

## پهنه‌بندی مناطق رویشی پسته از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی

جمشید یاراحمدی<sup>۱</sup>

نسرين حاجی حسنی<sup>۲</sup>

اصغر فرج نیا<sup>۳</sup>

علی تاج‌آبادی‌پور<sup>۴</sup>

### چکیده

استمرار خشکسالی‌های اخیر در استان آذربایجان شرقی باعث کاهش منابع آبی قابل دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن و پسروری دریاچه ارومیه و گسترش سطح اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه شده است. از طرف دیگر، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده، به صورت بی‌رویه و نامتناسب با شرایط اقلیمی توسعه پیدا کرده است. لذا تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی بوده و تنها راه حل عملی در ارتباط با توسعه کشاورزی پایدار منطقه بشمار می‌رود. تحقیق حاضر با هدف تعیین پهنه‌های مناسب رویشی پسته جهت جایگزینی آن با باغات درجه دو و سه موجود در سطح استان انجام شده است. پهنه‌های مناسب کاشت پسته بر اساس فاکتورهای اقلیمی مختلف تأثیرگذار در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده از مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار ArcGIS

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.  
Email: yarhahmadi@itc.nl

۲- کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.  
Email: hajihasanin@yahoo.com

۳- عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

۴- عضو هیات علمی پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.

صورت گرفته‌است. نتایج این تحقیق نشان داد که از کل مساحت استان حدود ۲۵ درصد کاملاً مناسب، ۲۷ درصد نسبتاً مناسب و ۴۸/۴ درصد نیز کاملاً نامناسب جهت کاشت پسته می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه مناطق حاشیه دریاچه ارومیه جزء مناطق کاملاً مناسب بوده و این امر نشان می‌دهد که امکان جایگزینی باغات پسته با باغات موجود در این مناطق که نیاز آبی بالایی دارند، کاملاً عملی و امکان‌پذیر است. نتایج حاصله می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری مطمئن‌تر برنامه‌ریزان بخش کشاورزی جهت ارائه الگوی کشت جدید و جایگزینی باغات پسته با باغاتی با نیاز آبی بالا گردد.

**واژگان کلیدی:** پهنه‌بندی اقلیمی، پسته، مناطق مستعد و استان آذربایجان شرقی.

#### مقدمه

استمرار روند خشکسالی‌های اخیر باعث کاهش منابع آبی قابل دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن و پسروری آب دریاچه ارومیه و گسترش سطح اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه شده است. در همین مدت، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده به‌صورت بی‌رویه و نامتناسب با شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آبی در منطقه توسعه پیدا کرده است. جای تردیدی نیست که ادامه روند فعلی و عدم تعادل در میزان مصرف آب بخش کشاورزی با پتانسیل منابع آبی موجود و نادیده انگاشتن تغییرات اقلیمی صورت گرفته باعث فشار مضاعف بر منابع آبی موجود، بالاخص سفره‌های آب زیرزمینی منطقه شده و خسارات جبران‌ناپذیری را در پی خواهد داشت. بدون شک، تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی بوده و می‌توان اذعان کرد که در حال حاضر، ضروری‌ترین اقدام و تنها راه‌حل عملی در ارتباط با توسعه کشاورزی پایدار منطقه بشمار می‌رود. تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی است. الگوی کاشت به معنی سهم زیرکشت و نوع محصولات مختلف زراعی در یک منطقه بوده و این که کدام محصول با استفاده از چه عوامل تولیدی، با چه روشی و به چه مقدار تولید گردد، از برنامه‌های مهم آن می‌باشد. با تغییر الگوی کشت از محصولاتی با نیاز آبی بالا در طول دوره رشد خود،

به سمت محصولات با مقاومت بالاتر نسبت به کم آبی و محصولاتی که سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی و منطقه‌ای دارند، می‌توان گامی موثر در جهت مدیریت صحیح مصارف آب و افزایش بهره‌وری آن برداشت. تنظیم و اجرای الگوی کشت مناسب محصولات زراعی و باغی تحت تأثیر عواملی چون فاکتورهای طبیعی شامل ساختمان خاک، اقلیم، مقدار آب آبیاری در دسترس، فاکتورهای اجتماعی شامل گروه‌های زارعان (خانواده‌ها، فرهنگ‌ها و...) و فاکتورهای اقتصادی مانند قیمت تمام شده محصول برای زارع، قابلیت عرضه در بازار، سطح تکنولوژی در اختیار، نیروی انسانی موجود، اعتبار و وضعیت صنعتی منطقه، حمل و نقل و دسترسی به اطلاعات قرار می‌گیرد. پژوهشگران متعددی از قبیل واتسون بر این عقیده بودند که نوع تولیدی کشاورزی همانند دامنه تولید، بستگی به آب و هوا دارد و اینکه محصول سالیانه و کشاورزی بهره‌مند به وسیله آب و هوا تعیین می‌شود.

شمال غرب کشور ایران جزء مناطقی است که اقتصاد آن شدیداً وابسته به فعالیت‌های کشاورزی بوده و یکی از قطب‌های مهم در این زمینه محسوب می‌شود. انجام فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی صحیح در جهت فعالیت‌های کشاورزی این منطقه امری بسیار ضروری است. زیرا پدیده‌های اقلیمی می‌تواند خسارات زیادی به کشاورزان منطقه وارد نماید (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۹۴). پهنه‌بندی آگروکلیماتیک به مفهوم شناخت مجموعه شرایطی است که امکان کشت اقتصادی هر گیاه را با توجه به تأثیر عناصر اقلیمی (عوامل ناپایدار) و عوامل فیزیکی زمین (عوامل پایدار مانند خاک، ارتفاع، تیپ) فراهم می‌سازد و براساس تعیین شاخص‌های موثر نواحی همگن زراعی تعیین می‌گردند. اولین مرحله در پهنه‌بندی آگروکلیماتیک به کمیت در آوردن ویژگی‌های اصلی عناصر و عوامل فیزیکی زمین است که شناخت نواحی آگروکلیمیایی را میسر می‌گرداند و در صورتی میسر و دقیق خواهد بود، که داده‌های اقلیمی و فیزیوگرافی در یک مجموعه واحد مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

از آنجاییکه بررسی ویژگی‌های فنولوژیکی و ارتباط آن با خصوصیات اقلیمی برای مناطق بزرگ مشکل بوده و همچنین استفاده از روش‌های مستقیم و صحرایی جهت برداشت نمونه بسیار دشوار و توجیه علمی و اقتصادی ندارد، لذا استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مدرن

هم‌چون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مطالعه الگوهای کشت باعث درک بیش‌تر سامانه شده و دارای کارایی مناسب‌تری می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۹).

میرموسوی و میریان (۱۳۹۳: ۲۵۹) مطالعه‌ایی با هدف شناخت ویژگی‌های جغرافیایی موثر در کشت پسته در استان زنجان و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول انجام دادند. در این مطالعه از داده‌های ۱۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، ۵ ایستگاه کلیماتولوژی و ۱۵ ایستگاه باران‌سنجی استفاده شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از این بود که تنها محدوده‌های شمال‌غرب و شمال‌شرق، شامل دو ایستگاه آبیر و ماهنشان، از لحاظ شرایط جغرافیایی، محدودیتی برای کشت درخت پسته ندارد و پتانسیل کشت پسته در این نواحی وجود دارد. همچنین مشخص گردید مدل سلسله مراتبی (AHP) به‌دلیل دقت و توجه به جزئیات، نتایج بهتری را نسبت به مدل بولین ارائه می‌دهد.

لشکری و همکاران (۱۳۸۸: ۹۵) به مکان‌یابی محل‌های مناسب کشت درخت پسته در شهرستان سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌اند. در این تحقیق نواحی مستعد کشت پسته که با استفاده از نقشه‌های پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاک و غیره که حاصل تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای (با استفاده از سنجش از دور) در سیستم اطلاعات جغرافیایی نرم‌افزار (ArcGIS) می‌باشد، مشخص شده‌است. نقشه‌های به‌دست آمده از ۳ مدل، حاکی از این است که مدل بولین و مدل مقایسه‌ی زوجی به‌ترتیب کم‌ترین و بیشترین وسعت را از نظر مناطق مستعد کشت در بر می‌گیرند و مدل (AHP) به‌دلیل مقایسه‌ی دوبه‌دوی عوامل به‌عنوان بهترین مدل شناخته شد.

خیاطزاده ماهانی (۱۳۸۴: ۱۰) در مطالعه خود به بررسی عناصر اقلیمی (دما و رطوبت) موثر بر کشت محصول پسته در شهر رفسنجان پرداخته‌است. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با توجه به ضرایب، بیش‌ترین تأثیر عملکرد، ناشی از عامل حداکثر دمای بهمن و اسفند است.

خوشحال دستجردی و شهسواری (۱۳۸۴: ۱۹۳) کشت پسته را در دشت برخوردار با توجه به شرایط محیطی بررسی نموده‌اند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که در طول دوره بیولوژی پسته (در این منطقه ۲۵۷ روز) بارش و تابش به‌عنوان دو عنصر اقلیمی

محدودکننده فعالیت بیولوژی گیاه پسته مورد شناسایی قرار گرفتند، در صورتی که مقدار رطوبت نسبی هوا و نوع خاک‌ها چنین محدودیتی ایجاد نکردند. پیش‌بینی تاریخ احتمالی آغاز، طول و توسعه هر فاز فنولوژی و همچنین روبر شدن با سرمای بهاره و پیش‌رس پاییزه در منطقه از دیگر یافته‌های این تحقیق است.

حسینی و بهبهانی (۱۳۹۰: ۸۵) از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و الگوریتم ژنتیک به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد کشت زیتون استفاده نمودند. آنها جهت ارزیابی مدل‌های خود از مناطق کشت فعلی زیتون استفاده و دقت مدل‌های مذکور را مقایسه کردند. خوش اخلاق و سلطانی (۱۳۹۰: ۳۲) در مقاله‌ای با عنوان پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی توت فرنگی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان مازندران پرداختند. کاظمی و همکاران (۱۳۹۲: ۲۱) جهت پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی اراضی استان گلستان جهت کشت سویا از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده نمودند. آنها جهت انجام پروژه، از متغیرهای محیطی دمای متوسط، دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، شیب، جهات شیب، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، شوری، بافت، PH، میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، روی و پتانسیل آب زیرزمینی و سطحی به‌عنوان پارامترهای تأثیرگذار بهره جستند. صیدی شاهوندی و همکاران (۱۳۹۲: ۱۹۵) به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت ذرت دانه‌ای در استان لرستان از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و AHP استفاده نمودند. برای انجام این تحقیق از پارامترهای اقلیمی دما، بارش درجه روز و از پارامترهای محیطی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از شبکه هیدروگرافی و خاک را به عنوان پارامترهای موثر در پهنه‌بندی، مورد استفاده قرار دادند. Saha و Rahman (۲۰۰۸: ۱۶۵) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و همچنین فرایند تحلیل سلسله مراتبی به تدوین الگوی کشت مناسب برای منطقه سیل‌خیز بوگرا در بنگلادش پرداختند. پس از تلفیق روش‌های مورد استفاده، نتایج نشان داد که منطقه مورد نظر تناسب متوسط تا بالایی برای تولید گیاهان زراعی انتخاب شده دارد. لذا ۴ الگوی کشت مناسب برای منطقه در فصل سیل و پس از سیل در نظر گرفتند. Saha و Martin (۲۰۰۹: ۵۷۱) با

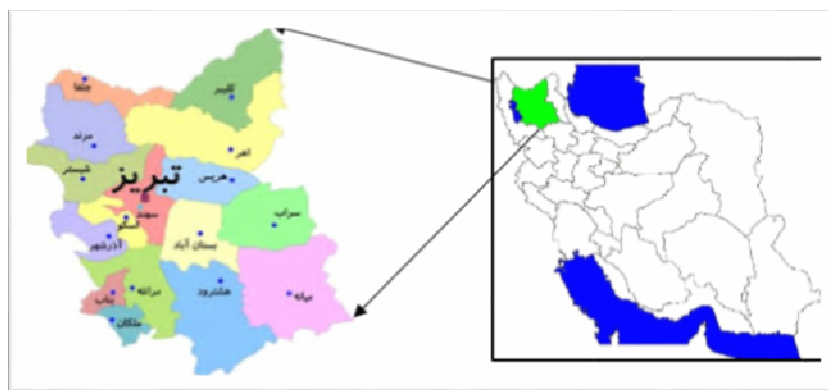
استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، قابلیت استعداد اراضی حوزه آبریز دهرادون در هندوستان را جهت کشت و تولید انواع محصولات بررسی کردند. در نتیجه بر اساس ارزیابی اراضی، ۱۱ واحد در این منطقه مستعد تشخیص داده شد که بر حسب نتایج استعدادسنجی، برای هر واحد اراضی دو الگوی کشت زمستانه و بهاره تعیین شد. Chen و همکاران (۲۰۱۰: ۵۸۴) بررسی جامعی در هنان جهت کشت تنباکو بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. آنها در این تحقیق از ۱۷ شاخص مرتبط با اقلیم، خاک و شکل زمین استفاده کردند. وزن این شاخص‌ها از پرسش‌نامه‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی بدست آمد. Samanta و همکاران (۲۰۱۱: ۱۳) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تحلیل سلسله مراتبی به پهنه‌بندی استان موروبه در گینه نو از نظر کشت برنج پرداختند. در این مطالعه از داده‌های اقلیم، توپوگرافی، منابع آب و اراضی استفاده کردند. هدف این تحقیق، تعیین پهنه‌های مناسب رویشی پسته از نظر اقلیمی در راستای اصلاح الگوی کشت و جایگزینی آن با باغات درجه دو و سه در استان آذربایجان شرقی می‌باشد که با استفاده از مدل‌سازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است.

## مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی در محدوده ۴۵ درجه و ۷ دقیقه الی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). آب و هوای آذربایجان شرقی به‌طور کلی سرد و خشک بوده ولی به‌علت تنوع توپوگرافیکی از اقلیم‌های متفاوتی برخوردار است. میانگین بارندگی سالیانه آن ۲۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و موقعیت جغرافیایی منطقه، استان را به منطقه‌ای مناسب و مستعد برای کشاورزی تبدیل کرده است. این استان با وجود خاک متنوع و حاصل‌خیز، منابع طبیعی وسیع در زمینه فعالیت‌های بخش کشاورزی یکی از مراکز عمده کشاورزی کشور به‌حساب می‌آید. از طرفی جلگه‌های حاصل‌خیز در استان تنوع آب و هوایی، حوضه‌های دریاچه ارومیه، رود بزرگ ارس، قزل‌اوزن سبب پیدایش مراکز تجمع

فعالیت‌های متعدد کشاورزی شده که امکان پرورش و کشت محصولات مختلف کشاورزی در آن فراهم است. وسعت اراضی کشاورزی استان را حدود ۱/۲۲ میلیون هکتار برآورد می‌کنند که معادل ۴۶/۶ درصد وسعت استان و حدود ۱۲/۶ درصد اراضی قابل کشت کشور را شامل می‌شود (سیمای آماری کشاورزی استان، ۱۳۹۳).



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

از آنجائی که هدف تحقیق حاضر تعیین پهنه‌های مناسب رویشی پسته جهت جایگزینی آن با باغات درجه دو و سه در استان آذربایجان شرقی می‌باشد بنابراین ضروری است تا اطلاعات اقلیمی تأثیرگذار در مراحل مختلف فنولوژی گیاهی، محدودیت‌های اصلی رشد و فاکتورهای اقلیمی تأثیرگذار در رشد و نمو آن مشخص گردد. اطلاعات یاد شده مطابق جدول (۱) از موسسه تحقیقات پسته کشور تهیه شده و به‌عنوان پارمترهای اقلیمی ورودی مدل جهت تعیین مناطق مستعد رویشی پسته مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول (۱) نیازهای رویشی پسته از نظر اقلیمی

شاخص	واحد	مناسب	قابل تحمل	نامناسب
ارتفاع از سطح دریا	متر	۹۰۰-۱۸۰۰	۲۲۰۰-۲۳۰۰ و ۱۸۰۰-۹۰۰	>۲۲۰۰ و <۲۰۰
نیاز سرمایی	ساعت	۱۰۰۰ ساعت بین صفر تا ۷ C <sup>0</sup>	۷۰۰ ساعت	<۶۰۰
دمای محیط در فصل رشد	C <sup>0</sup>	۲۵-۳۵	۲۰-۲۴ و ۳۶-۴۲	>۴۲ و <۲۰
دمای محیط در زمان گرده‌افشانی	C <sup>0</sup>	۱۶-۲۲	۱۰-۱۵ و ۲۳-۳۰	>۳۰ و <۱۰
رطوبت محیط در فصل رشد	درصد	۲۵-۳۵	۳۶-۶۰	>۶۰
رطوبت محیط در زمان گرده‌افشانی	درصد	۳۵-۵۰	۲۵-۳۴ و ۵۱-۶۵	>۷۰

منبع: موسسه تحقیقات پسته کشور

در تحقیق حاضر، از مدل همپوشانی وزن دار<sup>۵</sup> در محیط نرم افزاری ArcGIS به منظور تهیه مناطق مستعد کشت پسته استفاده گردید. مدل سازی به روش همپوشانی می‌تواند از طریق عضویت فازی<sup>۶</sup>، همپوشانی فازی<sup>۷</sup>، همپوشانی وزن دار و مجموع وزن‌ها<sup>۸</sup> انجام گیرد. از جمله مهمترین کاربردهای این روش‌ها در مدل‌سازی قابلیت مکانی<sup>۹</sup> و استعداد اراضی است. همان‌طوری‌که ذکر شد، در تحقیق حاضر از روش همپوشانی وزن دار جهت ترکیب و مدل سازی استفاده شده است. علت انتخاب این روش سادگی و سهولت در انجام آنالیز مکانی در کنار قابلیت و دقت نسبی بالای آن می‌باشد. در این روش، چندین لایه مکانی مختلف بعنوان ورودی مدل در نظر گرفته شده تا براساس تخصیص وزن به هر کدام از آنها بر مبنای درجه اهمیت‌شان و ترکیب آنها در نهایت یک لایه یا نقشه خروجی تهیه گردد. در این تحقیق، مراحل مدل‌سازی بشرح زیر بوده‌است:

جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با فنولوژی گیاهی، محدودیت‌های اصلی رشد و فاکتورهای تأثیرگذار در رشد و نمو آن؛

- 5- Weighted Overlay
- 6- Fuzzy Membership
- 7- Fuzzy Overlay
- 8- Weighted Sum
- 9- Suitability Modeling



بررسی نیازهای رویشی اقلیمی گیاه پسته با توجه به عناصر و عوامل اقلیمی مطابق (جدول ۱):

انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی (سینوپتیک- تبخیرسنجی و کلیماتولوژی) در بازه زمانی حداقل ۳۰ ساله برای کل استان؛

جمع‌آوری داده‌های اقلیمی در پایه زمانی روزانه، ماهانه و سالانه؛

تجزیه و تحلیل داده‌های اقلیمی جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزارهای آماری مورد نیاز (Excel, Spss) و ایجاد بانک اطلاعات اقلیمی؛

کنترل کیفی داده‌های جمع‌آوری شده و تکمیل خلاء داده‌ها در بازه زمانی قابل قبول از طریق روش‌های مناسب آماری؛

تهیه بانک اطلاعات مکانی اقلیمی در محیط نرم‌افزاری GIS و تهیه نقشه‌های اقلیمی مورد نیاز؛

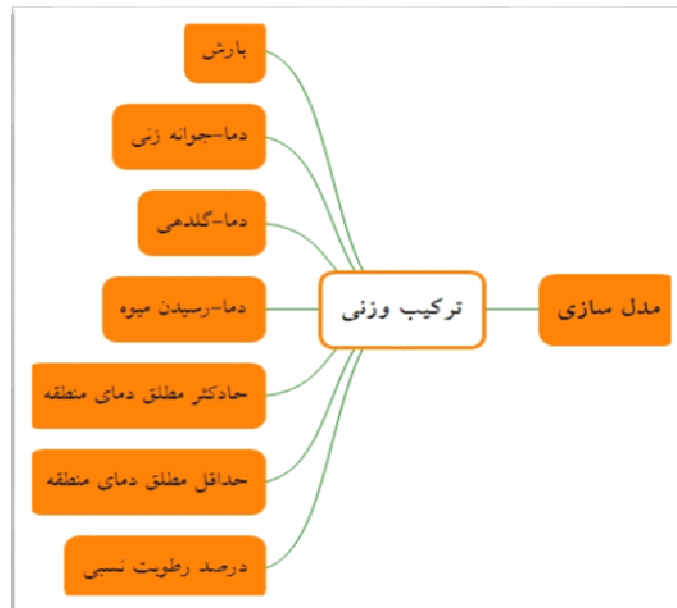
به‌کارگیری توابع تحلیل مکانی (Spatial analysis) نرم‌افزاری ArcGIS به منظور تبدیل تمامی نقشه‌های تهیه شده در مرحله قبلی که در فرمت برداری بودند به فرمت رستری؛

طبقه‌بندی مجدد ارزش نقشه‌های رستری تهیه شده در مرحله قبل براساس مقادیر و آستانه‌های اقلیمی مورد نیاز پسته با استفاده از تابع Reclassify موجود در تحلیل‌گر مکانی نرم‌افزار ArcGIS.

ارزش‌گذاری محدوده‌های موجود در نقشه‌های طبقه‌بندی شده در مرحله قبلی از طریق وزن‌دهی هرکدام از نقشه‌های مرتبط با پارامترهای اقلیمی. لازم به توضیح است که نحوه وزن‌دهی براساس نظر کارشناسی برمبنای درصد تأثیر و اهمیت محدودکنندگی هر یک از فاکتورهای اقلیمی صورت گرفته است. درصد تأثیر هر یک از عوامل به‌صورت ارزش نسبی بین ۰-۱۰۰ بوده که براساس نظر کارشناسی و میزان محدودکنندگی آن در انتخاب

بهینه مناطق مستعد انتخاب شده است. به‌عنوان مثال، چنانچه درخت پسته در زمان گلدهی محدودیت خاصی از نظر درصد رطوبت نسبی هوا داشته باشد، در تعیین پهناهای مناسب نهایی بایستی بیشترین وزن به این عامل داده شود و این بدان معنی خواهد بود که با احتمال اینکه منطقه مورد مطالعه از نظر سایر فاکتورهای اقلیمی مناسب کشت باشد ولی با توجه به عدم انطباق و کفایت شرایط رطوبتی در زمان گلدهی، در پهنا بندی نهایی، این منطقه در کلاس مناسب جهت کشت پسته قرار نخواهد گرفت.

آماده سازی مدل همپوشانی وزن دار در محیط نرم‌افزاری ArcGIS با استفاده از امکانات موجود در محیط ArcToolbox به‌منظور تهیه نقشه‌های ترکیبی نهایی (شکل ۲).  
اجرای مدل همپوشانی وزن دار تمامی نقشه‌های رقومی حاصل در محیط ArcGIS به‌منظور تهیه نقشه‌های نهایی تناسب اراضی جهت کاشت پسته در استان.



شکل (۲) فرایند مدل سازی شناخت پهناهای مناسب

## یافته‌ها و بحث

در تحقیق حاضر جهت شناسایی پهنه‌های مناسب کشت پسته در استان آذربایجان شرقی از متغیرهای مانند: ارتفاع، نیاز سرمایی، دمای رشد و نمو دیواره تخمدان، دمای رسیدن میوه، رطوبت محیط در فصل رشد، دمای محیط در زمان گرده افشانی و رطوبت محیط در فصل گرده افشانی استفاده گردید. نتایج مدل‌سازی و پهنه‌بندی هرکدام از این متغیرها در قالب نقشه‌های موضوعی در شکل‌های ۳ تا ۱۰ ارائه شده است.

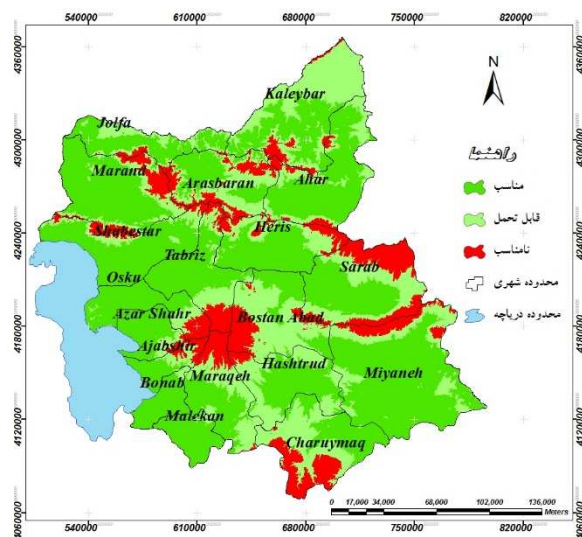
ارتفاع از سطح دریا یکی از عوامل محدود کننده رویش درخت پسته می‌باشد. مطابق اطلاعات موجود در جدول (۱) پسته در ارتفاع ۹۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا قابلیت رشد بهینه دارد. لذا در این بخش آستانه ۱۲۰۰-۶۰۰ به‌عنوان مناسب‌ترین ارتفاع در نظر تعیین شده است. این لایه اطلاعاتی براساسه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متری استخراج شده و نتایج پهنه‌بندی آن مطابق شکل (۳) ارائه شده‌است. نتایج این بخش نشان داد که حدود ۵۷ درصد استان مناسب کشت پسته بوده در حالی که مناطق نامناسب و قابل تحمل بترتیب ۱۳ و ۳۰ درصد است.

دما یکی از عوامل تعیین‌کننده در جغرافیای زراعی است. برای هر گونه گیاهی، آستانه حرارتی معینی تعریف شده است. ولی در این بین مراحل وجود دارد که به‌دلیل حساس بودن گیاه به تغییرات آب و هوایی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. جهت ترسیم نقشه نیاز سرمایی از آمار روزانه حداقل مطلق دما استفاده شده و نتیجه آن مطابق شکل (۴) نشان داده شده‌است. براین اساس، قسمت عمده استان در کلاس‌های مناسب و قابل تحمل قرار داشته و تنها ۳ درصد آن جزء مناطق نامناسب از نظر نیاز سرمایی است.

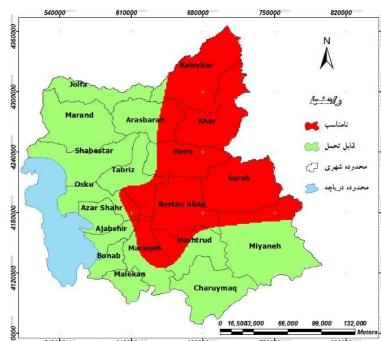
میزان درجه-روز موثر برای کشت درخت پسته ۳۵۰۰ درجه روز می‌باشد. بر این اساس، نقشه دمای محیط در موقع رشد و نمو دیواره تخمدان مطابق شکل (۵) تهیه شده است. محدودیت دمایی کشت پسته براساس این فاکتور اقلیمی زیاد بوده به‌طوری‌که نتایج پهنه‌بندی این متغیر اقلیمی نشان می‌دهد تقریباً هیچ پهنه مناسبی در سطح استان وجود

نداشته و ۵۶ درصد استان در کلاس قابل تحمل و ۴۴ درصد نیز کاملاً نامناسب می‌باشد. نتایج پهنه‌بندی از نظر دمای محیط در موقع رسیدن میوه در شکل (۶) ارائه شده است. از این نظر، تنها ۲ درصد سطح استان کاملاً نامناسب تشخیص داده شده در حالی که سطح مناطق مناسب و قابل تحمل به ترتیب ۷۰ و ۲۸ درصد تعیین شده است. نتایج مدل‌سازی مناطق مستعد رویشی پسته از نقطه نظر دمای محیط در زمان گرده افشانی در شکل (۷) ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصله، محدودیت قابل توجهی از نظر این فاکتور اقلیمی بر سطح استان در ارتباط با کشت پسته حاکم می‌باشد. به طوری که ۸۷ درصد سطح در کلاس قابل تحمل و بقیه کاملاً نامناسب پهنه‌بندی شده است.

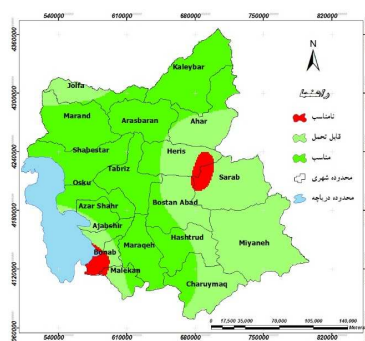
پسته در مقابل کم آبی و خشکی تقریباً مقاوم می‌باشد. رطوبت‌های بالا برای این درخت مضر می‌باشد و تاثیر مخرب بر روی هر یک از مراحل رشدی درخت می‌گذارد. میزان رطوبت مناسب برای درخت پسته پایین‌تر از ۶۰ درصد تعیین شده است. نتایج مدل‌سازی مناطق مناسب رویشی پسته در سطح استان براساس میزان رطوبت محیط در فصل رشد (شکل ۸) و رطوبت محیط در فصل گرده افشانی (شکل ۹) نشان داده شده است. براساس نتایج حاصله، تنها بخشی از مناطق شمال شرق استان به علت رطوبت بالاتر از ۶۰ درصد جزء مناطق کاملاً نامناسب بوده و در هر دوی این متغیر سطح عمده استان در کلاس قابل تحمل قرار گرفته است (به ترتیب ۷۷ و ۶۶ درصد). مناطق کاملاً مناسب که منطبق بر اراضی حاشیه دریاچه ارومیه بوده به ترتیب ۲۰ و ۲۴ درصد را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل (۳) مناطق مستعد براساس تغییرات ارتفاعی



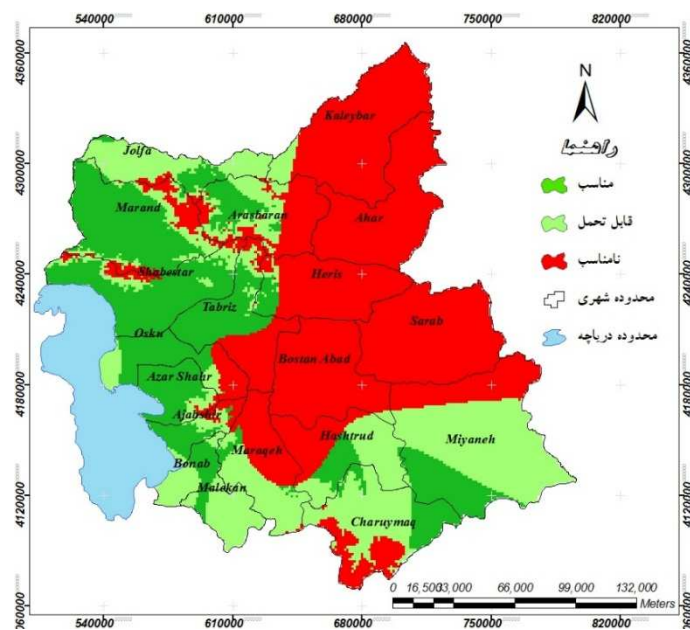
شکل (۵) مناطق مستعد براساس دمای محیط در موقع رشد دیواره تخمدان



شکل (۴) ناطق مستعد براساس نیاز سرمایی



مناطق کاملاً مناسب کشت پسته منطبق بر اراضی حاشیه دریاچه ارومیه بوده است و امر نشان می‌دهد که امکان جایگزینی باغات پسته به جای باغات موجود در مناطق حاشیه دریاچه ارومیه که نیاز آبی بیش‌تری نسبت به پسته دارند کاملاً عملی است.



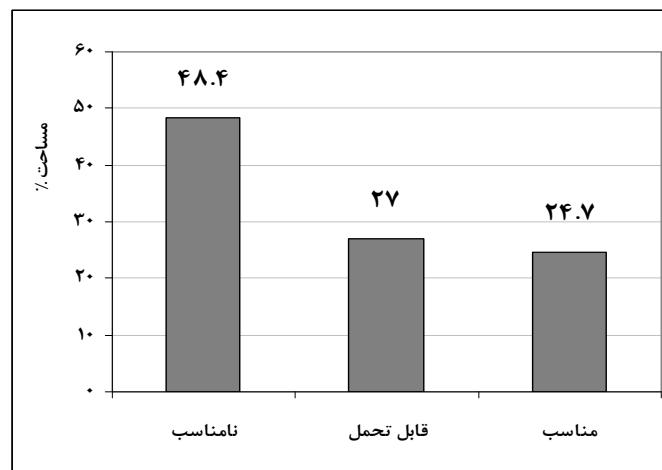
شکل (۱۰) پهنه‌های مستعد نهایی برای کشت پسته از نظر اقلیمی

### بحث و نتیجه‌گیری

اگرچه درجه حرارت عامل شروع‌کننده و محرک فرآیندهای بیداری و رشد هر گیاه در دوره فعالیت بیولوژیکی محسوب می‌شود، اما همین عامل می‌تواند باعث توقف و یا نارسا شدن رشد گردیده و یا به طور کلی نابودی آن را موجب شود. شناخت درجه حرارت‌های لازم و مطلوب در هر یک از فازهای فنولوژی و درجه توسعه هر فاز با توجه به مجموع واحدهای حرارتی کسب شده و نیز آستانه‌های حداقل و حداکثر محدوده طاقت گیاه و نیز میزان رطوبت نسبی و آب مورد نیاز آن مسایلی است که باید برای کشت هر گیاه در نظر گرفته شود.

به‌همین منظور این تحقیق جهت تعیین مناطق مناسب کشت پسته از طریق مدل‌سازی در محیط GIS و با استفاده از نیازهای اقلیمی گیاه صورت گرفت. نقشه مربوط به هرکدام از عوامل موثر در رشد و سازگاری پسته تهیه و با توجه به درجه تاثیرگذاریشان در انتخاب محل مناسب، توسط الگوریتم تلفیق وزنی جهت تهیه نقشه نهایی با هم ترکیب شدند. با توجه به شکل (۱۰) قسمت‌های ساحلی دریاچه اورمیه جزو مناسب‌ترین مناطق کشت پسته بوده که از یافته‌های ارزشمند این تحقیق به حساب می‌آید.

با توجه به وضعیتی که در روند خشک شدن دریاچه اورمیه حاکم است؛ یافته‌های این تحقیق در قالب اصلاح الگوی کشت، می‌تواند کمک شایانی در مدیریت منابع آب استان از طریق کاهش مصارف آب کشاورزی داشته باشد. با جایگزینی باغات پسته در حوضه دریاچه اورمیه با باغات موجود با مصارف بالای آب، ضمن کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی، امکان بهبود وضعیت اقتصادی جوامع محلی کاملاً وجود خواهد داشت و از این طریق می‌توان تا حد زیادی اثرات اقتصادی-اجتماعی استمرار خشکسالی‌ها در منطقه را کاهش داد.



شکل (۱۱) مساحت مربوط به کلاس‌ها در نقشه نهایی



## منابع

- بی‌نام (۱۳۹۳)، «سیمای آماری کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱»، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، اداره آمار و فناوری اطلاعات.
- حسینی، م.، بهبهانی، س.م.ر. (۱۳۹۰)، «استعدایابی و پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زیتون با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و الگوریتم ژنتیک»، *مجله مدیریت آب و آبیاری*، دوره ۱، شماره ۲، صص ۹۶-۸۵.
- حسینی، م.، زاهدی، م.، فتحی، م.، کامران، خ. (۱۳۹۱)، «پهنه‌بندی آگروکلیماتیک آفتابگردان در شمال دریاچه اورمیه»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۷، شماره ۴۵، صص ۶۷-۴۳.
- خوش اخلاق، ف.، سلطانی، م. (۱۳۹۰)، «پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی توت فرنگی با استفاده از GIS در استان مازندران»، *فصلنامه سپهر*، سال بیستم، شماره ۷۸.
- خوشحال دستجردی، جواد، شهسواری، سمیه (۱۳۸۴)، «بررسی شرایط محیطی و محاسبه نیازهای حرارتی کشته پسته در دشت برخوار»، *مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان*، شماره ۱۸ (ویژه‌نامه جغرافیا)، ۲۱۰-۱۹۳.
- خیاطزاده ماهانی، اعظم. (۱۳۸۴)، «بررسی عناصر اقلیمی (دما رطوبت) بر کشت محصول پسته در شهرستان رفسنجان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده انسانی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- صیدی شاهوندی، م.، خالدی، ش.، شکیباء، ع.، میرباقری، ب. (۱۳۹۲)، «پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ذرت دانه‌ای در استان لرستان با استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال سیزدهم، شماره ۲۹.
- کاظمی، ح.، طهماسبی سروسنایی، ز.، کامکار، ب.، شتایی، ش.، صادقی، س. (۱۳۹۲)، «پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی اراضی استان گلستان جهت کشت سویا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، جلد ۲۴ شماره ۴.
- لشکری، حسن و قاسم کیخسروی (۱۳۸۸)، «مکان‌یابی محل‌های مناسب کشت پسته در شهرستان سبزوار به روش استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)»، همراه با مدل‌های (بولین،

- نسبت‌دهی، روش مقایسه زوجی)»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی* (دانشگاه تبریز)، شماره ۲۷، صص ۱۳۹-۹۵.
- محمدی، محسن؛ مرادی، حمیدرضا و مهدی وفاخواه (۱۳۹۱)، «توزیع مکانی و ارتباط بین خشک‌سالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی دشت اراک»، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، دوره ۵، شماره ۱۵، صص ۷۷-۸۴.
- موسوی بایگی، محمد و بتول اشرف (۱۳۹۰)، «مکان‌یابی وقوع چرخه‌های یخ و ذوب و شناسایی مناطق پر مخاطره گیاهان زراعی و باغی (مطالعه موردی استان کرمان)»، *فصلنامه پژوهشی مهندسی آبیاری و آب*، سال اول، شماره ۴، صص ۷۲-۸۳.
- میرموسوی سیدحسین و مینا میریان (۱۳۹۳)، «مطالعه و پهنه‌بندی ویژگی‌های جغرافیایی کشت پسته در استان زنجان»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۸، شماره ۴۹، صص ۳۱۵-۲۹۵.
- یزدان پناه، حجت‌اله؛ کمالی؛ غلامعلی و زهرا حاجی‌زاده (۱۳۸۵)، «مکان‌گزینی اراضی مستعد کشت بادام در استان آذربایجان شرقی»، *مجله جغرافیا و توسعه*، پاییز و زمستان ۸۵، صص ۱۹۳-۲۰۳.
- Chen HS, Liu GS, Yang YF, Ye XF and Shi Z, (2010), "Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS", *Agri Sci.*, China, 9: PP. 583-592.
- Martin M D. and Saha M SK, (2009), "Land evaluation by integrating remote sensing for cropping system analysis in a watershed", *Current Sci*, 96(4): PP. 569-575.
- Rahman R and Saha SK, (2008), "Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area", *J. Spatial Sci*, 53(2): PP. 161-177.
- Samanta S, Pal B and Pal DK, (2011), "Land suitability analysis for rice cultivation based on multi-criteria decision approach through GIS", *Inter, Sci. Emerging Technol*, 2(1): PP.12-21.