

## پهنه‌بندی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد)

محمد اکرامی<sup>۱</sup>، رسول مهدوی<sup>۲\*</sup>، مرضیه رضایی<sup>۳</sup>، حسن وقارفرد<sup>۴</sup> و جلال برخوردار<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

پست الکترونیک: ra\_mahdavi2000@yahoo.com

۳- استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۴- دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۵- استادیار پژوهش، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۱

### چکیده

خشکسالی می‌تواند تولید پایدار و ثابت اکوسیستم‌های طبیعی از جمله مراتع را کاهش دهد. هدف اصلی این پژوهش، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع در حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد بوده است. در این پژوهش از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP) استفاده شد. در این راستا، پارامترهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع منطقه مطالعاتی که شامل پارامترهای شیب، جهت شیب، بارش، بافت خاک و تبخیر بودند استخراج گردید و به کمک (GIS) به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شد. پس از وزن‌دهی لایه‌ها از لحاظ اهمیت در آسیب‌پذیری خشکسالی در چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، تلفیق و نقشه‌نمایی آسیب‌پذیری خشکسالی منطقه مطالعاتی تهیه گردید. همچنین به منظور کنترل و دقت‌سنجی نقشه‌نمایی، از مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی نیز کمک گرفته شد. در پایان، نقشه تیپ غالب گیاهی مرتعی تهیه و با نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع منطقه مطالعاتی همپوشانی انجام شد تا مقاوم‌ترین و آسیب‌پذیرترین تیپ گیاهی مرتعی شناسایی گردد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع مربوط به پارامتر بارش مقدار آن برابر با ۰/۵۴ و کمترین وزن مربوط به پارامتر شیب با مقدار ۰/۰۶۱ است. براساس نتایج بدست آمده، نواحی شرقی، جنوب‌شرقی و جنوبی حوزه آبخیز پیشکوه دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع و تیپ *Ar.au-St.ba.Sc.or* آسیب‌پذیرترین تیپ گیاهی منطقه مطالعاتی است. بنابراین توصیه می‌شود منابع و راهکارهای مدیریتی بیشتری در مراتع آسیب‌پذیر به منظور حفاظت از خاک و پوشش گیاهی آن اجرا گردد.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم، تیپ گیاهی، مدیریت خشکسالی، تخریب، GIS.

### مقدمه

شده که شروع آن کاملاً مشخص نیست و خسارت‌های ناشی

از آن به صورت غیرساختاری می‌باشد. دانشمندان

خشکسالی در جهان به‌عنوان پدیده‌ای خزنده شناخته

همکاران (۲۰۱۶) طی مطالعات خود بر روی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مرزه " *Satureja hortensis* به این نتیجه رسیدند که این گیاهان با به‌کارگیری سازوکارهای دفاعی از قبیل کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، قطر و حجم تاج پوشش، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و از سوی دیگر کاهش ضخامت و افزایش طول ریشه‌ها و افزایش محتوای پروتئین و کلروفیل، تا حد زیادی در مقابل تنش خشکی مقاومت می‌کنند. Fakhimi Abarghoee و همکاران (۲۰۱۹)، در مطالعه مراتع استپی حوزه آبخیز شیرکوه یزد به این نتیجه رسیدند که تبخیر و تعرق واقعی به‌عنوان عملکرد اقلیمی یکی از فاکتورهای اساسی در بهبود کارایی مصرف آب است و سهم عمده‌ای در تغییرات تولید علوفه سالانه مراتع دارد. Sharafi and Zarafshani (۲۰۱۰)، در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که شعاع تأثیر خشکسالی در مناطق روستایی بیش از سایر نقاط بوده و در این بین جامعه کشاورزی بیشترین تبعات ناشی از خشکسالی را تجربه می‌کند، از این رو کشاورزان، دامداران و عشایر بیشترین گروه آسیب‌پذیر در برابر وقوع پدیده خشکسالی به‌شمار می‌روند. Salem (۲۰۰۸)، در بررسی تأثیر خشکسالی بر فرایند زندگی عشایری شهرستان طبس به این نتیجه رسید که وقوع خشکسالی باعث کاهش میانگین تعداد دام هر خانوار، کاهش شدید تعداد دام‌های سنگین، تغییر شدید نسبت دام-های سبک، کاهش شدید میانگین وزن دام‌ها، کاهش تولیدات صنایع دستی و کاهش تولید و میانگین درآمد هر خانوار نسبت به دوره پیش از خشکسالی شده است. Ebrahimi و Hoseini (۲۰۰۱)، در مطالعه خود اثرهای خشکسالی در جامعه عشایری ایران را کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی در قشلاق و ییلاق، خشک شدن چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها، کاهش تنوع پوشش گیاهی مراتع در قشلاق، فرسایش خاک و بیابان‌زایی، افزایش گیاهان خشبی در مراتع، کاهش کیفیت آب، کاهش درآمد حاصل از تولیدات دامی و لبنی، افزایش هزینه‌های تولیدی و مصرف و افزایش قیمت نهاده‌ها ذکر کرده‌اند. تصمیم‌گیران در

خشکسالی را به چهار دسته اصلی، اقلیمی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی طبقه‌بندی می‌کنند (Wilhite and Glantz, 1985). مهمترین ویژگی در خشکسالی اقلیمی، عدم بارندگی، در خشکسالی هیدرولوژیکی جریان رودخانه و ظرفیت سد، در خشکسالی کشاورزی کمبود رطوبت خاک و در خشکسالی اجتماعی-اقتصادی، رابطه بین عرضه و تقاضا با خسارت های اجتماعی و اقتصادی ناشی از کمبود آب است. این در حالی است که سه نوع اول خشکسالی، به کمبود برخی از خصوصیات هیدرولوژیکی مربوط می‌شود و در نوع خشکسالی اقتصادی-اجتماعی، نتیجه سایر خشکسالی‌ها از نظر خسارت‌های مالی می‌باشد (Keyantash and Dracup, 2002). بر خلاف خشکی که پدیده دائمی اقلیمی است، خشکسالی در مناطق خشک و مرطوب نیز رخ می‌دهد و حالتی طبیعی از اقلیم می‌باشد (Bordi et al., 2001).

خشکسالی می‌تواند تولید پایدار و ثابت اکوسیستم‌های طبیعی از جمله مراتع را کاهش دهد. از این رو میزان بارش، پوشش گیاهی و عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری که در خشکسالی‌ها میزان تولید کاهش می‌یابد و این فرایند توسط محققان زیادی گزارش شده است (Ehsani et al., 2011; Abdollahi et al., 2007). واکنش پوشش گیاهی عرصه‌های منابع طبیعی به خشکسالی، بستگی به الگوی مکانی، ساختار مراتع و عملکرد آنها دارد و مدت زمان خشکسالی، یک عنصر کلیدی در واکنش گیاه به پدیده خشکسالی محسوب می‌شود (Dorman et al., 2013; Baguskas et al., 2014). تجدید پوشش طبیعی اکوسیستم‌های مرتعی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بدلیل بارندگی‌های بسیار کم، بهره‌برداری غیر اصولی و نابهنگام از روند کندی برخوردار می‌باشد. از سویی بروز خشکسالی و تنش‌های متأثر از آن موجب تغییر در مراحل رشد گیاه و همچنین تأثیر در عملکرد علوفه مرتع می‌گردد. به‌عبارت دیگر، در مراتع پراکنش جغرافیایی هر گیاه به‌طور طبیعی در درجه اول به وسیله عوامل اقلیمی کنترل می‌شود (Saghafi Khadem et al., 2016). Sodaii zadeh و

جهان، روش‌های متعددی را برای سازگاری و کاهش خسارت‌های بلایای طبیعی از جمله خشکسالی دنبال می‌کنند و پیشنهاد می‌دهند که در مدیریت خشکسالی با نگاه مدیریت خطر به مسئله نگریده شود و در کنار آن تلفیقی از مدیریت بحران و خطر در مواقع مختلف به صورت توأمان به کار رود (Wilhite and Vanyarkho, 2000). اما زیربنای سیستم مدیریتی جامع‌نگر خشکسالی، داشتن اطلاعات کافی از قسمت‌های مختلف در سطح منطقه و شناخت کافی از خطرهای و اثرهای زیانبار خشکسالی و همچنین میزان آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی می‌باشد، تا واکنش‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسبی در جهت کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از خشکسالی انجام شود (Fatehi Fatehi Marj and Hosseini Hossein Abadi, 2012). به‌طور کلی مدیریت مراتع و عرصه‌های منابع طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا از مهمترین سرمایه‌های ملی هر کشوری هستند و دارای استفاده‌های فراوان می‌باشند، از این‌رو شناخت رفتار گونه‌های گیاهی نسبت به تغییرات محیطی، راهنمای مهمی در مدیریت مرتع محسوب می‌شود (Assal et al., 2016). در این راستا، ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع می‌تواند کمک شایانی به مدیریت مراتع و چرای دام در شرایط خشکسالی و بحرانی نماید. بنابراین سنجش آسیب‌پذیری، اولین مرحله و نقطه آغاز و پیش‌نیاز مدیریت خطر خشکسالی است و برنامه‌های کاهش اثرهای خشکسالی به منظور کاهش آسیب‌پذیری جوامع روستایی ضروریست (Sharafi and Zarafshani., 2011). در آسیب‌پذیری مراتع به وقوع پدیده خشکسالی، خصوصیات بافت خاک هر منطقه در نگهداشت رطوبت قابل دسترسی گیاهان و مورفولوژی گیاهان مرتعی مانند عمق ریشه، اندازه برگ‌ها (سطح برگ‌ها)، خشبی و چوبی بودن ساقه گیاهان، وجود یا عدم وجود تیغ بر روی ساقه یا کرک بر روی برگ‌ها و یکساله یا چند ساله بودن گونه‌های گیاهی مرتعی نقش بسیار مهمی دارد (Sodaii zadeh et al., 2016; Gausling, 2000 and Thomas Sabaghpour, 2008; Bagheri et al., 2012). مقوله آسیب‌پذیری خشکسالی مفهومی است که با تمرکز روی وضعیت سیستم قبل از فاجعه، احتمال خسارت ناشی از خطر در یک مکان خاص را نشان می‌دهد (Karamouz et al., 2015). در جهان کشور آمریکا در این زمینه پیشرو بوده و دیگر کشورهایی مانند استرالیا، آفریقای جنوبی، اتحادیه اروپا و مؤسسات وابسته به سازمان ملل متحد به عنوان سازمانهای غیردولتی در آسیا و آفریقا، فعالیت‌های قابل ملاحظه‌ای انجام داده‌اند (Arshad et al., 2008). Wilhite و Wilhelmi (2002)، در نبراسکای ایالات متحده آمریکا به بررسی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی پرداختند و عوامل بیوفیزیکی و اجتماعی را به‌عنوان پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری خشکسالی انتخاب نمودند. Maja و همکاران (2010) نقشه مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی کشور اسلوانی را تهیه نمودند. مرکز مدیریت خشکسالی جنوب شرق اروپا در سال 2012 پژوهشی در زمینه بررسی راهکارها و سیاست‌گذاری‌های خطرات و آسیب‌پذیری‌های خشکسالی انجام داد و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی کشورهای مجارستان، کرواسی، یونان، جمهوری مقدونیه، صربستان و مونته‌نگرو را تهیه نمود (Andrea Moring et al., 2012). Karamouz و همکاران (2015)، پژوهشی در زمینه تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری که نشان‌دهنده خصوصیات مکانی آسیب‌پذیری خشکسالی است، در استان آذربایجان شرقی انجام دادند. در این پژوهش از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی استفاده کردند و مبنای انتخاب پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری خشکسالی را براساس عواملی مانند ویژگی‌های منطقه‌ای و در دسترس بودن داده‌ها قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که بخش غربی استان آذربایجان شرقی آسیب‌پذیرترین منطقه برای خشکسالی است. Boultif و Benmessaoud (2017)، تحقیقی در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی در منطقه مرکزی الجزیره ELHODNA به مساحت 1200 کیلومتر مربع انجام دادند. در این پژوهش از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چند معیار (فرایند سلسله مراتبی

جهان، روش‌های متعددی را برای سازگاری و کاهش خسارت‌های بلایای طبیعی از جمله خشکسالی دنبال می‌کنند و پیشنهاد می‌دهند که در مدیریت خشکسالی با نگاه مدیریت خطر به مسئله نگریده شود و در کنار آن تلفیقی از مدیریت بحران و خطر در مواقع مختلف به صورت توأمان به کار رود (Wilhite and Vanyarkho, 2000). اما زیربنای سیستم مدیریتی جامع‌نگر خشکسالی، داشتن اطلاعات کافی از قسمت‌های مختلف در سطح منطقه و شناخت کافی از خطرهای و اثرهای زیانبار خشکسالی و همچنین میزان آسیب‌پذیری منطقه مطالعاتی می‌باشد، تا واکنش‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسبی در جهت کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از خشکسالی انجام شود (Fatehi Fatehi Marj and Hosseini Hossein Abadi, 2012). به‌طور کلی مدیریت مراتع و عرصه‌های منابع طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا از مهمترین سرمایه‌های ملی هر کشوری هستند و دارای استفاده‌های فراوان می‌باشند، از این‌رو شناخت رفتار گونه‌های گیاهی نسبت به تغییرات محیطی، راهنمای مهمی در مدیریت مرتع محسوب می‌شود (Assal et al., 2016). در این راستا، ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع می‌تواند کمک شایانی به مدیریت مراتع و چرای دام در شرایط خشکسالی و بحرانی نماید. بنابراین سنجش آسیب‌پذیری، اولین مرحله و نقطه آغاز و پیش‌نیاز مدیریت خطر خشکسالی است و برنامه‌های کاهش اثرهای خشکسالی به منظور کاهش آسیب‌پذیری جوامع روستایی ضروریست (Sharafi and Zarafshani., 2011). در آسیب‌پذیری مراتع به وقوع پدیده خشکسالی، خصوصیات بافت خاک هر منطقه در نگهداشت رطوبت قابل دسترسی گیاهان و مورفولوژی گیاهان مرتعی مانند عمق ریشه، اندازه برگ‌ها (سطح برگ‌ها)، خشبی و چوبی بودن ساقه گیاهان، وجود یا عدم وجود تیغ بر روی ساقه یا کرک بر روی برگ‌ها و یکساله یا چند ساله بودن گونه‌های گیاهی مرتعی نقش بسیار مهمی دارد (Sodaii zadeh et al., 2016; Gausling, 2000 and Thomas Sabaghpour, 2008; Bagheri et al., 2012). مقوله آسیب‌پذیری خشکسالی مفهومی است که با تمرکز روی

آن ۸۳۳۸۱ هکتار است. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی بین طول ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). حداقل ارتفاع حوزه ۱۴۹۲ متر، حداکثر آن ۴۰۴۲ متر مربوط به رشته کوه‌های شیرکوه و میانگین ارتفاع آن ۲۳۸۰ متر است. بارندگی متوسط حوزه آبخیز پیشکوه ۱۶۷ میلیمتر که حدود ۶۵ درصد از این بارش در فصل زمستان می‌باشد. مراتع حوزه آبخیز پیشکوه (دشت تفت - نصرآباد) شامل تیپ‌های گیاهی متفاوتی است که برخی از این تیپ‌های گیاهی در مناطق دشتی و برخی دیگر در مناطق کوهستانی و مرتفع مراتع محدوده مطالعاتی قرار دارند. بیشترین مساحت مراتع مطالعاتی مربوط به ارتفاع ۱۵۵۰ متر به بالا می‌باشد.

#### روش تحقیق

در این تحقیق، به‌منظور پهنه‌بندی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و برای تعیین وزن نقشه‌ها، از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP) استفاده شد. پس از تلفیق نقشه‌های وزن‌دهی شده، به‌منظور پایش و کنترل نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع از مطالعات میدانی کمک گرفته شد. در نهایت با همپوشانی نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع و نقشه تیپ گیاهی محدوده مطالعاتی، آسیب‌پذیرترین تیپ‌های گیاهی مرتعی حوزه آبخیز پیشکوه شناسایی گردید. در ادامه مراحل مربوط به شیوه تحقیق به تفصیل اشاره شده است.

۱) استخراج پارامترهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع

با اشاره به منابع یادشده در این تحقیق و با استفاده از نتایج تحقیقاتی Andrea Moring و همکاران (۲۰۱۲)؛ Wilhite و Wilhelmi (۲۰۰۲) و Karamouz و همکاران (۲۰۱۵)، پارامترهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری

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 می‌باشد. Yaghmaei و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که بین پوشش گیاهی مراتع و شاخص خشکسالی اقلیمی SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف همبستگی وجود دارد و در تیپ‌های مختلف گیاهی، زمان بارندگی و نوع فرم گونه گیاهی نقش مهمی در میزان تأثیرات بارش و خشکسالی بر پوشش گیاهی در هر منطقه دارد. Jiang و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی ویژگی‌های آسیب‌پذیری خشکسالی و ارزیابی خطر جنوب‌غربی چین را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه ضمن ارزیابی خشکسالی، جنبه آسیب‌پذیری را مورد توجه قرار داده است. در این پژوهش از شاخص استاندارد بارندگی (SPI) به‌عنوان شاخص ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی استفاده شده است. Dabanlia (۲۰۱۸)، پژوهشی در زمینه ارزیابی خطر خشکسالی در ترکیه انجام داد. در این پژوهش از داده‌های هیدرواقلیم و اقتصادی استانهای کشور ترکیه به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری و خطر خشکسالی استفاده شده است. نتایج حکایت از آن دارد که نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی می‌تواند به ذینفعان کمک کند تا مناطق آسیب‌پذیر را در برابر خشکسالی شناسایی کنند و از این طریق به آنها کمک نمایند. هدف از این پژوهش، ارزیابی و ارائه نقشه منطقه‌ای آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع در حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد بوده است.

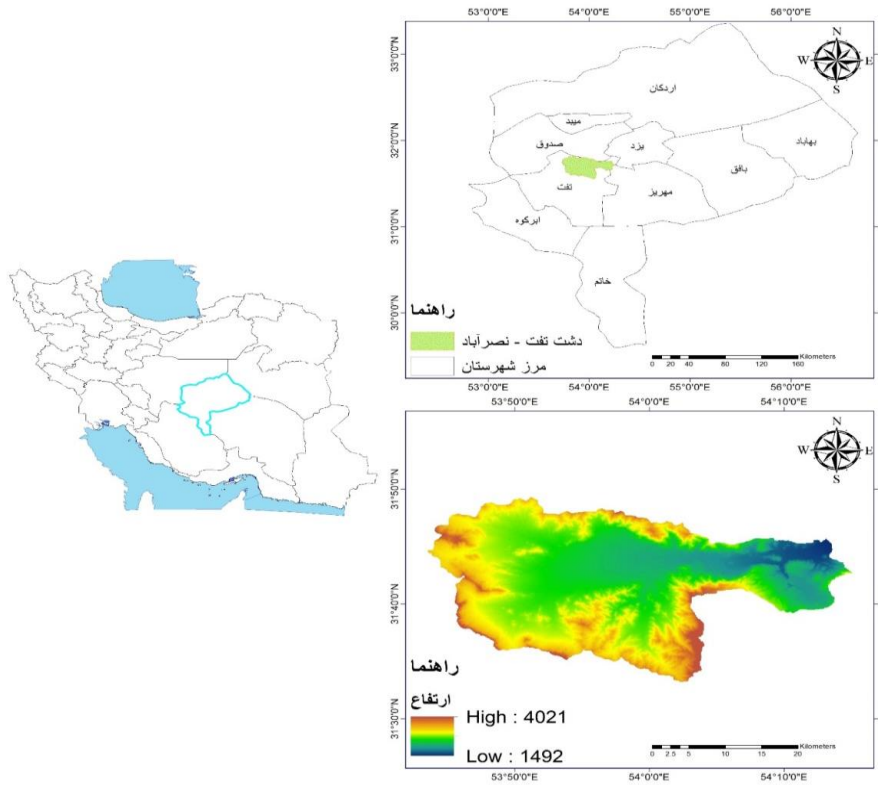
#### مواد و روش‌ها

##### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی شامل مراتع تابستانه دشت تفت - نصرآباد می‌باشد که در حوزه آبخیز پیشکوه قرار دارد. این حوزه آبخیز در بخش جنوب‌غربی استان یزد است و براساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، جمعیت آن ۴۲۸۴ نفر (در ۱۲۸۹ خانوار) بوده و مساحت

داده‌ها در محدوده مورد مطالعه بوده است. این پارامترها عبارتند از: (۱) شیب، (۲) جهت شیب، (۳) بارش، (۴) بافت خاک و (۵) تبخیر که از این به بعد در این مقاله به‌عنوان پارامترهای پنجگانه ذکر می‌شود.

خشکسالی مراتع حوزه آبخیز پیشکوه استخراج گردید. مبنای انتخاب پارامترهای مذکور در این پژوهش، براساس روش‌های علمی و تحقیقاتی سایر کشورهای جهان، ویژگی‌های خاص منطقه‌ای مراتع مطالعاتی و در دسترس بودن داده‌های مورد نیاز و قابلیت اطمینان این



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی محدوده مطالعاتی

داده‌های اولیه مربوط به پارامترهای پنجگانه، این داده‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تبدیل به لایه‌های اطلاعاتی رستری و یا همان نقشه‌های آسیب‌پذیری شد. هر یک از پیکسل‌های نقشه‌ها نمایانگر ارزش طبقه‌های آسیب‌پذیری آن پارامتر در خشکسالی و مقدار آن بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد. از این رو هر چه مقادیر زیادتر و به عبارتی به عدد ۱۰ نزدیکتر باشد، تأثیر بیشتری در آسیب‌پذیری خشکسالی دارد. در ادامه شیوه تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری پارامترهای پنجگانه حوزه آبخیز پیشکوه ارائه شده است.

## ۲) تهیه لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

در این پژوهش، داده‌های اولیه و پایه شامل آمار بارش و تبخیر ماهانه بلندمدت در طول دوره آماری (۹۵-۱۳۷۵) از ایستگاه‌های سینوپتیک، بارانسنجی و تبخیرسنجی موجود در منطقه مطالعاتی که وابسته به سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان یزد بود استفاده گردید. همچنین نقشه توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM SRTM) از سازمان جغرافیایی کشور و نقشه قابلیت اراضی از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور گرفته شد. پس از جمع‌آوری و تهیه آمار

## - پارامتر شیب مراتع

مطالعات Bahreini و همکاران (۲۰۱۳) و Ferrara و همکاران (۲۰۱۲)، برای هر یک از طبقات نقشه جهت شیب، بر مبنای تأثیرگذاری بر میزان دما، رطوبت، نفوذ، رواناب و تبخیر خاک یک ارزش آسیب‌پذیری خشکسالی در نظر گرفته شد (جدول ۲). در پایان نقشه جهت شیب بر اساس ارزش آسیب‌پذیری خشکسالی طبقه‌بندی و نقشه آسیب‌پذیری جهت شیب محدوده مطالعاتی تهیه گردید (شکل ۵).

جدول ۲- طبقات آسیب‌پذیری پارامتر جهت شیب در مراتع

جهت شیب	طبقات آسیب‌پذیری مراتع
شمال	۱
شمال‌شرقی - شمال‌غربی	۳
شرق - غرب	۵
جنوب‌شرقی - جنوب‌غربی	۸
جنوب	۱۰

## - پارامتر بارش مراتع

در این پژوهش به منظور بررسی نقش بارش در آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع از شاخص بارش استاندارد به عنوان یکی از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی که قادر به برآورد ویژگی‌های مختلف خشکسالی و نیز ترسالی می باشد، 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 (Singh & Mishra, 2010; Guttman, 1999). شاخص بارش استاندارد شده (SPI) به دلیل داشتن قابلیت‌های بیشتر از جمله تفکیک دقیق‌تر طبقه‌ها در هر یک از پدیده‌های ترسالی و خشکسالی، دقت بالاتر در جداسازی دوره‌های مرطوب و خشک و حساسیت بیشتر به تغییرات بارش، به عنوان بهترین شاخص به منظور تعیین خصوصیات آماری بارش (شدت و فراوانی) و تفکیک ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها شناخته شده است (Khalighi Sigaroudi et al., 2009). در این پژوهش از داده‌های بارش ۱۹ ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی موجود در

در عرصه‌های طبیعی و مراتع، شیب سطح زمین بر میزان نفوذ بارش مؤثر است (Zarrinabadi & Vaezi, 2016) از سویی نقشه‌های شیب نشان‌دهنده توپوگرافی منطقه است، از این رو هر چه شیب بزرگتر باشد، مقدار رواناب بیشتری را تولید می‌کند (Karamouz et al., 2015). در این پژوهش، ابتدا با استفاده از مدل رقمی ارتفاع (DEM SRTM)، نقشه شیب تهیه و بر اساس درصد شیب به طبقات مختلف تقسیم بندی شد. سپس با استفاده از نتایج تحقیقاتی Andrea Moring و همکاران (۲۰۱۲)، برای هر یک از طبقات شیب، یک ارزش آسیب‌پذیری خشکسالی در نظر گرفته شد (جدول ۱). سرانجام نقشه شیب بر اساس ارزش آسیب‌پذیری خشکسالی، طبقه‌بندی و نقشه آسیب‌پذیری شیب محدوده مطالعاتی تهیه شد (شکل ۴).

جدول ۱- طبقات آسیب‌پذیری پارامتر شیب در مراتع

درصد شیب	طبقات آسیب‌پذیری مراتع
کمتر از ۱	۱
۱-۲	۲
۲-۵	۴
۵-۱۰	۶
۱۰-۳۰	۸
بیشتر از ۳۰	۱۰

## - پارامتر جهت شیب مراتع

با توجه به اینکه در مراتع جهت‌های مختلف شیب زمین می‌توانند دریافت متفاوتی از تابش نور خورشید را داشته باشند، از این رو جهت شیب از جمله عوامل محیطی مؤثر بر پوشش گیاهی می‌باشد. به طوری که، درصد پوشش و تراکم گونه‌های گیاهی در دامنه‌های روبه شمال بیشتر از دامنه‌های جنوبی می‌باشد (Sohrabi et al, 2017). در این پژوهش، با استفاده از مدل رقمی ارتفاع (DEM SRTM)، نقشه جهت شیب تهیه و بر اساس جهت‌های مختلف شیب به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد. سپس با استفاده از نتایج

محدوده مورد مطالعه در طول دوره آماری مشترک (۹۵-۱۳۷۵) استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

ردیف	نام ایستگاه	UTMY	UTMX
۱	علیقلی بردستان	۳۴۹۵۶۰۵	۲۱۸۵۰۴
۲	ده بالا	۳۴۹۹۰۴۵	۲۲۵۸۸۰
۳	تفت	۳۵۱۵۸۹۲	۲۳۴۷۳۰
۴	شواز	۳۵۰۷۷۷۱	۷۴۹۸۷۴
۵	طزرجان	۳۵۰۰۴۶۰	۸۰۰۶۸۰
۶	خودسفلی	۳۵۲۴۷۶۸	۷۶۷۵۹۴
۷	علی‌آباد پیشکوه	۳۵۰۴۹۳۵	۷۶۸۱۰۸
۸	دامک علی‌آباد	۳۵۰۵۱۱۹	۷۶۹۰۷۹
۹	دره زرشک	۳۴۹۵۵۵۸	۷۷۰۱۷۹
۱۰	نصرآباد	۳۵۱۷۱۱۹	۷۷۰۲۸۲۷
۱۱	مبارکه	۳۵۱۹۹۵۷	۸۰۷۲۴۴/۲
۱۲	بیداخوید	۳۴۹۳۶۸۱	۷۷۷۱۲۵/۳
۱۳	اسلامیه	۳۵۱۴۵۳۰	۷۹۳۶۷۴/۸
۱۴	بناد کوک دیزه	۳۴۸۵۸۹۳	۷۸۱۷۸۱/۹
۱۵	دره شیر	۳۵۰۵۶۲۶	۷۸۵۵۴۳/۶
۱۶	سلطانب	۳۴۹۸۳۲۸	۷۸۶۱۴۸/۹
۱۷	مزرعه خسرو	۳۴۸۸۹۳۴	۷۸۸۷۱۱
۱۸	سخوید	۳۴۸۹۸۸۰	۷۹۰۸۹۲۲
۱۹	نیر	۳۴۸۷۲۳۶	۷۹۴۰۰۶/۸

۸۶، در سطح محدوده مطالعاتی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش درون‌یابی زمین‌آمار کریجینگ انجام شد. سپس با استفاده از نتایج مطالعات Rossi و همکاران (۲۰۰۷)، ارزش آسیب‌پذیری مربوط به هر یک از طبقات شاخص SPI مشخص گردید (جدول ۴). در نهایت پس از طبقه‌بندی نقشه شاخص SPI، بر اساس درجات آسیب‌پذیری، نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی بارش محدوده مطالعاتی تهیه گردید (شکل ۶).

سپس با استفاده از نرم‌افزار (DIP)، شاخص خشکسالی SPI در دوره آماری (۹۵-۱۳۷۵) برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه گردید. لازم به ذکر است در این نرم افزار، آماربلندمدت بارندگی بر اساس تابع توزیع گاما برازش داده می‌شود. در مرحله بعد، شدیدترین خشکسالی اقلیمی در طول دوره آماری که مربوط به سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ بود، انتخاب گردید و با توجه به مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های بارانسنجی یادشده، پهنه‌بندی مقادیر مربوط به شاخص SPI مربوط به سال زراعی ۸۷-

جدول ۵- کدهای نقشه قابلیت اراضی و طبقات آسیب‌پذیری

کد نقشه قابلیت اراضی	طرفیت نگهداشت آب در خاک	ارزش آسیب‌پذیری
۱/۱	۱	۱۰
۱/۲	۱	۱۰
۱/۶	۱	۱۰
۲/۳	۳	۸
۲/۶	۴	۶
۳/۲	۵	۴
۳/۹	۶	۳
۴/۱	۶	۳
۷/۱	۲	۹
۸/۲	۶	۳
۸/۵	۵	۴
۹/۵	۸	۱

## - پارامتر تبخیر مراتع

پارامتر تبخیر در آسیب‌پذیری گونه‌های گیاهی مراتع به تنش‌های محیطی، به‌ویژه خشکسالی نقش بسیار مهمی دارد، به گونه‌ای که در مراتع استپی حوزه آبخیز شیرکوه یزد، تبخیر و تعرق واقعی می‌تواند بیش از ۸۰ درصد از تغییرات تولید علوفه سالانه را توجیه کند (Fakhimi Abarghoee et al., 2019). در این پژوهش، به منظور بررسی نقش تبخیر در تهیه نقشه آسیب‌پذیری مراتع، از آمار و اطلاعات بلند مدت (۹۵-۱۳۷۵) مربوط به ۴ ایستگاه تبخیرسنجی موجود در محدوده مطالعاتی استفاده شد (جدول ۶).

جدول ۴- طبقات آسیب‌پذیری پارامتر بارش در مراتع

شاخص بارش استاندارد	طبقات آسیب‌پذیری مراتع
$-1 > SPI > 0$	۵
$-1/5 > SPI > -1$	۷
$-2 > SPI > -1/5$	۹
$SPI < -2$	۱۰

## - پارامتر بافت خاک مراتع

آسیب‌پذیری در یک اکوسیستم می‌تواند ناشی از محدودیت منابع آب در دسترس باشد. رطوبت خاک و آب در دسترس گیاه که ناشی از بافت خاک مراتع می‌باشد، یکی از عوامل مهم و محدودکننده در تولید گیاهان است (Saghafi Khadem et al., 2016). در این میان بافت خاک نقش موثری در نگهداشت رطوبت خاک و آب در دسترس گیاه دارد. با توجه به اهمیت بافت خاک در بحث آسیب‌پذیری خشکسالی و با توجه به اینکه در محدوده مطالعاتی، نقشه بافت خاک موجود نبود، از این رو با استفاده از نقشه قابلیت اراضی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، برای محدوده مطالعاتی و با استفاده از مطالعات میدانی و نظر کارشناسان خبره که تجربه کافی از وضعیت خاک منطقه را داشتند، ظرفیت نگهداشت آب در خاک برای کدهای مختلف قابلیت اراضی مشخص شد و ارزش آسیب‌پذیری بافت خاک تعیین گردید (جدول ۵). سپس نقشه بافت خاک بر اساس ارزش آسیب‌پذیری طبقه‌بندی شد و در نهایت نقشه آسیب‌پذیری بافت خاک مراتع در محدوده مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۷).

جدول ۶- مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجی و مقادیر تبخیر

ارتفاع ایستگاه (m)	میزان تبخیر خشک‌ترین سال (mm)	میانگین بلندمدت تبخیر (mm)	نام ایستگاه تبخیرسنجی
۲۱۲۳	۲۹۳۴	۲۵۲۲	علی‌آباد
۲۴۲۰	۲۵۵۹	۲۳۹۰	گاریز
۲۵۸۰	۲۵۱۷	۲۳۸۲	نیر
۲۶۰۶	۲۱۸۲	۲۱۰۶	ده بالا



۳- تعیین وزن نقشه‌های پایه بوسیله فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با توجه به ارزش متفاوت هر یک از نقشه‌های پایه در آسیب پذیری خشکسالی مراتع، اقدام به وزن دهی نقشه های مذکور گردید، تا وزن هر یک از نقشه های پنجگانه در نقشه نهایی مشخص شود. در این پژوهش، برای تعیین وزن هر یک از نقشه‌ها، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. این تکنیک بر اساس مقایسه- های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می دهد (Saaty, 1980). در این فرایند عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می شود (Ghodsi-pour, 2007). در این مقایسه، تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه ای که اگر عنصر  $i$  با عنصر  $j$  مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت  $i$  بر  $j$  یکی از حالات ارائه شده در جدول شماره (۷) است. این قضاوت‌ها به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده اند.

سپس رابطه بین میزان تبخیر و ارتفاع ایستگاه های تبخیرسنجی در حوزه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی رابطه گرادیان، ضریب همبستگی ( $R$ ) بین این دو عامل، برای میانگین بلند مدت برابر ( $R=0.78$ ) و رابطه گرادیان آن برابر ( $y=-0.6187x+3855/4$ ) بدست آمد، همچنین برای خشک‌ترین سال (۸۷-۱۳۸۶) ضریب همبستگی ( $R$ ) بین این دو عامل، برابر ( $R=0.91$ ) و رابطه گرادیان آن برابر ( $y=-1.2692x+5635/3$ ) بدست آمد، از این رو با توجه به بالاتر و قابل قبول تر بودن ضریب همبستگی بین دو عامل یادشده در خشک‌ترین سال، از رابطه گرادیان ارتفاع-تبخیر سال (۸۷-۱۳۸۶) برای تهیه نقشه تبخیر در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به گونه ای که در معادلات گرادیان خشک‌ترین سال و میانگین بلند مدت، لایه رقمی ارتفاع محدوده مطالعاتی بجای ( $X$ ) جایگزین و نقشه حاصل از این رابطه به عنوان نقشه تبخیر تهیه شد و پس از طبقه بندی، نقشه آسیب پذیری تبخیر مراتع حوزه آبخیز پیشکوه تهیه شد (شکل ۸).

جدول ۷- مقادیر کمی قضاوت‌های مدل AHP

ارزش (مقدار عددی)	نسبت به $i$ وضعیت مقایسه
۹	Extremely Preferred (کاملاً مرجح (کاملاً مهمتر)
۷	Very strongly Preferred (ترجیح (اهمیت) خیلی قوی
۵	Strongly Preferred (ترجیح (اهمیت) قوی
۳	Moderately Preferred (کمی مرجح (کمی مهمتر)
۱	Equally Preferred (ترجیح یا اهمیت یکسان
۲ و ۴ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

ناسازگاری بهبود داده شود. در این پژوهش، تکمیل پرسشنامه های ماتریس مقایسه های زوجی (شکل ۲) توسط کارشناسان خبره و استادان دانشگاه انجام شد. در این تحقیق ۱۵ عدد پرسشنامه تکمیل و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

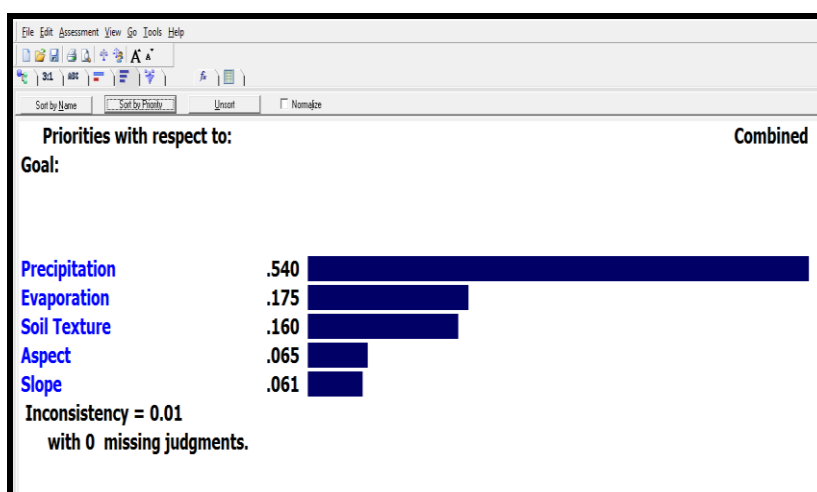
برای اینکه قضاوت نهایی با قضاوت افراد مطابقت داشته باشد، لازم است تا میزان ناسازگاری ماتریس ها کنترل شود. مقدار قابل قبول ناسازگاری بر اساس نظر ساعتی ۰/۱ است (Ghodsi-pour, 2007). در صورتی که از این مقدار بیشتر باشد، باید دوباره مقایسه زوجی انجام و یا میزان

شکل ۲- نمایی از طراحی پرسشنامه ماتریس مقایسه‌های زوجی پارامترهای پنجگانه

معیار	بارش	تبخیر	جهت شیب	نسبت	بافت خاک
شیب			۱		
جهت شیب				۱	
تبخیر		۱			
بارش	۱				
بافت خاک					۱

پس از استخراج داده‌های پرسشنامه، اطلاعات یادشده در نرم افزار Expert Choice Ver.11 وارد گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت وزن نهایی

هر یک از پارامترهای پنجگانه تعیین شد. در ادامه خروجی این نرم افزار با میزان ناسازگاری ۰/۰۱ آورده شده است (شکل ۳).



شکل ۳- خروجی نرم‌افزار (EC) مربوط به وزن‌دهی پارامترهای پنجگانه

#### ۴- تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه نهایی

پس از اینکه وزن هر یک از لایه‌های پنجگانه توسط مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین شد، وزن‌های به دست آمده، در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به هر یک از نقشه‌های رستری آسیب‌پذیری اعمال گردید و در پایان عملیات تلفیق لایه‌ها در نرم افزار ArcGIS انجام شد. هر یک از پیکسل‌های نقشه نهایی

رستری، نمایشگر عددی است که این عدد حاصل جمع پیکسل‌های لایه‌های پنجگانه دارای وزن می‌باشد و هرچه این عدد بالاتر باشد نشان دهنده آسیب‌پذیری بالاتر مراتع به خشکسالی می‌باشد. در مرحله آخر، طبقه‌بندی نقشه نهایی در پنج کلاس آسیب‌پذیری کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد و خیلی زیاد انجام شد.

## ۵- مطالعات میدانی

در این پژوهش، به منظور کنترل ودقت سنجی نقشه خروجی از مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی کمک گرفته شد. به منظور تعیین میزان آسیب پذیری خشکسالی مراتع منطقه مطالعاتی به روش مطالعات میدانی، از مستندات مربوط به خسارت های خشکسالی، تکمیل پرسشنامه های آسیب پذیری توسط دامداران و کارشناسان کشاورزی دفاتر ترویج کشاورزی و نیز بازدید های میدانی انجام شده از محدوده مطالعاتی استفاده شد.

۶- تهیه نقشه تیپ گیاهی و همپوشانی آن با نقشه آسیب پذیری خشکسالی مراتع  
در پایان، پس از اینکه نقشه نهایی آسیب پذیری

خشکسالی مراتع تهیه شد، اقدام به تهیه نقشه تیپ های گیاهی مرتعی به منظور همپوشانی و مطابقت دو نقشه مذکور گردید. در این مرحله بر اساس نقشه تیپ های گیاهی استان که توسط Baghestani Maybodi و Dashtakian (۲۰۱۵) ارائه شده است، نقشه تیپ های گیاهی مرتعی حوزه آبخیز پیشکوه، بر اساس مرز حوزه مطالعاتی، در محیط (GIS) تهیه گردید. در نهایت با همپوشانی و مطابقت نقشه تیپ گیاهی محدوده مطالعاتی با نقشه نهایی آسیب پذیری خشکسالی مراتع، مقاومترین و آسیب پذیرترین تیپ های گیاهی مرتعی مورد مطالعه شناسایی گردید. در ادامه جدول تیپ غالب گیاهان مرتعی منطقه مورد مطالعه آورده شده است (جدول ۸).

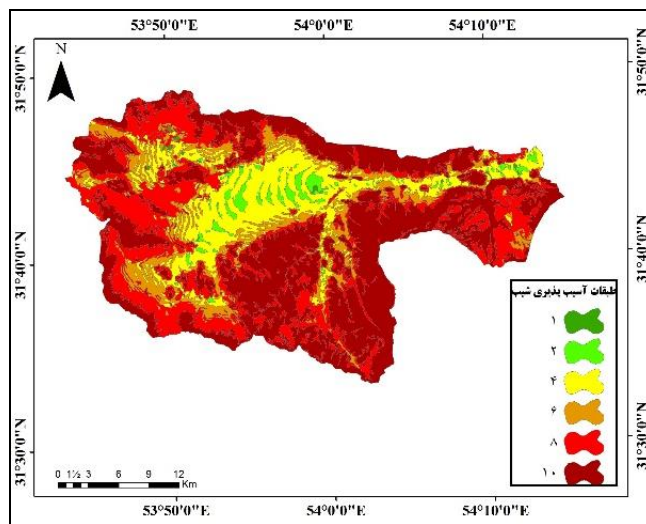
جدول ۸- تیپ گیاهان مرتعی غالب حوزه آبخیز پیشکوه

علامت اختصاری تیپ مرتع	نام تیپ	مساحت (هکتار)	ارتفاع
Ar.si	<i>Artemisia sieberi</i>	۷۷۹۲۶	۱۵۰۰-۲۲۰۰
Acl.sp.-Ac.	<i>Acantholimon sp. - Acanthophyllum sp.</i>	۳۹	۲۲۰۰<
Ar.au-As.sp.-St.ba	<i>Artemisia aucheri - Astragalus spp. - Stipa barbata</i>	۲۹۶۲۳	۲۲۰۰<
Ar.au-St.ba-As.sp.	<i>Artemisia aucheri - Stipa barbata - Astragalus sp.</i>	۲۴۶۷	۲۲۰۰<
Ar.au-St.ba.Sc.or	<i>Artemisia aucheri - Stipa barbata - Scariola orientalis</i>	۳۷۴۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰
Ar.au-As.sp.	<i>Artemisia aucheri-Astragalus.sp.</i>	۷۵۶۱۵	۲۲۰۰<
Ar.si-Co.mo	<i>Artemisia sieberi - Cornulaca monoacantha</i>	۴۴	۱۴۰۰-۱۵۵۰
Ar.si-Ec.	<i>Artemisia sieberi - Echinops sp.</i>	۳۹	۱۳۵۰-۱۵۰۰
Ar.si-Gy.de	<i>Artemisia sieberi - Gymnocarpus decander</i>	۵۱۵	۱۵۰۰-۲۲۰۰
Ar.si-No.mu-Sc.or	<i>Artemisia sieberi - Noaea mucronata - Scariola orientalis</i>	۲۲۹۴	۱۷۰۰-۲۱۰۰
Ar.si-Py.	<i>Artemisia sieberi - Pycnocycla spinosa</i>	۵۷۱	۱۴۰۰-۱۵۰۱
Ar.si-Sc.or	<i>Artemisia sieberi - Scariola orientalis</i>	۱۶۸۳۳	۱۶۰۰-۱۸۰۰
Ar.si-Sc.or	<i>Artemisia sieberi-Scariola orientalis</i>	۵۳۲۹۴	۱۵۵۰-۲۳۰۰
Co.mo	<i>Cornulaca monoacantha</i>	۰/۱۰۹	۱۵۰۰-۱۶۵۰
Sc.or-As.sp.	<i>Scariola orientalis - Astragalus sp.</i>	۰/۰۲۵	۲۵۰۰-۲۷۰۰

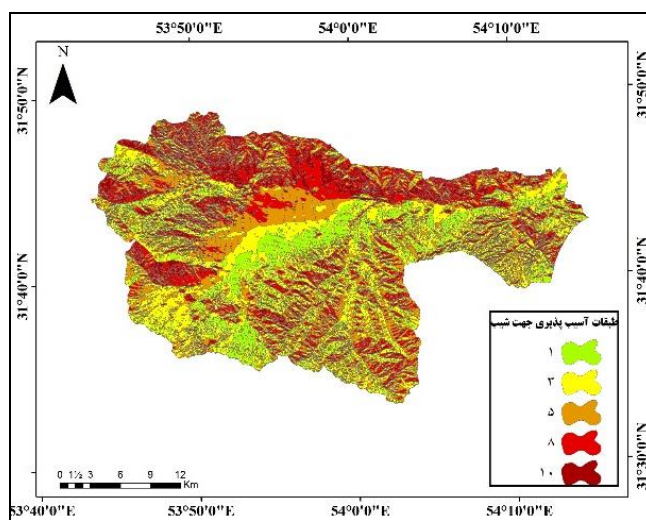
## نتایج

در این پژوهش، کاربرد مفهوم آسیب‌پذیری در مدیریت خشکسالی مراتع، با تهیه نقشه آسیب‌پذیری مراتع مورد بررسی قرار گرفته است. براین اساس، ابتدا نقشه‌های آسیب‌پذیری پارامترهای پنجگانه در محیط نرم افزار Arc GIS ver. 10 با فرمت رستری تهیه شد و تغییرات آسیب‌پذیری

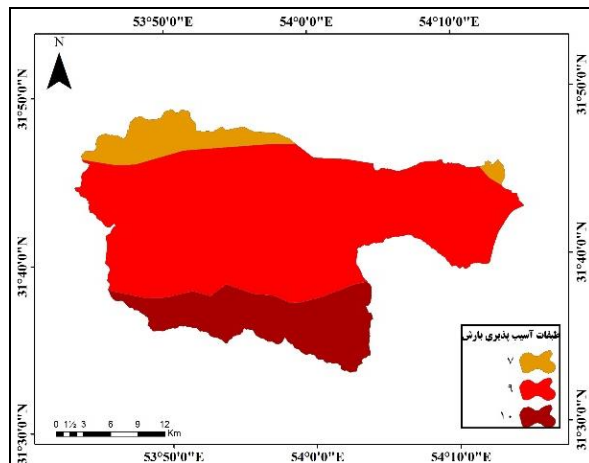
هر یک از پارامترهای پنجگانه در محدوده عددی ۱ تا ۱۰ طبقه‌بندی گردید. به طوری که عدد ۱ نشان دهنده کمترین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع است. نتایج مربوط به تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری پارامترهای پنجگانه مراتع حوزه آبخیز پیشکوه در شکل‌های ۴ تا ۸ ارائه شده است.



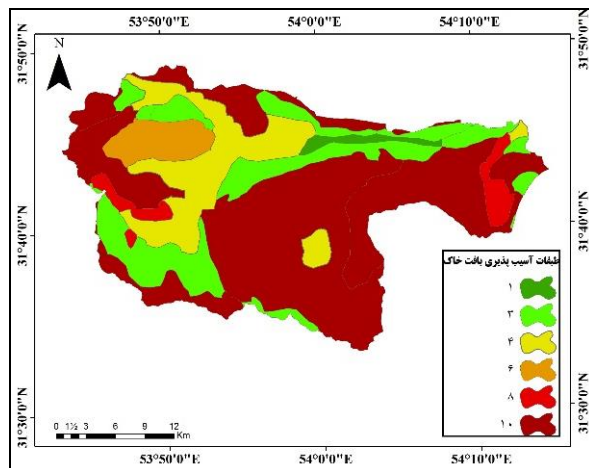
شکل ۴- نقشه آسیب‌پذیری طبقات شیب حوزه پیشکوه



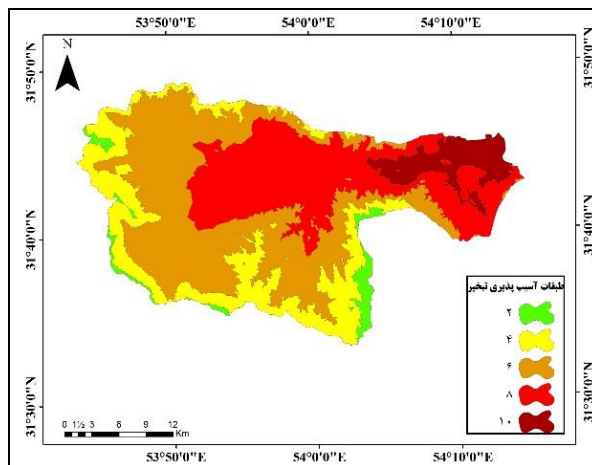
شکل ۵- نقشه آسیب‌پذیری جهت شیب حوزه پیشکوه



شکل ۶- نقشه آسیب‌پذیری بارش (SPI) حوزه پیشکوه



شکل ۷- نقشه آسیب‌پذیری بافت خاک حوزه پیشکوه

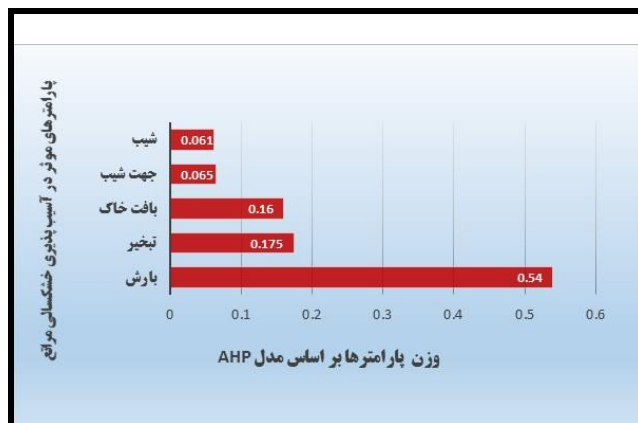


شکل ۸- نقشه آسیب‌پذیری تأخیر حوزه آبخیز پیشکوه

با توجه به ارزش متفاوت هر یک از نقشه‌ها در آسیب پذیری خشکسالی، اقدام به وزن‌دهی پارامترهای مذکور

پنج‌گانه بر اساس خروجی نرم افزار Expert Choice آورده شده است (شکل ۹).

توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شد. در ادامه نتایج مربوط به تعیین وزن نهایی هر یک از پارامترهای



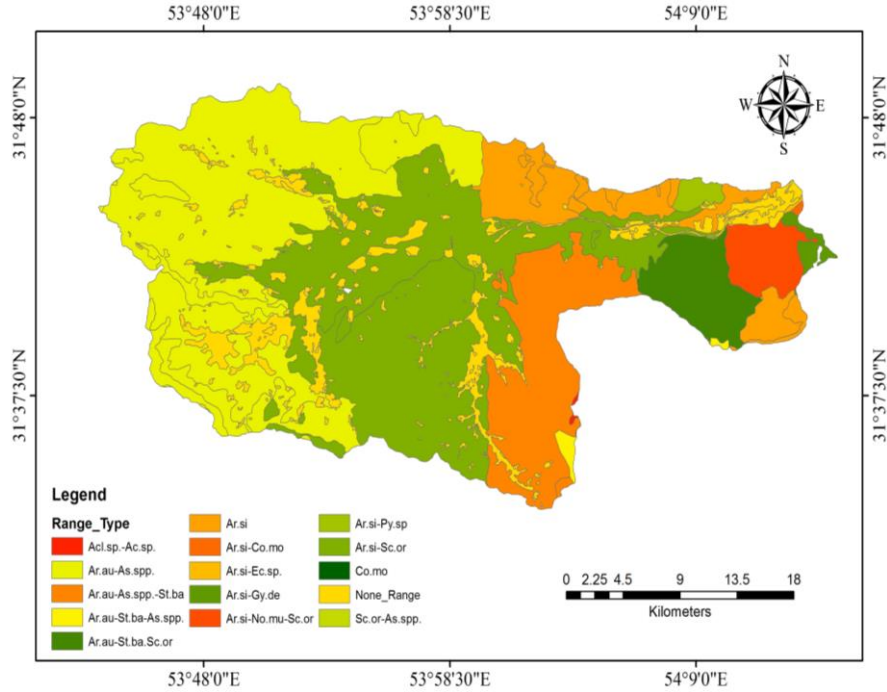
شکل ۹- نمودار مربوط به وزن نهایی هر یک از پارامترهای مورد بررسی بر اساس خروجی نتایج نرم‌افزار (EC)

روی نقشه تیپ‌های غالب گیاهان مرتعی استان یزد تهیه گردید (شکل ۱۰) و در نهایت با همپوشانی و مطابقت نقشه تیپ گیاهی با نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع، مقاومترین و آسیب‌پذیرترین تیپ‌های گیاهی مرتعی مورد مطالعه شناسایی شد.

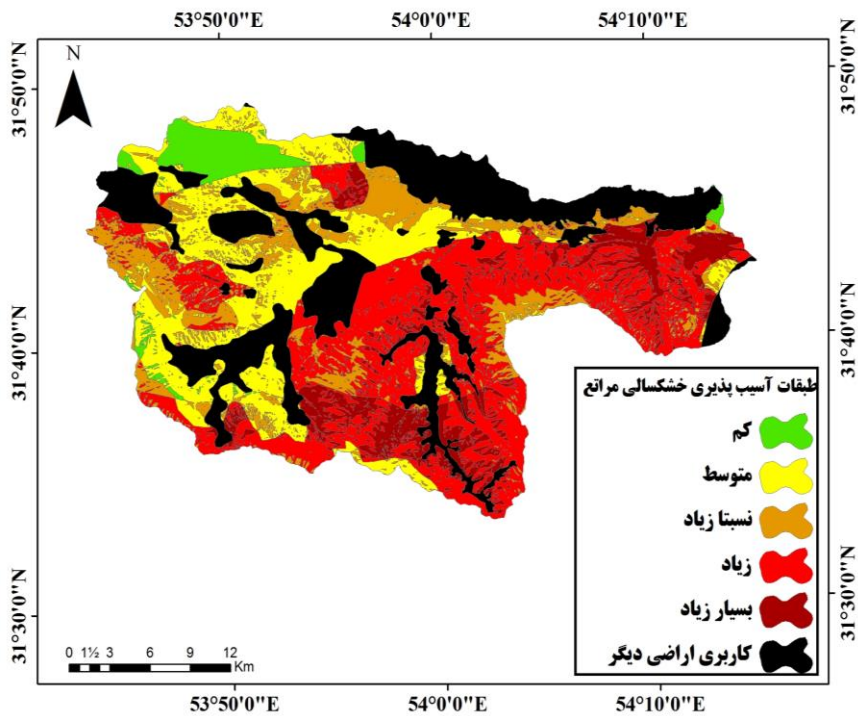
نتایج حاصل از نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع نشان می‌دهد نواحی شرقی، جنوب‌شرقی و جنوبی حوزه آبخیز پیشکوه بیشترین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع را دارند. همچنین نتایج نشان داد که مناطق مرکزی، غربی، شمالی و به‌ویژه شمال غربی آسیب‌پذیری متوسط و کمتری را نسبت به سایر مناطق این حوزه دارد. یافته‌های مطالعات میدانی در این تحقیق حکایت از آن دارد که در مناطقی که آسیب‌پذیری مراتع بیشتر است، عمدتاً آثار و شواهد فرسایشی بیشتری همانند کاهش درصد پوشش گیاهی، تضعیف پوشش گیاهی (کمیت و کیفیت علوفه)، افزایش هدررفت خاک و بیشتر شدن درصد سنگریزه‌ها، افزایش تولید رواناب، افزایش فرسایش شیاری و ... به چشم می‌خورد که این نتایج با یافته‌های مطالعات همپوشانی نقشه تیپ‌گیاهی و آسیب‌پذیری محدوده مطالعاتی نشان داد که گونه‌های *Ar.si*، *Ar.si-Co.mo*، *Co.mo* و *Ar.si* -

نتایج حکایت از آن دارد که بیشترین وزن پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع، مربوط به نقشه بارش که مقدار آن برابر با ۰/۵۴ می‌باشد. این نتایج با یافته‌های تحقیقات Abdollahi و همکاران (۲۰۱۴)، Holechek و Karabulut و همکاران (۲۰۰۲)، مبنی بر نقش پارامتر بارش به عنوان مؤثرترین پارامتر مطالعات مراتع همسو است. همچنین نتایج این پژوهش حکایت از آن دارد که وزن پارامتر تبخیر ۰/۱۷، بافت خاک ۰/۱۶ و جهت شیب ۰/۰۶۵ می‌باشد و کمترین وزن به پارامتر شیب با مقدار ۰/۰۶۱ تعلق دارد. در مرحله بعد، وزن‌های محاسبه شده توسط نرم افزار Arc GIS به هر یک از نقشه‌های آسیب‌پذیری پنج‌گانه اعمال گردید. سرانجام تمامی نقشه‌های آسیب‌پذیری پنج‌گانه رستری که دارای وزن (AHP) بودند، در محیط GIS با هم تلفیق و نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کل مراتع حوزه آبخیز پیشکوه، اعم از مراتع کم تراکم، نیمه‌متراکم و متراکم تهیه شد. نقشه نهایی بر اساس ارزش تلفیقی هر پیکسل، به پنج طبقه آسیب‌پذیری تقسیم‌بندی گردید که طبقه یک نشانگر آسیب‌پذیری کم و طبقه پنج نشانگر آسیب‌پذیری بسیار زیاد می‌باشد (شکل ۱۱). سپس نقشه تیپ‌های غالب گیاهان مرتعی بر اساس مرز حوزه آبخیز پیشکوه در محیط GIS از

مقاوم‌ترین گیاهان مرتعی کوهستانی (مراتع مرتفع) منطقه به-  
 شمار می‌روند. *Ec.sp.* مقاوم‌ترین گونه‌های مرتعی دشتی (مراتع کم‌ارتفاع) و  
*Ar.au-As.sp.-St.ba* و *Ar.au-As.sp.* تپ‌های گیاهی



شکل ۱۰- نقشه تپ‌های غالب گیاهان مرتعی حوزه آبخیز پیشکوه



شکل ۱۱- نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی تمامی مراتع حوزه آبخیز پیشکوه (مراتع کم تراکم، نیمه‌متراکم و متراکم)

جنوب شرقی و شرقی محدوده مطالعاتی شامل مراتع مزرعه نواب، اسلامیه، لای کره، فیض‌آباد، سانجی، دشتک سفلی، خشکک و ... میزان آسیب‌پذیری بیشتری دارد. بنابراین باید منابع و راهکارهای مدیریتی بیشتری در این مراتع برای حفاظت از خاک و پوشش گیاهی آن اجرا گردد و برنامه‌ریزی مناسبی به منظور آمادگی در برابر خشکسالی و کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع این پدیده، بر بخش دام و چرای دام‌ها در مراتع مورد مطالعه انجام شود. همچنین نتایج این تحقیق حکایت از آن دارد که برخی از مناطق مطالعاتی به‌ویژه بخش‌های مرکزی، شمالی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی حوزه آبخیز پیشکوه که شامل مراتع گلوپیک علیا، نصرآباد، هاشم‌آباد، یوردک بالا، دولت‌آباد، اکبرآباد، رضاآباد و ... می‌شود، دارای آسیب‌پذیری متوسط و به نسبت کمتری می‌باشد. به طور کلی، این امر برای تصمیم‌گیران و مدیران حائز اهمیت است که شیوه مدیریت خطر و بحران خشکسالی در مناطق مختلف باید متفاوت باشد، هر چند این مراتع در یک استان، شهرستان و یا حتی در یک دهستان قرار داشته باشد. در این میان، تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع یکی از اقدامات مهم به منظور پیاده‌سازی مدیریت جامع‌نگر خشکسالی مراتع می‌باشد. در پایان می‌توان به این مقوله اشاره نمود که نتایج حاصل از این گونه پژوهش‌ها که همراه با مطالعات میدانی می‌باشد، می‌تواند اطلاعات مناسبی را از بخش‌های مختلف منطقه در اختیار مردم منطقه، مدیران و کارشناسان مربوطه قرار دهد. این عوامل نقش مهمی در درک رفتار مردم و مسئولان محلی هنگام وقوع خشکسالی ایفا می‌کند تا نسبت به در نظر گرفتن واقعیت‌های آسیب‌پذیری محلی ناشی از خشکسالی اقدام مؤثر نموده و واکنش‌ها و تصمیم‌های مناسبی را در راستای کاهش آسیب‌ها و خطرات در رخدادهای آینده این پدیده اتخاذ نمایند. این اقدام کاربردی می‌تواند علاوه بر کاهش چشمگیر خسارت‌های وارده به بخش دامداری (گله‌داری) مناطق مطالعاتی، باعث مدیریت صحیح و کارآمد مراتع در خشکسالی‌ها شود، به طوری که از تضعیف پوشش گیاهی و گونه‌های با ارزشی که در معرض انقراض قرار دارند، در اثر چرای بی‌رویه در زمان‌هایی که مراتع با تنش خشکی بسیار بالایی روبه‌رو است، جلوگیری شود. این امر سبب جلوگیری از تشدید هدر رفت

همچنین نتایج حکایت از آن دارد که آسیب‌پذیرترین تیپ گیاهی منطقه مطالعاتی شامل *Ar.au-St.ba.Sc.or* می‌باشد. روش تحقیق استفاده شده در این پژوهش با پژوهش‌های Maja و همکاران (۲۰۱۰) مربوط به تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی کشور اسلوونی، Wilhelmi (۲۰۰۲) نبراسکای ایالات متحده آمریکا و Meriem Boultif و همکاران (۲۰۱۷) در الجزایر مطابقت زیادی دارد. اما آنچه باعث مزیت این پژوهش نسبت به موارد مشابه در سطح جهان تلقی می‌گردد، مطالعات میدانی انجام شده از مناطق آسیب‌پذیر محدوده مطالعاتی، به منظور کنترل و دقت‌سنجی نقشه‌های خروجی در این پژوهش می‌باشد. به منظور تعیین میزان آسیب‌پذیری خشکسالی منطقه مطالعاتی به روش مطالعات میدانی، از مستندات مربوط به خسارت‌های خشکسالی، تکمیل پرسشنامه‌های آسیب‌پذیری توسط کشاورزان، دامداران و کارشناسان منابع طبیعی و کشاورزی مستقر در دفاتر ترویج کشاورزی دهستان‌های مطالعاتی و نیز بازدیدهای میدانی انجام شده از محدوده مطالعاتی استفاده شد؛ به طوری که نتایج نشان دهنده مطابقت زیاد نقشه خروجی پژوهشی آسیب‌پذیری خشکسالی با مطالعات میدانی انجام شده می‌باشد.

## بحث

نتایج مطالعات میدانی این پژوهش نشان داد، در مراتع حوزه آبخیز پیشکوه، کمبود بارندگی یک عامل محدود کننده رشد و تولید علوفه محسوب می‌شود، زیرا میزان تبخیر و تعرق متناسب با بارندگی نیست و خیلی بیشتر از آن می‌باشد، از این رو همبستگی زیادی بین تولید علوفه با میزان تبخیر و تعرق واقعی وجود دارد. اما آنچه که باعث مقاومت برخی از تیپ‌ها و گونه‌های گیاهی در برابر آسیب‌پذیری خشکسالی در منطقه مورد مطالعه شده است، استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک توسط ریشه‌های عمیق گیاهان دائمی، چندساله و بوته‌ای مانند *Artemisia sieberi* sp. *Astragalus* و ... می‌باشد که این نتایج با مطالعات Fakhimi و همکاران (۲۰۱۹) همسو می‌باشد. آنالیز مکانی و ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع حوزه آبخیز پیشکوه نشان می‌دهد که برخی از مناطق مانند نواحی جنوبی،



- Sutera, A., 2001. The analysis of the standardized precipitation index in the Mediterranean area: large scale patterns. *Journal of Annals of Geophysical*, 44: 965-978.
- Boultif, M. and Benmessaoud, H., 2017. AGIS-based methodology for drought vulnerability modelling: application at the region of EL Hodna, central Algeria. *Lebanese Science Journal*, 18(1), p.53.
- Boultif, M. and Benmessaoud, H., 2017. Using climate-soil-socioeconomic parameters for a drought vulnerability assessment in a semi-arid region: Application at the region of El Hodna, (M'sila, and Algeria). *Geographica Pannonica*, 21(3):142-150.
- Dabanlia, I., 2018. Drought risk assessment by using drought hazard and vulnerability indexes. *Journal of National Hazards Earth System Science*. <https://doi.org/10.5194/nhess-2018-129>, 2018.
- Dorman, M., Svoray, T., Perevolotsky, A. and Sarris, D., 2013. Forest performance during two consecutive drought periods: diverging long-term trends and short-term responses along a climatic gradient. *Journal of Forest Ecology and Management*, 310: 1-9.
- Ebrahimi, A. and Hoseini, M., 2001. An investigating on environmental, economic and social effects of drought and its coping strategies in the nomadic society. the first national conference on water crisis, University of Zabol.
- Ehsani, A., Arzani, H., Farahpor, M., Ahmadi, H., Jafari, M., Jalili, A., Mirdavodi, H.R., Abasi, H.R. and Azimi, M.S., 2007. The effect of climatic condition on range forage production in steppe rangelands, Akhtarabad of Saveh, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(3): 260 - 269.
- Fakhimi Abarghoee, E., Arzani, H. and Soltani Gerd faramarzi, M., 2019. Performance evaluation of the "water balance model" to estimate long-term production in rangeland of Shirkooh, Yazd province, Iran, 12: (4)519-531.
- Fatehi Marj, A. and Hosseini Hossein Abadi. F., 2012. developing an agricultural drought risk management plan in Alamoot province pilot. Tehran Soil Conservation and watershed management research institute pub., P. 185.
- Ferrara, A., Salvati, L., Sateriano, A. and Nolè, A., 2012. Performance evaluation and costs assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators*, 23: 123-129.
- Ghodsi-pour, S. H., 2007. Analytical hierarchy process (AHP), Amirkabir University of Tech. Pub., Tehran.
- Guttman, N. B., 1999. Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *Journal*

خاک و کاهش فرسایش آبی و بادی در مواقع رخداد پدیده خشکسالی و شرایط تنش آبی بحرانی خواهد شد.

#### منابع مورد استفاده

- Abdollahi, J., Arzani, H., Naderi, H. and Mirjalili, M.R., 2014. Range forage production response to rainfall and temperature variability in Garize-Sofla area, Yazd. *Journal of Watershed Management Researches*, 27(2):165-174.
- Abdollahi, J., Arzani, H. and Naderi, H., 2011. Effective climatic factors on forage production in steppe Nedooshan rangeland in Yazd province. *Journal of Rangeland*, 5(1):45-55.
- Andrea, M., Ákos, N. and Zita, B., 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, 15th May, 2012.
- Arshad, S., Morid, S., Mobasheri, M. R. and Agha Alikhani, M., 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.
- Assal, T. J., Anderson, P. J. and Sibold, J., 2016. Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem. *Journal of Forest Ecology and Management*, 365: 137-151.
- Bagheri, S., Jafari, M., Heydari, M. and Tavili, A., 2012. Assessment of rangeland vulnerability to droughts based on soil moisture (Case Study: Hasanjoun Basin Taleghan). 2nd National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, Bandar Abbas, Islamic Azad University of Bandar Abbas Branch.
- Baghestani Maybodi, N. and Dashtakian, k., 2015. Ecological Regions of Iran- Vegetation Types of Yazd province. Research Institute of Forests and Rangelands AREEO. Release number 455.978-964-473-370-3.
- Baguskas, S. A., Peterson, S. H., Bookhagen, B. and Still, C. J., 2014. Evaluating spatial patterns of drought-induced tree mortality in a coastal California pine forest. *Journal of Forest Ecology and Management*, 315: 43-53.
- Bahreini, F. and Pahlevanravi, A., 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.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A. and

- of Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23 (1): 92-107.
- Salem, J., 2008. The effect of drought on the tribal life of the tribe Taheri in the province of Tabas. *Village and Development*, 11: 89-124.
  - Sharafi, L. W. and Zarafshani, K., 2010. Measuring economic and social vulnerability of farmers against drought, Case study: Wheat farmers in Kermanshah, Sahneh and Ravansar Counties. *Journal of Rural Researches*, 4: 129-154.
  - Sharafi, L. W. and Zarafshani, K., 2011. Vulnerability assessment, the point of starting of risk management in drought, *Journal of Regional Planning*, 1: 43-56.
  - Sodaii zadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammady maibody, A. M. and Hakim zadeh, M. A., 2016. The effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal of Plant Process and Function*, 5 (15):1-12.
  - Sohrabi, F., Saghari, M., Fatahi, B. and Rostampour, M., 2017. Influence of slope direction on some vegetation characteristics in western Zagros rangelands (Case study: Sarias-Paveh rangelands). *The First National and International Conference of Environmental sciences, Agriculture and Natural Resources*.
  - Thomas, M. T. and Gausling, T., 2000. Morphological and physiological responses of oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science*, 57:325-333.
  - Wilhelmi, O.V. and Wilhite, D. A., 2002. Assessing vulnerability to agricultural drought: A Nebraska Case Study. *Natural Hazards*, 25: 37-58.
  - Wilhite, D. A. and Glantz, M. H., 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Journal of Water international*, 10(3): 111-120.
  - Wilhite, D. A. and Vanyarkho, O., 2000. Drought: Pervasive impacts of a creeping phenomenon. In: DA Wilhite, ed. *Drought: A Global Assessment* (Volume I, pp. 245-255). London: Routledge Publishers.
  - Yaghmaei, L., Soltani, S., Jafari, R., Bashari, H. and Jahanbazi, H., 2017. An investigation on impact of drought on rangeland and forest vegetation changes in Chaharmahal & Bakhtiari province using MODIS satellite data, *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 15 (1): 91-108.
  - Zarrinabadi, E. and Vaezi, A. R., 2016. Runoff and soil loss as affected by land use change and plough direction in poor vegetation cover pastures, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(1), 87-98.
  - of the American Water Resources Association, 35: 311-322.
  - Jiang, S., Yang, R., Cui, N., Zhao, L. and Liang, C., 2018. Analysis of drought vulnerability characteristics and risk assessment based on information distribution and diffusion in Southwest China. *Journal of Atmosphere*, 9(7):239-245.
  - Karabulut, M., 2002. An examination of relationships between vegetation and rainfall using weather variable. *Journal of Range management*, 6(42): 525-540.
  - Karamouz, M., Zeynolabedin, A. and Olyaei, M. A., 2015. Mapping regional drought vulnerability: A Case Study. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 40.
  - Keyantash, J. and Dracup, J. A., 2002. The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1167-1180.
  - Khalighi Sigaroudi, S. H., Sadeghi Sangdehi, S. A., Awsati, K. H. and GHavidel Rahimi, Y., 2009. The Study of drought and wet year assessment models for stations in Mazandaran province. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 16 (1): 44-54.
  - Khumalo, G. F. and Holechek, J., 2005. Relationship between Chihuahuan desert perennial grass production and precipitation. *Journal of Rangeland and Ecology management*, 58(3):239-246.
  - Maja, S., Gregor, G., Klemen, B. and Samo, S., 2010. Assessing and mapping drought vulnerability in agricultural Systems – A case Study for Slovenia. *10th EMS/8th ECAC Zürich*, 13. September 2010.
  - Mishra, A. K. and Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216.
  - Rossi, G., Castignione, L. and Bonaccorso, B., 2007. Guidelines for planning and implementing drought mitigation measures. In: Rossi G, Vega T, Bonaccorso B (eds) *Methods and tools from drought analysis and management*, Ch 16, Springer, AA Dordrecht, The Netherlands 325-347.
  - Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
  - Sabaghpour, S. H., 2008. Indicators and measures of drought tolerance in plants. *10th Congress of Agronomy and Plant Breeding*, Tehran, Aboureihan Campus, University of Tehran. [https://www.civilica.com/Paper-NABATAT10-NABATAT10\\_042.html](https://www.civilica.com/Paper-NABATAT10-NABATAT10_042.html).
  - Saghafi Khadem, F., Ehsani, A. and Shahabi, M., 2016. Effects of drought and wetness conditions on the phenology of main species in Binaloud rangeland

## **Drought vulnerability zoning in dry and semi-arid areas (Case study: Pishkuh watershed in Yazd province)**

**M. Ekrami<sup>1</sup>, R. Mahdavi<sup>2\*</sup>, M. Rezaei<sup>3</sup>, H. Vagharfard<sup>4</sup> and J. Barkhordari<sup>5</sup>**

1-PhD student of Watershed Sciences and Engineering-water, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2\*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: ra\_mahdavi2000@yahoo.com

3- Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

4-Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

5- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Yazd Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran

Received: 03/11/2020

Accepted: 07/15/2020

### **Abstract**

Drought can reduce the sustainable production of natural ecosystems, including rangelands. The main purpose of this study was to expand the vulnerability of rangelands drought in the Pishkuh watershed in Yazd province. In the present study, geographical information systems and multi-criteria decision-making method (AHP) were used. In this regard, the parameters affecting the drought vulnerability of rangelands of the study area, including slope, slope direction, precipitation, soil texture, and evaporation were extracted and converted into information layers with the help of GIS. After weighing the layers in terms of importance in drought vulnerability in the framework of multi-criteria decision making (MCDM), the final combination and drought vulnerability map of the study area was prepared. Also, to control and measure the final map, field studies of the study area were used. Finally, a map of the dominant rangeland vegetation type was prepared and overlapped with the drought vulnerability map of the rangelands of the study area to identify the most resistant and vulnerable rangeland vegetation type. The results showed that the highest weight of the effective parameters in rangeland drought vulnerability was related to the precipitation with a value of 0.54, and the lowest weight was related to the slope with a value of 0.061. Based on the results, the eastern, southeastern, and southern regions of the Pishkuh watershed have the highest rate of rangelands drought vulnerability, and Ar.au-St.ba.Sc.or type is the most vulnerable vegetation type in the study area. It is recommended that more management resources and strategies be implemented in vulnerable rangelands to protect the soil and its vegetation.

**Keywords:** Ecosystem, vegetation type, drought management, degradation, GIS.