل ۱۲- نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی و نحوه توزیع مکانی اراضی کشاورزی حوزه آبخیز پیشکوه، به همراه نمایش موقعیت آبادی‌هایی که درصد آسیب‌پذیری بالایی دارند



شکل ۱۳- نمایی از آسیب‌پذیری بسیار زیاد خشکسالی کشاورزی باغات روستای سانچ در بازدید میدانی صورت گرفته (تابستان ۱۳۹۷)



شکل ۱۴- نمایی از آسیب‌پذیری بسیار زیاد خشکسالی کشاورزی باغات روستای دره سیر در بازدید میدانی صورت گرفته (تابستان ۱۳۹۷)

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، یک نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی بر اساس مهمترین پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی برای حوزه آبخیز پیشکوه (دشت تفت-نصرآباد) استان یزد تهیه شده است. نتایج تحلیل مکانی آسیب‌پذیری منطقه ناشی از خشکسالی، نشان می‌دهد که مناطقی مانند سانچ، دره شیر، دره سیر، باغ کهله، لای کره، اشکفت، مورک پایین، مزرعه حسن و ... نسبت به سایر مناطق محدوده مطالعاتی، دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی است. بنابراین، باید برنامه‌ها و راهکارهای مدیریتی بیشتری در این مناطق به‌منظور مواجهه و آمادگی در برابر خشکسالی و کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع این پدیده اجرا شود. همچنین، نتایج حاکی از آن است که مناطقی نظیر اسلامیه، سلطان‌آباد، نصرآباد، مزرعه آخوند، همت‌آباد و ... دارای آسیب‌پذیری متوسط و به نسبت کمتری هستند (شکل ۱۲). لذا، این امر برای تصمیم‌گیران و مدیران بحران مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور خصوصاً استان یزد، بسیار حائز اهمیت است که شیوه مدیریت ریسک و بحران خشکسالی در مناطق مختلف باید متفاوت باشد، زیرا شدت آسیب‌پذیری مناطق مختلف نسبت به وقوع پدیده خشکسالی متفاوت است، هر چند این مناطق در یک استان، شهرستان و یا حتی در یک دهستان قرار داشته باشد. نتایج تحقیق حاضر، نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی

برآورد شده در بسیاری از موارد بررسی شده در نقشه نهایی، هم‌سو با یافته‌های مطالعات میدانی صورت‌گرفته از حوزه آبخیز پیشکوه می‌باشد، به‌طوری که نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی حاصل از این پژوهش، از دقت و صحت قابل قبول و مطلوبی برخوردار می‌باشد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۴). از نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی می‌تواند درک صحیحی را از شدت و وسعت آسیب‌پذیری مناطق مختلف نسبت به وقوع خشکسالی برای سیاست‌مداران و برنامه‌ریزان کشور ایجاد کند. لذا، این امر نخستین گام در اجرا و پیاده‌سازی مدیریت جامع‌نگر خشکسالی کشور به‌منظور همزیستی با پدیده خشکسالی محسوب می‌شود. همچنین، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی کشور می‌توانند با کمک این نقشه‌ها، برنامه‌های خرد و یا کلان مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی را در سندهای چشم‌انداز آینده برای هر یک از نقاط کشور به‌خوبی تهیه و تدوین کنند. در پایان، ذکر این نکته ضروری است که نتایج حاصل از این گونه پژوهش‌ها به‌دلیل انجام کار میدانی می‌تواند اطلاعات مناسبی را، از بخش‌های مختلف منطقه در اختیار مردم منطقه و مدیران قرار دهد. این عوامل نقش مهمی در درک رفتار مردم و مسئولین محلی هنگام وقوع خشکسالی ایفا می‌کند تا نسبت به در نظر گرفتن واقعیت‌های آسیب‌پذیری محلی ناشی از خشکسالی اقدام موثر نموده و واکنش‌ها و تصمیم‌های

مناسبی را در راستای کاهش آسیب‌ها و خطرات، در رخدادهای آتی این پدیده اتخاذ کنند.

منابع مورد استفاده

1. Andrea, M., N. Ákos and B. Zita. 2012. Estimation and mapping of drought vulnerability on the basis of climate, land use and soil parameters using GIS technique. Final Conference of DMCSEE Project Ljubljana, Hungarian Meteorological Service, OMSZ, 15th May, 2012.
2. Arshad, S., S. Morid, M.R. Mobasheri and M. Agha Alikhani. 2008. Development of agricultural drought vulnerability assessment model for Kermanshah Province using stochastic and intelligent methods. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 9(3): 1-22 (in Persian).
3. Bahreini, F. and A. Pahlevanravi. 2013. Assess and mapping the environmental sensitivity to desertification, a case study in Boushehr Province, Southwest Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(18): 217-230.
4. Bordi, I. and A. Sutera. 2004. Drought variability and its climatic implications. *Global and Planetary Change*, 40(1,2): 115-127.
5. Boultif, M. and H. Benmessaoud. 2017. A GIS-based methodology for drought vulnerability modelling: application at the region of el Hodna, central Algeria. *Lebanese Science Journal*, 18(1): 53-68.
6. Dabanli, I. 2018. Drought risk assessment by using drought hazard and vulnerability indexes. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2: 2018-2039.
7. Ekrami, M., A. Fathimarj and J. Barkhordaeu. 2015. Assessment agricultural drought vulnerability in arid and semi-arid climates using GIS and AHP, a case study for Taft Township, Yazd Province, Iran. *Irrigation and Water Engineering*, 5(4): 107-117.
8. Evans, B.M. and W.L. Myers. 1990. A GIS-based approach to evaluating regional groundwater pollution potential with drastic. *Journal of Soil and Water Conservation*, 45: 242–255.
9. Fatehi Marj, A. and F. Hosseini Hossein Abadi. 2012. Developing an agricultural drought risk management plan in Alamoot Province pilot. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 185 pages (in Persian).
10. Ferrara, A., L. Salvati, A. Sateriano and A. Nolè. 2012. Performance evaluation and costs assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators*, 23: 123-129.
11. Ghodsi-Pour, S.H. 2007. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amirkabir University, 162 pages (in Persian).
12. Guttman, N.B. 1999. Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35: 311–322.
13. Jiang, S., R. Yang, N. Cui, L. Zhao and C. Liang. 2018. Analysis of drought vulnerability characteristics and risk assessment based on information distribution and diffusion in Southwest China. *Atmosphere*, 9(7): 239-256.
14. Karamouz, M., A. Zeynolabedin and M.A. Olyaei. 2015. Mapping regional drought vulnerability: a case study. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40 pages.
15. Maja, S., G. Gregorič, K. Bergant and S. Stanič. 2010. Assessing and mapping drought vulnerability in agricultural systems, a case study for Slovenia. *EMS Annual Meeting Abstracts*, 7: EMS2010-586.
16. Mirahsani, M., R. Moddares, A. Salman Mahini, A. Soffianian, R. Jafari and J. Mohamadi. 2017. Spatio-temporal monitoring of meteorological drought based on the zoning of station clusters. *Watershed Engineering and Management*, 10(4): 739-760 (in Persian).
17. Mishra, A.K. and V.P. Singh. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202–216.
18. Pandey, R.P., S.K. Mishra, R. Singh and K.S. Ramasastri. 2008. Streamflow drought severity analysis of Betwa river system (INDIA). *Water Resources Management*, 22(8): 1127–1141.
19. Rosen, L. 1994. A study of the drastic methodology with emphasis on Swedish conditions. *Ground Water*, 32(2): 278–285.
20. Rossi, G., T. Vega and B. Bonaccorso. 2007. Methodes and tools for drought analysis and management. *Water Science and Technology Library*, 62 pages.
21. Saaty, T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York, 265 pages.
22. Siyabi, N. and H. Sanaee-Nejad. 2016. Combining geostatistical methods to increase accuracy of classification and climatic zoning of the climate north east of Iran. *Researches of Climatology*, 1392(15): 32-81 (in Persian).

23. Wilhelmi, O.V. and D.A. Wilhite. 2002. Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25: 37-58.
24. Wilhite, D.A. and O. Vanyarkho. 2000. Drought Pervasive impacts of a creeping phenomenon. *Drought a Global Assessment*, I: 245-255.