

جغرافیا و توسعه شماره ۵۶ پاییز ۱۳۹۸

وصول مقاله: ۹۷/۰۳/۰۶

تأیید نهایی: ۹۷/۱۲/۰۶

صفحات: ۱۳۸-۱۱۹

پهنه‌بندی آگروکلیمای کشت زعفران در استان خراسان شمالی: رهیافتی برای تغییر الگوی کشت

دکتر غلامرضا مقامی‌مقیم^{۱*}، سید محمود حسینی صدیق^۲، رضا اسدی^۳، سگینه خانی‌تملیه^۴

چکیده

مشکلات مربوط به تغییر دما، شوری خاک و افت شدید آب زیرزمینی از یک سو و خشکسالی‌های اخیر توأم با مسائل عدیده باعث شده‌است که مصرف آب در بخش کشاورزی با اصلاح الگوی کشت کاهش یافته و محصولات سازگار با نیاز آبی کم و منطبق با آب و هوایی جایگزین محصولات فعلی شود. این پژوهش به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد کشت و با در نظر گرفتن نیازهای اکولوژیک زعفران مبتنی بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد و در محیط نرم‌افزار ARC/GIS10.3 مدل‌سازی شد و سپس تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت. نتایج نشان داد، حدود ۴۹۸ هزار هکتار یا ۱۷/۹۳ درصد از سطح استان خراسان شمالی شامل دشت‌های جاجرم، گرمه، گراتی، اسفراین، صفی‌آباد و بخش‌های از شهرستان‌های شیروان و فاروج با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و زمینی مستعد کشت زعفران است. ۸۱۱ هزار هکتار یا ۱۷/۲۹ درصد از این اراضی شامل بخش‌هایی از دشت‌های جاجرم، اسفراین، صفی‌آباد و فاروج در کلاس نسبتاً مناسب قرار دارد. در حدود ۱ میلیون و ۴۳۴ هکتار یا ۳۵/۹۹ درصد از اراضی شامل مناطق کوهپایه‌ای و دشت‌های کوهستانی و پس‌کرانه‌های دشت‌های صفی‌آباد، فاروج، شیروان، بجنورد، مانه و سملقان و اسفراین به دلیل ارتفاع، شیب، خاک و عوامل اقلیمی برای کشت زعفران دارای تناسب بحرانی هستند و در حدود ۴۶۹ هزار هکتار یا ۱۶/۸۹ درصد از اراضی شامل مناطقی از بجنورد، مانه و سملقان و بخش‌هایی از شهرستان راز و جرگلان است که به دلیل ویژگی‌های آب و هوایی، ارتفاع، شیب، جهات شیب و بافت خاک در کلاس نامناسب قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، کشت زعفران، AHP، استان خراسان شمالی.

gh.maghami@du.ac.ir

hosseiniseddigh@znu.ac.ir

reza.asadi_geography@yahoo.com

sham.khani@yahoo.com

۱- استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران *

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- دانش‌آموخته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی تربیت مدرس

۴- دانشجوی دکترا آب و هواشناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مقدمه

باتوجه به موقعیت جغرافیایی کشور ایران و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی کشور، این منطقه در اطراف مدار ۳۰ درجه شمالی در قلمرو و نفوذ پرفشار جنب حاره قرار گرفته است و فرونشینی هوا برقرار و گرمایش بی دررو حاصل می شود و رطوبت نسبی کاهش می یابد (سلیقه، ۱۳۹۵: ۴۲). همین امر موجب کمبود و نوسان ریزش های جوی سالانه و با تبخیر و تعرق پتانسیل (نیازآبی بالقوه) زیاد، افزایش دمای هوا، واداشت تابشی و ساعات آفتابی مواجه شده است که آب و خاک های این مناطق با شوری مواجه اند (قائمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۸۵-۷۲)؛ همچنین ناآگاهی از استفاده صحیح و بهینه از منابع آب موجود، سبب شده تا بیشترین آب مصرفی در این ناحیه از منابع زیرزمینی تأمین شود و این امر سبب بهره برداری و حفر چاه های عمیق و نیمه عمیق متعددی شده است که در نهایت ادامه این روند سبب تهی شدن سفره های آب شیرین و پیشروی آب شور کویر شده است (مقامی مقیم و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۳). واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک و همچنین نیاز به تغییر الگوی کشت و امکان کشت دوم برخی محصولات سازگار با توجه به تغییر رژیم دمایی و خاک در بخش کشاورزی استان خراسان شمالی امری ضروری است؛ زیرا این وضعیت موجب شده است تا برخی از محصولات کشاورزی که برای سالیان سال در مناطق بومی خود کشت می شدند، امکان کشت و عملکرد اقتصادی خود را در مناطق دائمی شان از دست بدهند و در مناطق با اقلیم جدید و سازگار کشت شوند. به طور کلی، اقلیم کشور ایران به سمت اقلیم گرم حاره ای (IPCC, 2018) و همچنین تحت پوشش اقلیم گرم و خشک (Bwh) و کاهش اقلیم های سرد و معتدل پیش می رود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۹). یکی از روش های تغییر الگوی کشت، جایگزین کردن محصولات پر مصرف با محصولات

کم توقع که نیاز آن به آب و مواد غذایی کم و همچنین گونه های جدید سازگار با گرم است. زعفران یکی از مهم ترین محصولات باغی کم توقع و سازگار با گرما در مناطق خشک و نیمه خشک ایران است که با تولید ۲۶۱ تن (۹۵/۶ درصد جهانی) رتبه نخست در دنیا را دارد (سعیدزاده، ۱۳۹۶: ۴۷).

کاشت و تولید زعفران در مناطقی که از نیمه های اریه پست به بعد بارندگی ها قطع شده و همچنین در طول فصول گرم سال دارای خواب تابستانه بوده است و نیاز آبی گیاه به صفر می رسد، بسیار ایده آل است و تحقیقات مختلفی از برتری کارایی اقتصادی مصرف آب زعفران نسبت به سایر محصولات در این مناطق حکایت دارد. نتایج تحقیقی نشان می دهد به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، درآمد زعفران نسبت به سیب زمینی ۲۰ برابر و نسبت به غلات ۸/۷ برابر بوده است (بهنیا، ۱۳۷۰: ۵۶). با توجه به اینکه دوره رشد زعفران محدود به پاییز، زمستان و اوایل بهار است؛ نیاز آبی این محصول عمدتاً توسط نزولات جوی تأمین می شود؛ بنابراین زعفران از گونه های گیاهی مهم گرمسیری سازگار با گرما و کم توقع کشاورزی است که بخش قابل توجهی از صادرات غیرنفتی کشور را تشکیل می دهد. در مناطق خشک و نیمه خشک به خصوص شمال شرق ایران، افت سطح سفره های آب زیرزمینی، تغییر رژیم دما و خاک به عنوان محدود کننده ترین سهم تولید، اولویت کشت را تعیین می کند. بدین علت در سال های اخیر، کاشت این محصول در استان خراسان شمالی در حال توسعه است و تاکنون به بیش از ۲ هزار و ۱۹۰ هکتار رسیده است که از این سطح ۱۴۲۲ هکتار بارور و ۷۶۸ هکتار غیربارور با تولید ۸،۸ تن است. در حال حاضر شهر فاروج از نظر سطح کشت و تولید با رتبه اول و اسفراین و شیروان به ترتیب با رتبه دوم و سوم، مهم ترین قطب تولید کننده زعفران در استان خراسان

منطق، درک و تجزیه برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (عنابستانی، ۱۳۹۳: ۱۸۲). جعفر بیگلو و مبارکی (۱۳۸۷) در تحقیقی با عنوان «سنجش اراضی استان قزوین برای کشت زعفران اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره» به این نتیجه رسیدند که کارایی روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران مناسب است. رشید سرخ آبادی و همکاران (۱۳۹۴) با تعیین نقشه پراکنش متغیرهای کیفیت آب و خاک در جهت کشت زعفران در اراضی شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان دادند که از مجموع مساحت شهرستان تربت حیدریه از نظر پهنه‌بندی کشت زعفران، ۸/۵ درصد دارای کیفیت بسیار مناسب، ۴۶/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۱۶/۵ درصد دارای شرایط نسبی برای کشت، ۱۷ درصد نامناسب و حدود ۱۱/۵ درصد کاملاً نامناسب است. آن‌ها مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید زعفران را در درجه اول، کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک معرفی کردند. مکانیکی و همکاران (۱۳۹۴) در راستای شناخت توانمندی‌های منطقه قائنات، از مدل (AHP) استفاده کردند و گزارش دادند که بیش از ۲۷۴۶ کیلومتر مربع (۱۷/۶۰ درصد) از مساحت منطقه برای کشت زعفران بسیار مناسب یا بدون محدودیت و ۲۱۲۶ کیلومتر مربع (۱۳/۶۲ درصد)، با محدودیت شدید است. همچنین پژوهشی دیگر توسط سالاری و همکاران (۱۳۹۵)، در رابطه با کاربرد زمین آمار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی براساس پارامترهای اقلیمی به این نتیجه دست یافتند که ثلث جنوبی استان خراسان رضوی از نظر اقلیمی دارای حداکثر پتانسیل

شمالی هستند (یوسفی، ۱۳۹۶: ۴). برای تولید اقتصادی محصول زعفران لازم است تا نیازهای اکولوژی این محصول با شرایط آب و هوایی استان خراسان شمالی مقایسه و نسبت به مکان‌یابی آگروکلیماتیک اراضی مستعد کاشت محصول اقدام شود. پهنه‌بندی آگروکلیماتیک به مفهوم شناخت مجموعه شرایطی است که امکان کشت اقتصادی هر گیاه را با توجه به تأثیر آب و هوایی و خاک منطقه فراهم می‌سازد و براساس تعیین شاخص‌های مؤثر نواحی همگن زراعی تعیین می‌شوند.

پیشینه تحقیق

از آنجایی که بررسی ویژگی‌های اکولوژی و ارتباط آن با خصوصیات آب‌وهوایی و خاک برای مناطق گسترده مشکل بوده و همچنین استفاده از روش‌های مستقیم و صحرایی در جهت برداشت نمونه دشوار است؛ بنابراین استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مدرن همچون سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز سایر تکنولوژی‌های جغرافیایی از طریق فراهم کردن اطلاعات ویژه (از قبیل عمل‌آوری و کشت محصول) در دستیابی به حداکثر محصول در جهت مطالعه الگوی کشت باعث درک بیشتر سامانه شده و دارای کارایی مناسب‌تری است (فرج‌نیا، ۱۳۹۴: ۲۸۴). با توجه به اینکه سنجش تناسب اراضی در سطح یک منطقه وسیع نیاز به لحاظ کردن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چندمعیاره (MCDA) استفاده شود. بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است (فرج‌زاده، ۱۳۹۴: ۱۹۷). این روش دربرگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است. به‌طوری که می‌توان گفت، این روش از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله‌مراتبی یک مسئله است و از طرف دیگر، با

است (رحیمی، ۱۳۹۵: ۹). جنس زعفران را از لحاظ گلدهی به دو گروه پاییزگل و بهارگل تقسیم‌بندی می‌کنند. زعفران زراعی از گروه پاییزه به‌شمار می‌رود و در ماه‌های مهر و آبان به گل می‌نشیند (باقری، ۱۳۶۸: ۸۱؛ نوری دلویی، ۱۳۵۴: ۱۰۲).

تکثیر زعفران منحصراً توسط پیازهای توپر به نام بنه (کورم) متداول است. زعفران گیاهی است فوق‌العاده کم‌توقع که نیاز آن به آب و مواد غذایی کم است (کیان بخت، ۱۳۸۷: ۱۱). زعفران بومی مناطق آب‌وهوایی مدیترانه‌ای با زمستانی ملایم تا سرد و تابستانی گرم و خشک است (Rangahu, 2003: 1). مقاومت زعفران در مقابل سرما زیاد است؛ ولی چون دوران رشد آن مصادف با پاییز و زمستان و اوایل بهار است، طبعاً در این ایام به هوای مناسب و معتدلی نیاز دارد (شیبانی و همکاران، ۱۳۸۱: ۶؛ محمدی و کریم‌پور، ۱۳۸۴: ۲۲۳). اراضی آفتاب‌گیر و بدون درخت که در معرض بادهای سردسیر نباشد، برای رشد زعفران مناسب است (امانی، ۱۳۸۸: ۱۸). ریشه زعفران سطحی بوده و حداکثر تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در خاک نفوذ می‌کند (بهنیا، ۱۳۷۰). زعفران با طول دوره رشد ۲۲۰ روزه از خصوصیات اکوفیزیولوژیکی ویژه‌ای برخوردار و گیاه منحصربه‌فردی است که گل آن قبل از هر اندام دیگر و با شروع سرمای پاییزه (آبان ماه) ظاهر می‌شود. زعفران یک گیاه مقاوم به سرما معرفی شده و پاسخ آن به آب تابستانی منفی و از الگوی ویژه‌ای پیروی می‌کند (Azizbekov, 1978: 471). عملکرد گل زعفران، ۸۰-۱۶٪ مربوط به متغیرهای خاک و ۱۰-۱٪ مربوط به آب‌وهواست (سعیدزاده، ۱۳۹۴: ۳۵۱). ابریشمی (۱۳۸۳) با بررسی نقاط مختلف زعفران‌خیز اعلام کرد که عامل ارتفاع از سطح دریا یکی از مهم‌ترین عوامل در کیفیت زعفران تولیدی است که بررسی‌های انجام‌شده نشان داده‌است که در ارتفاع ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا

کشت زعفران بوده و با حرکت به سمت شمال استان از میزان مستعدبودن کاشت کاسته می‌شود. سبحانی (۱۳۹۵: ۷۲) در پهنه‌بندی آگروکلیمایی کشت زعفران در استان اردبیل از روش سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که حدود ۴۱ درصد از مساحت استان اردبیل شرایط مناسب، ۲۰ درصد شرایط متوسط و ۳۹ درصد شرایط نامناسب برای کاشت گیاه زعفران است.

کامیابی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی عوامل اقلیمی مؤثر بر کشت زعفران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در دهستان‌های شهرستان رشت‌خوار پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در میان عوامل محیطی، بارش و دما به ترتیب با ضریب ۰/۲۸۱ و ۰/۱۳۷ بیشترین تأثیر و منابع آبی و تبخیر، کمترین تأثیر را داشته‌اند. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۵) به پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران برای تغییر الگوی کشت در کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که ۲۰/۸۰ درصد از مساحت این استان برای کشت زعفران شرایط مناسب و ۱۳/۳ درصد شرایط نامناسبی دارند.

هدف از این تحقیق، شناسایی پتانسیل توان اکولوژیکی کشت زعفران در استان خراسان شمالی با توجه به شرایط آفت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی و نامتناسب بودن شرایط آب‌وهوایی در ارتباط با افزایش دمای هوا، کاهش بارش، افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل (نیاز آبی بالقوه) و ساعات آفتابی منطقه است که دستیابی به آن با استفاده از مدل ریاضی AHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شده‌است.

مبانی نظری

زعفران (saffron) با نام علمی (*Crocus sativus*)، گیاهی علفی از تیره زنبقیان (Iridaceae) چندساله به ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، گل‌های بنفش‌رنگ، دارای خامه بلند و کلاله سه‌قسمتی به رنگ نارنجی یا قرمز

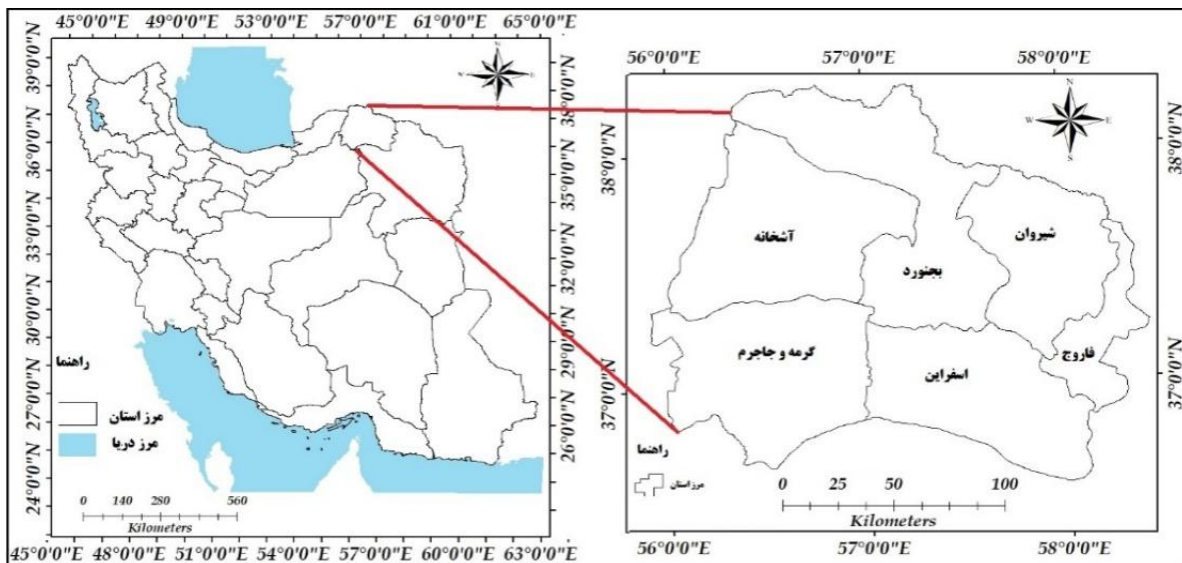
حداقل هر ۲۰ روز باید مزرعه را آبیاری کرد، مگر در مواقعی که بارندگی کافی باشد.

با توجه به تحقیقات بالا می‌توان گفت که چون این گیاه در فصل تابستان در استراحت کامل به سر می‌برد و در برابر گرما و سرما زیاد و همچنین به شوری خاک اراضی مقاوم است و نیاز چندانی به آبیاری ندارد، قابلیت کشت و توسعه سطح زیرکشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک را دارد (سبحانی، ۱۳۹۵: ۷۴).

روش پژوهش

استان خراسان شمالی در شمال شرق ایران قرار دارد. از نظر موقعیت ریاضی بین مدارهای ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و بین نصف‌النهارهای ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱). وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۲۸۴۳۴ کیلومتر مربع است که از ۸ شهرستان (بجنورد، شیروان، اسفراین، مانه و سملقان، راز و جرگلان، جاجرم، فاروج و گرمه) تشکیل شده‌است که حدود ۱/۷ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد. استان خراسان شمالی یکی از مناطق سردسیر کوهستانی کشور است و از لحاظ تقسیم‌بندی‌های اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک و خشک به حساب می‌آید و آب‌وهوای استان به‌طور کلی سرد و خشک بوده‌است؛ ولی به‌علت توپوگرافی متنوع و گسترده از اقلیم متفاوتی برخوردار است. شرایط آب‌وهوایی، ویژگی‌های خاک و موقعیت جغرافیایی منطقه، استان را به منطقه‌ای مناسب و مستعد برای کشاورزی تبدیل کرده‌است.

کشت و کار زعفران استقرار یافته‌است. فرج‌زاده و میرزاییاتی (۱۳۸۶: ۷۳) و یزدچی و همکاران (۱۳۸۹: ۱۵۴)، محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰-۱۳۰۰ متر و شیب کمتر از ۸ درصد برای رشد آن مناسب پیشنهاد کردند. عرض جغرافیایی عامل مهم دیگری است که نقش مهمی در این زمینه دارد. اکثر نواحی زعفران خیز گذشته و حال حاضر در ایران در حدود ۳۲ تا ۳۶ درجه عرض جغرافیایی قرار گرفته‌اند. حداقل دمای هوا بین ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد در دوره رویشی، متوسط دمای هوا بین ۹ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دوره زایشی و حداکثر دمای هوا کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دوره رکود از عناصر نیازهای اقلیمی این محصول ذکر شده‌است (سبحانی، ۱۳۹۵: ۷۶؛ یزدچی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵۴-۱۵۳). زعفران در خاک‌های سیلیسی، رسی و آهن‌دار گچی رشد مناسبی دارد. حضور کلسیم در خاک باعث تجزیه مواد آلی می‌شود و شرایط را برای افزایش عناصر کم‌مصرف در جهت تغذیه گیاه مهیا می‌کند. در خصوص بهترین زمان کاشت نیز تحقیقات مختلفی انجام گرفته‌است؛ ولی از آنجا که هر منطقه اقلیم خاص خود را دارد، بهترین زمان کاشت در مناطق مختلف متفاوت بوده و از اواخر شهریور در مناطق سردسیر تا اواسط مهر در مناطق گرمسیر متفاوت است. آبیاری مزرعه زعفران پس از کاشت از اواسط مهر شروع و تا نیمه اول اردیبهشت با دور ۱۲ روز انجام می‌شود؛ مگر در زمانی که یخبندان زمستانی است (امام‌جمعه، ۱۳۷۲: ۴). هر قدر در زمستان به گیاه زعفران آب بدهند مفید و در ازدیاد محصول مؤثر است (بریشمی، ۱۳۷۶: ۴۸). از سال دوم به بعد اولین آب در اوایل آبان دیده می‌شود و



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان خراسان شمالی

مأخذ: پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۱: وضعیت کاربری اراضی استان خراسان شمالی (KM²)

سایر	اراضی مسکونی	اراضی آبی و باغ	مرتع	جنگل	اراضی زراعی	جمع
۳۹۳۳۱	۱۲۶۷	۶۲۷۷/۶	۲۸۱۹۲۵	۳۶۸۸۸/۰۸	۴۰۲۰۹/۱	۴۰۵۸۹۷/۷۸
۹/۷	۰/۳	۱/۵	۶۹/۵	۹/۱	۹/۹	۱۰۰

مأخذ: آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی، ۱۳۹۶

و همچنین از ۵ ایستگاه سینوپتیک (همدید) مجاور سبزوار، مشهد، قوچان، گلستان و شاهرود (به‌عنوان ایستگاه کمکی) استفاده شد (جدول ۲).

در انجام این تحقیق از داده‌های زمینی و اقلیمی با طول دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۵۰-۱۳۹۴) از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک^۱ (همدید)، کلیماتولوژی^۲ (آب و هواشناسی) منطقهٔ بجنورد، شیروان، اسفراین، جاجرم

جدول ۲: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک (همدید) و کلیماتولوژی (آب‌وهواشناسی) منطقه

ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بجنورد	۱۰۹۱	۵۷/۳۳	۳۷/۵۳
اسفراین	۱۳۰۰	۵۷/۴۷	۳۷/۰۸
شیروان	۱۷۵۰	۴۶/۷۶	۳۷/۸
جاجرم	۹۰۵	۵۶/۵۱	۳۷/۰۹

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۳: نیازهای رویشی کشت زعفران

نامناسب	تناسب بحرانی	نسبتاً مناسب	کاملاً مناسب	کلاس
> ۸	۵ - ۸	۲ - ۵	۲ - ۰	شیب برای آبیاری سطحی (درصد)
۲۹۲/۵ - ۲۲/۵	۲۴۷/۵ - ۲۹۲/۵	۱۱۲/۵ - ۶۷/۵	۲۴۷/۵ - ۱۱۲/۵	جهت شیب (درجه)
- < ۲۴۰۰ > ۶۰۰	۹۰۰ تا ۶۰۰ و ۲۳۰۰ تا ۲۰۰۰	۱۳۰۰ تا ۹۰۰ و ۲۰۰۰ تا ۱۸۰۰	۱۸۰۰ - ۱۳۰۰	ارتفاع
رسی	لومی-شنی	لومی	رسی-لومی	بافت خاک
رودخانه، مردابی و مناطق صخره‌ای	جنگل‌های تنگ، سنگلاخی، مراتع و درخت‌های پراکنده	زمین بایر، اراضی کشاورزی دیم	نواحی و مناطق مستعد کشاورزی و باغ	کاربری اراضی
> ۵ - < (-۲۰)	(-۱۵) - (-۵)	(-۱۵) - (-۱۸)	(-۲۰) - (-۱۸)	حداقل دمای هوا (سانتی‌گراد) در دوره رویشی (از اول آذر تا آخر اردیبهشت)
> ۲	۷-۲	۱۴-۷	۱۸-۱۴	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد) در دوره زایشی (از ابتدا تا انتهای آبان)
< ۴۰	۴۰-۳۵	۳۵-۲۵	۲۵-۲۰	حداکثر دمای هوا (سانتی‌گراد) در دوره رکود (از اول خرداد تا آخر مهر)
< ۲۲۰	۲۴۵-۲۲۰	۲۵۵-۲۴۵	> ۲۵۵	ساعت آفتابی

مأخذ: کوچکی، ۱۳۹۴؛ اسماعیل‌نژاد، ۱۳۹۵

ساتی در سال (۱۹۷۷)^۱ در زمینه فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) پیشنهاد شد، مقایسه‌های بین معیارها به صورت دوتایی انجام شود و وزن‌های نسبتی به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شود. روش مقایسه دوتایی شامل سه مرحله اصلی است: ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، محاسبه وزن‌ها و سازگاری سیستم است (بلیانی، ۱۳۹۵: ۴۶). به‌منظور وزن‌دهی با این روش ابتدا مسئله تصمیم‌گیری، که همان یافتن نواحی مستعد کشت زعفران است، به سلسله‌مراتبی که شامل مهم‌ترین عناصر تصمیم‌گیری است، تجزیه و تحلیل شده است. در سطح اول، هدف اصلی؛ در سطح دوم، پارامترهای اصلی تأثیرگذار در کشت زعفران؛ در سطح سوم، زیرشاخه‌های هر کدام از پارامترهای سطح دوم و در نهایت در سطح چهارم، خصوصیات یا کلاس هر لایه اطلاعاتی، دسته‌بندی شده‌اند. پس از ایجاد سلسله‌مراتب به مقایسه مؤلفه‌های هر سطح در قالب یک ماتریس پرداخته

برای تعیین مکان بهینه کشت زعفران در محدوده مورد مطالعه، ۹ معیار مورد استفاده قرار گرفت که عبارت‌اند از: ۱. سطوح ارتفاعی؛ ۲. شیب؛ ۳. جهت شیب؛ ۴. تیپ اراضی؛ ۵. بافت خاک؛ ۶. ساعات آفتابی؛ ۷. حداقل دمای هوا در دوره رویشی؛ ۸. حداکثر دمای هوا در دوره رکود؛ ۹. متوسط دمای هوا در دوره زایشی به‌منظور ترکیب معیارها و پهنه‌بندی قابلیت استان خراسان شمالی به‌لحاظ کشت زعفران، از مدل AHP در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استفاده شده است. در ادامه نیز با توجه به مدل وزن‌دهی AHP و درخصوص شرایط و نیازمندی‌های زمینی، خاک و اقلیم کشت زعفران به تخصیص وزن هر لایه اطلاعاتی در قالب یک ماتریس مقایسه زوجی (دودویی) و ترسیم نمودار مربوط در نرم‌افزار Expert Choise با توجه به اهمیت اثرگذار هر لایه به استفاده از نظر متخصصان و منابع علمی اقدام شده است. روش مقایسه دوتایی توسط

1-Saaty

در سطح منطقه شناسایی شود. به طور کلی پس از ایجاد و مشخص کردن وزن طبقات هر لایه، در محیط GIS امتیاز هر پلی گون (S) در هر لایه اطلاعاتی، از حاصل ضرب هر طبقه (Sij) در وزن لایه مربوط (Wi) به دست می آید. امتیاز نهایی به دست آمده در این مرحله نمایشگر آن است که هر طبقه تا چه میزان برای هدف مناسب است (بلیانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۸۱-۱۸۰؛ پرهیزگار و همکاران، ۱۳۸۵: ۳۰۸).

این روش یک مقیاس اسمی را با مقادیر از ۱ تا ۹ (جدول ۴) برای تعیین میزان اولویت های دو معیار به کار می گیرد (بلیانی، ۱۳۹۵: ۱۸۴-۱۸۰).

معیار لایه وزن $S = \sum sij * wi$;

وزن نهایی $Sij =$ ؛ پلی گون $Wi =$ ؛

شده است. مقایسه و محاسبه وزن ها با استفاده از مدل (AHP) در محیط نرم افزار Expert Choise انجام شده است، که به طور خودکار نسبت ناسازگاری نیز محاسبه شده است و از طریق ادغام وزن های نسبی سطوح مختلف و ضرب های متوالی ماتریس وزن ها در هر سلسله مراتب انجام می شود. از طریق به کار بردن قابلیت Map calculator نرم افزار ARC/GIS، پس از ضمیمه کردن وزن سطح چهارم به جدول اطلاعات توصیفی هر نقشه می توان نقشه مربوط را در اوزان سطوح بالایی خود ضرب کرد تا نقشه های نهایی براساس مدل (weighted-overlay) لایه های وزن گذاری شده را هم پوشانی کرده و مکان های کاملاً مناسب، مناسب، تناسب بحرانی و نامناسب جهت کشت زعفران

جدول ۴: مقیاس نه کمیته ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه ها

میزان اهمیت	شدت اهمیت
۱	با اهمیت و ارجحیت مساوی
۳	با اهمیت و ارجحیت کمی بیشتر
۵	با ارجحیت و اهمیت قوی
۷	با ارجحیت خیلی قوی
۹	با ارجحیت بی نهایت
۲، ۴، ۸، ۶	ارزش میانی
ارزش های مقیاس معکوس	اثر دوجانبه امتیازات

مأخذ: بلیانی، ۱۳۹۵

تقسیم شاخص ناسازگاری به شاخص تصادفی بودن حاصل می شود. چنانچه این ضریب کوچک تر یا مساوی ۰/۱ باشد، ناسازگاری در قضاوت ها مورد قبول است. در غیر این صورت باید در قضاوت ها تجدیدنظر شود. دو مسئله مهمی که در تحلیل سلسله مراتبی وجود دارد، یکی ثبات و ناسازگاری و دیگری مدت زمانی است که صرف قضاوت ها در یک مسئله تصمیم گیری پیچیده به ویژه در حالی است که تعداد گزینه ها زیاد می شود. مهم ترین مزیت این روش در

در این پژوهش، با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، اگر اهمیت I نسبت به J برابر با K باشد، اهمیت عنصر J نسبت به I برابر با 1K خواهد بود (Marinoni, 2007: 45). یکی از مزیت های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. مکانیزی که برای بررسی سازگاری در قضاوت ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام «ضریب ناسازگاری» است که از

بر این اساس ضریب ناسازگاری (CR) با استفاده از فرمول فوق محاسبه می‌شود، CI یا شاخص ناسازگاری نیز از فرمول زیر به دست می‌آید (خواجه‌شاهکوهی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۶):

$$CI = \lambda \max - 1$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول ۳ قابل استخراج است. جدول ۵ شاخص تصادفی بودن را نشان می‌دهد.

آن است که به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا یک مسئله پیچیده را به صورت ساختار سلسله‌مراتبی بشکنند و سپس به حل آن بپردازند. بردار مجموع وزن دار با ضرب کردن وزن در اولین معیار به اولین ستون ارائه مقایسه زوجی اصلی محاسبه شد. سپس وزن معیار دوم در ستون دوم تا آخر و سرانجام مجموع این روش‌ها در ردیف‌ها ضرب شده است (برای هر یک از زیرمعیارها و گزینه‌ها نیز این‌گونه عمل شد). پس از محاسبه بردار ثبات برای تکمیل محاسبات به محاسبه در ضریب دیگر با عنوان (λ) و شاخص ناسازگاری (CI) نیاز بود.

$$CR = CIRI$$

جدول ۵: شاخص پایداری تصادفی بودن (RI)

۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	N
۱/۵۹	۱/۵۷	۱/۵۶	۱/۴۸	۱/۵۹	۱/۴۹	۱/۴۵	۱/۴۱	۱/۳	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۹	۰/۵۸	۰	RI

مأخذ: Bowen, 1993

رده در جدول ۶ مشاهده می‌شود. به منظور تولید نقشه ارتفاع منطقه از مدل رقومی ارتفاع (DEM ۳۰ متر) استان خراسان شمالی استفاده شد. بر این اساس منطقه مورد مطالعه با توجه به شکل (۲) به چهار کلاس کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، تناسب بحرانی و نامناسب تقسیم‌بندی شد. ارتفاع کاملاً مناسب برای کشت زعفران ۸۹ هزار هکتار (۳۱/۶۹ درصد)، کلاس نسبتاً مناسب ۱۲۳ هزار هکتار (۴۳/۸۰ درصد)، کلاس دارای تناسب بحرانی ۵۵ هزار هکتار (۱۹/۷۸ درصد) و ۱۳ هزار هکتار (۴/۷۱) در کلاس نامناسب قرار گرفت.

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم (λ_{max}) از L به شرح زیر استفاده می‌شود (خواجه‌شاهکوهی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۳؛ بلیانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۸۴-۱۸۳).

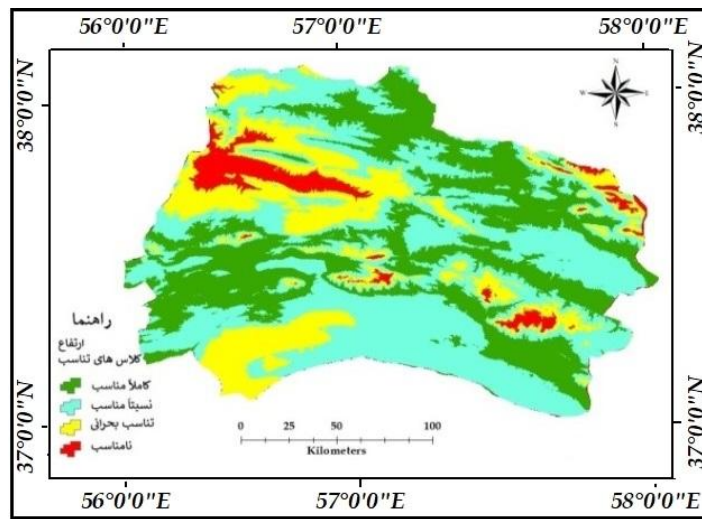
$$L = 1 [i=1n(AW_i W_i)]$$

AW_i برداری است که از ضرب ماتریس دودویی معیارها در بردار W_i (بردار وزن یا ضرب اهمیت معیارها) به دست می‌آید.

یافته‌ها

ارتفاع

از آنجایی که زعفران، با ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا را ترجیح می‌دهد، درجه اهمیت هر



شکل ۲: مناطق مستعد براساس ارتفاع

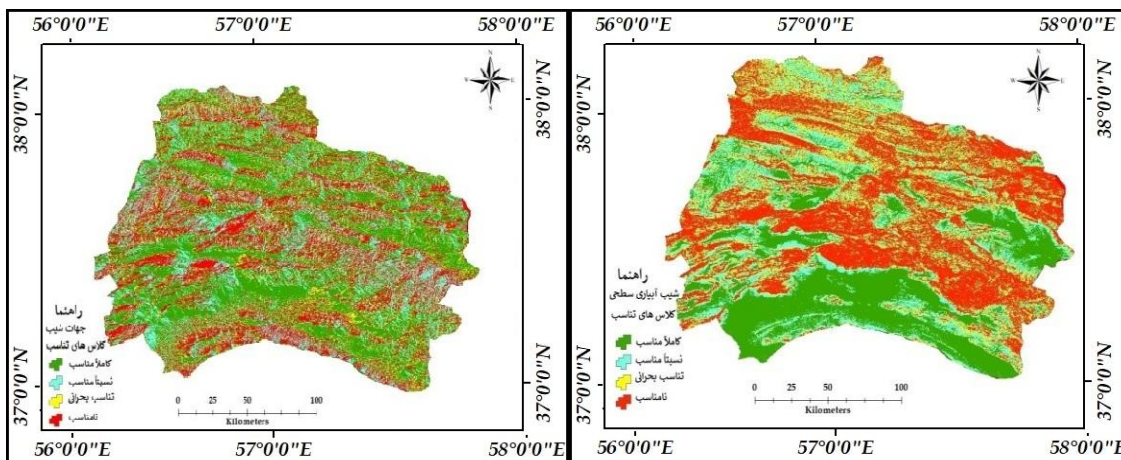
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

شیب

جهت شیب

براساس اهمیت شیب در نورگیری وزن‌دهی به جهات شیب به ترتیب اهمیت با شیب‌های جنوبی، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی است؛ مثلاً وقتی گفته می‌شود جهت شیب جنوبی است؛ یعنی اینکه از ۱۵۷/۵ درجه تا ۲۰۲/۵ درجه را شامل می‌شود. شکل (۴) جهات شیب را برای مناطق مستعد کشت زعفران نشان می‌دهد. ۳۹/۰۶ درصد از مساحت و بالغ بر ۱۱۰ هزار هکتار پهنا کاملاً مناسب، ۶۵ هزار هکتار (۲۷/۲۳ درصد) پهنا نسبتاً مناسب، ۲۶ هزار هکتار (۹/۳۳ درصد) در پهنا تناسب بحرانی و بالغ بر ۷۹ هکتار (۲۸/۳۳ درصد) در پهنا نامناسب قرار گرفته‌اند.

برای تهیه نقشه شیب نیز از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM ۳۰ متر) با اعمال توابع شبکه‌بندی نامنظم مثلث‌بندی (TIN) استفاده شد. با توجه به ابعاد پیکسل‌ها مقدار شیب از طریق 3D Analyze استخراج شد. برای محاسبه مساحت هر منطقه با توجه به ابعاد سلول‌ها، مساحت هر سلول در ابعاد آن ضرب شده و مساحت منطقه موردنظر به هکتار به دست می‌آید؛ بنابراین نقشه شیب برای آبیاری کرتی و پشته‌ای در چهار طبقه تهیه شد. با توجه به شکل (۳) بیش از ۷۱ هزار هکتار (۲۵/۲۹ درصد) مساحت محدوده با شیب کمتر از ۲ در کلاس کاملاً مناسب، ۶۶ هزار (۲۳/۵۹ درصد) با شیب ۲ تا ۵ درصد در کلاس نسبتاً مناسب، ۴۲ هزار هکتار (۱۵/۱۸ درصد) با شیب ۵-۸ درصد در کلاس تناسب بحرانی، ۱۰۱ هزار هکتار (۳۵/۹۲) با شیب بیش از ۸ درصد در کلاس نامناسب قرار گرفتند.



شکل ۴: مناطق مستعد براساس جهات شیب

شکل ۳: مناطق مستعد براساس شیب آبیاری سطحی

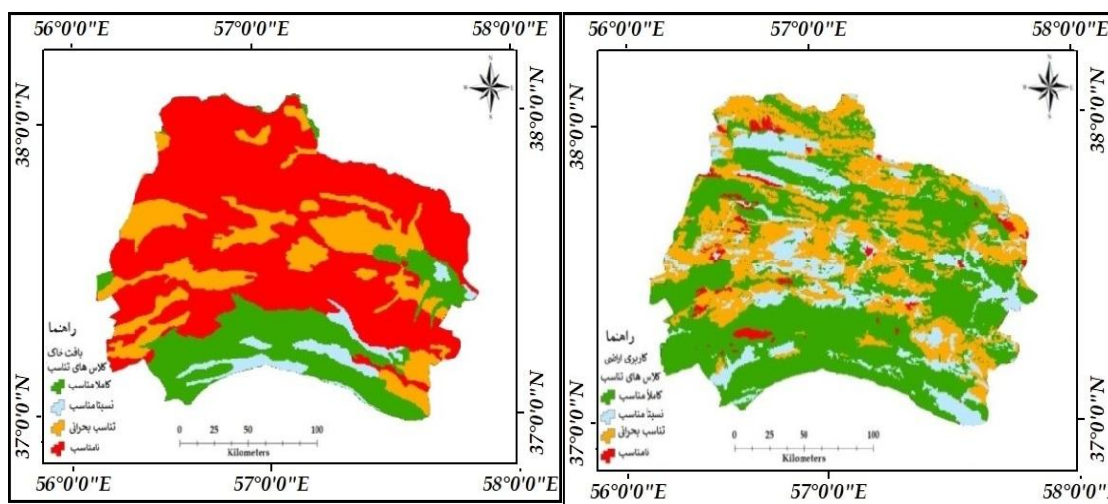
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

بافت خاک

بافت خاک از جمله خصوصیات خاک است که از نظر مکانی متفاوت، اما از نظر زمانی تا حدی پایدار است و براساس شکل (۶) به چهار کلاس طبقه‌بندی شده‌اند که ۱۹۶ هزار هکتار (۴۳ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۳۵ هزار هکتار (۸ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۵۷ هزار هکتار (۱۳ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و همچنین ۱۶۷ هزار هکتار (۳۶ درصد) در کلاس نامناسب قرار گرفته‌اند.

کاربری اراضی

براساس شکل (۵) مشاهده می‌شود که کلاس‌های مختلف براساس قابلیت آن‌ها برای کاشت زعفران به چهار گروه تقسیم شده‌اند که براساس آن بالغ بر ۱۴۱ هزار هکتار (۵۰/۱۰ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۸۴ هزار هکتار (۳۰/۱۲ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۴۹ هزار هکتار (۱۷/۴۷ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و ۶ هزار هکتار (۲/۳۰ درصد) در کلاس نامناسب برای کشت زعفران قرار گرفتند.



شکل ۶: مناطق مستعد براساس بافت خاک

شکل ۵: مناطق مستعد براساس تیپ اراضی

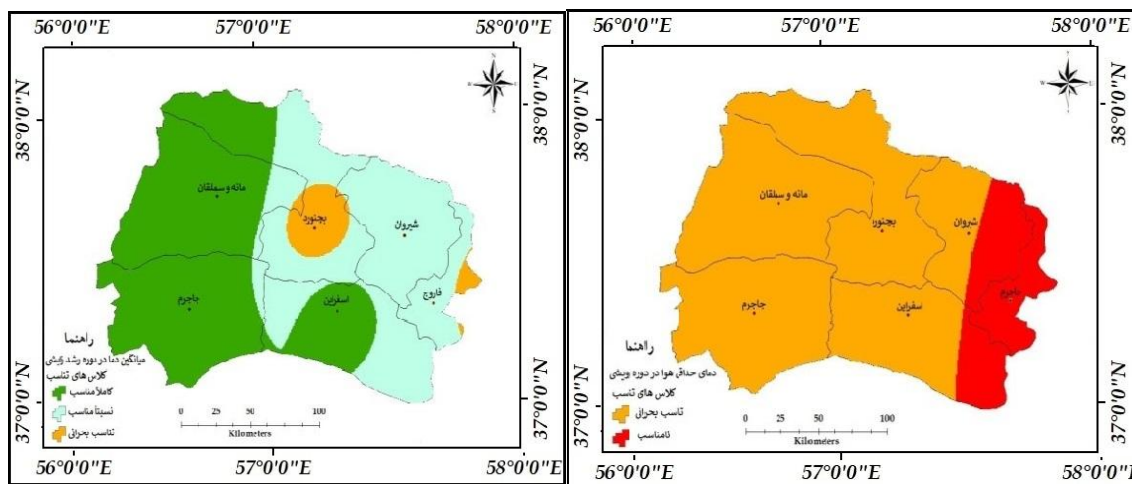
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

۹۱ هزار هکتار (۲۰/۵۳ درصد) در کلاس نامناسب پهنه‌بندی شده‌است.

متوسط دمای هوا در دوره زایشی

با توجه به شکل (۸) متوسط دمای هوا در دوره زایشی به سه کلاس طبقه‌بندی شد که براساس آن ۲۱۷ هزار هکتار (۴۹/۱۵ درصد) کلاس کاملاً مناسب و ۲۰۰ هزار هکتار (۴۵ درصد) نسبتاً مناسب قرار داده شد و همچنین ۲۵ هزار هکتار (۵/۶۴ درصد) در کلاس تناسب بحرانی هستند.

درجه حرارت حداقل دمای هوا در دوره زایشی
 نقشه پهنه‌بندی مناطق هم‌دما با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های آب‌وهواشناسی منطقه تهیه شد. نتیجه به‌دست‌آمده از یک نقطه و مکان با استفاده از مدل‌های آماری و ریاضی، به‌صورت منحنی‌های هم‌دما درآمده و به سطح وسیع‌تری تعمیم داده شد. این امر در شکل (۷) به‌خوبی نشان داده شده‌است. بر این اساس ۷۹/۴۶ درصد مساحت و بالغ‌بر ۳۵۲ هزار هکتار در کلاس تناسب بحرانی و ۲۰/۵۳ درصد مساحت و بالغ‌بر



شکل ۸: مناطق مستعد در مرحله رشد زایشی

شکل ۷: مناطق مستعد در مرحله رشد رویشی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

هکتار (۴۵/۸۲ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و همچنین ۵۵ هزار هکتار (۱۲/۶۱ درصد) در کلاس نامناسب قرار داده شده‌است.

نقشه‌های به‌دست‌آمده در قالب اشکال (۱۰-۲) به‌عنوان لایه‌های ورودی در مدل‌سازی نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. مدل‌سازی به روش همپوشانی وزن‌دار در محیط ARG GIS_{10.3} بر مبنای نظرات کارشناسی و تخصیص وزن با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert chiose به هرکدام از متغیرهای زمینی، خاک و اقلیمی صورت گرفت. جداول ۶، ۷ و شکل ۱۱ ماتریس و رتبه‌بندی نهایی عوامل مؤثر زمینی، خاک

حداکثر دمای هوا در دوره رکود

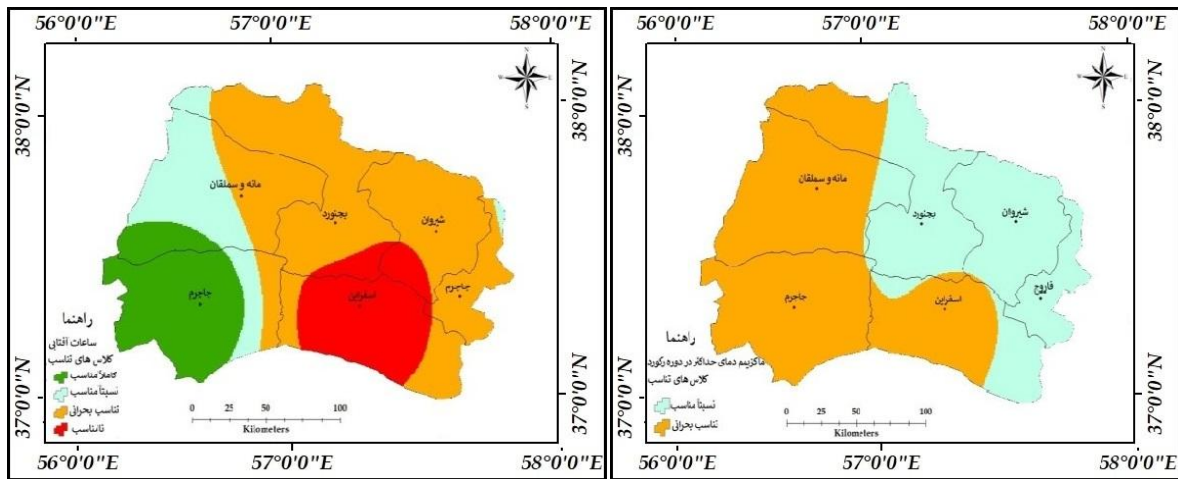
با توجه به شکل (۹) حداکثر دمای هوا در دوره رکود به دو کلاس طبقه‌بندی شد که براساس آن ۱۹۹ هزار هکتار (۴۴/۹۶ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۲۴۳ هزار هکتار (۵۵/۰۳ درصد) در کلاس تناسب بحرانی هستند.

ساعات آفتابی

براساس شکل (۱۰) ساعت آفتابی به ۴ کلاس طبقه‌بندی شده‌است که براساس آن ۷۵ هزار هکتار (۱۶/۹۴ درصد) در کلاس مناسب، ۱۰۹ هزار هکتار (۲۴/۶۰ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۲۰۳ هزار

نهایی دارد، بیشترین وزن را از مجموع کل وزن‌ها (۰/۴۲۹) و با (۴۳) درصد مشارکت در بین لایه‌ها به خود اختصاص داده‌است و لایهٔ جهات شیب کمترین تأثیر وزنی (۰/۰۶۱) و با (۶) درصد مشارکت را داراست. مقدار تأثیرگذاری وزنی هر پارامتر نسبت به دیگری با توجه به روش امتیازدهی وزنی در جدول (۶) نشان داده شده‌است.

و اقلیم برای کشت زعفران در استان خراسان شمالی نشان می‌دهد که مجموع معیارهای ۹ گانهٔ فوق معادل عدد یک است و این نشان‌دهندهٔ نسبی بودن اهمیت معیارهاست. این اوزان محاسبه‌شده در لایه‌های ۹ گانهٔ مربوط بر تعیین مطلوبیت متغیرهای زمینی، خاک و اقلیمی پهنه‌های مختلف کشت زعفران، اعمال شد و خروجی آن به صورت ماتریس در شکل (۱۱) نشان داده شده‌است. لایهٔ دما که بیشترین تأثیر را در نقشهٔ



شکل ۱۰: مناطق مستعد براساس ساعات آفتابی

شکل ۹: مناطق مستعد در مرحلهٔ دورهٔ رکود

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

جدول ۶: ماتریس محاسبهٔ وزن شاخص‌ها با استفاده از مدل (AHP) و روش مقایسهٔ زوجی

معیارها	دمای حداقل	دمای حداکثر	متوسط دمای	ساعات آفتابی	بافت خاک	کاربری اراضی	ارتفاع	شیب	جهت شیب	حاصل ضرب وزن	درصد لایه‌ها
حداقل دمای هوا		۲	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۴	۰/۲۶۵	۲۷
حداکثر دمای هوا			۶	۵	۵	۵	۶	۴	۵	۰/۲۷۹	۲۸
متوسط دمای هوا				۴	۵	۵	۴	۳	۴	۰/۱۵۴	۱۵
ساعات آفتابی					۵	۵	۳	۴	۴	۰/۱۱۰	۱۱
بافت خاک						۱	۱	۱	۲	۰/۴۲	۴
کاربری اراضی							۱	۱	۲	۰/۴۰	۴
ارتفاع								۱	۱	۰/۳۸	۴
شیب									۱	۰/۳۹	۴
جهت شیب										۰/۳۴	۳
نسبت ناسازگاری	۰,۰۹										۱۰۰

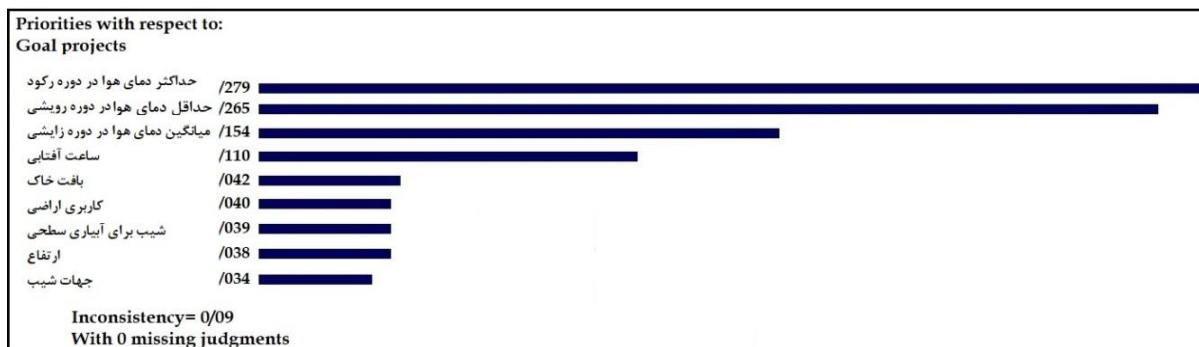
مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷

نتایج نشان داد، مهم‌ترین عامل کشت زعفران، حداکثر دمای هوا با ۰/۲۷۹ است و بعد از آن، حداقل دمای هوا با ۰/۲۶۵، متوسط دمای هوا با ۰/۱۴۵، ساعات آفتابی با ۰/۱۱۰ و بافت خاک با ۰/۴۲ است. براساس این رتبه‌بندی جهات شیب کم‌ترین اهمیت را در بین عوامل داشته‌اند. ضریب ناسازگاری (CI) برابر با ۰/۰۹ محاسبه شده‌است؛ از این رو نتایج معنی‌دار است.

جدول ۷: ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله‌مراتبی

معیارها	وزن معیار	گزینه	وزن نهایی	مساحت (Ha)	درصد
حداقل دمای هوای	۰/۲۶۵	(-۲۰) - (-۱۸)	-	-	-
		(-۱۵) - (-۱۸)	-	-	-
		(-۱۵) - (-۵)	۰/۱۲۴	۳۵۲۵۶۰۴/۷	۷۹/۴۶
		>۵ - <(-۲۰)	۰/۱۰۶	۹۱۱۳۴۹/۹	۲۰/۵۳
حداکثر دمای هوای	۰/۲۷۹	۲۰ - ۲۵	-	-	-
		۲۵ - ۳۵	۰/۱۴۳	۱۹۹۲۵۴۰/۲۵	۴۴/۹۶
		۳۵ - ۴۰	۰/۱۰۵	۲۴۳۸۳۸۱	۵۵/۰۳
		<۴۰	-	-	-
متوسط دمای هوای	۰/۱۴۵	۱۴ - ۱۸	۰/۶۰۰	۲۱۷۸۷۷۴/۹۰	۴۹/۱۵
		۷ - ۱۴	۰/۱۶۳	۲۰۰۳۰۸۳/۴۳	۴۵/۱۹
		۲ - ۷	۰/۱۲۳	۲۵۰۳۵۰/۶۲	۵/۶۴
		>۲	-	-	-
ساعت آفتابی	۰/۱۱۰	>۲۵۵	۰/۶۹۱	۷۵۱۵۵۳/۷۵	۱۶/۹۴
		۲۴۵ - ۲۵۵	۰/۱۶۳	۱۰۹۱۱۱۴/۹۲	۲۴/۶۰
		۲۲۰ - ۲۴۵	۰/۱۴۹	۲۰۳۲۰۷۶/۳۹	۴۵/۸۲
		<۲۲۰	۰/۰۷۱	۵۵۹۶۱۴/۸۰	۱۲/۶۱
بافت خاک	۰/۴۲	رسی-لومی	۰/۶۳۴	۵۰۷۷۹۲/۵۴	۱۸/۰۸
		لومی	۰/۱۴۷	۱۱۷۴۹۳/۸۱	۴/۱۸
		لومی-شنی	۰/۱۱۶	۵۵۸۹۳۸/۱۲	۱۹/۹۱
		رسی	۰/۱۰۳	۱۶۲۳۰۲۱/۴۳	۵۷/۸۱
کاربری اراضی	۰/۴۰	نواحی و مناطق مستعد کشاورزی و باغ	۰/۶۳۶	۱۴۱۱۶۵۶/۴۱	۵۰/۱۰
		زمین بایر، اراضی کشاورزی دیم	۰/۱۴۰	۸۴۸۶۸۲/۸۱	۳۰/۱۲
		جنگل‌های تنگ، سنگلاخی، مراتع و درخت‌های پراکنده	۰/۱۲۰	۴۹۲۳۳۱	۱۷/۴۷
		رودخانه، مردابی و مناطق صخره‌ای	۰/۱۰۳	۶۴۸۴۶/۲۲	۲/۳۰
ارتفاع	۰/۳۸	۱۳۰۰ - ۱۸۰۰	۰/۶۰۴	۸۹۴۶۷۲/۹۵	۳۱/۶۹
		۱۸۰۰ - ۲۰۰۰ و ۱۳۰۰ - ۱۶۰۰	۰/۱۷۹	۱۲۳۶۶۶۲/۶۰	۴۳/۸۰
		۲۰۰۰ - ۲۳۰۰ و ۹۰۰ - ۶۰۰	۰/۱۱۲	۵۵۸۴۸۶/۶۵	۱۹/۸۷
		> ۶۰۰ - <۲۴۰۰	۰/۱۰۴	۱۳۲۹۸۴/۱۷	۴/۷۱
شیب	۰/۳۹	کمتر از ۲	۰/۵۳۷	۷۱۳۹۱۳/۰۲	۲۵/۲۹
		بین ۲ تا ۵	۰/۱۶۰	۶۶۶۰۸۱/۲۹	۲۳/۵۹
		بین ۵ تا ۸	۰/۱۱۵	۴۲۸۷۲۷/۳۹	۱۵/۱۸
		> ۸	۰/۰۹۴	۱۰۱۴۰۲۸/۱	۳۵/۹۲
جهت شیب	۰/۳۴	جنوبی، جنوب‌شرقی، جنوب‌غربی	۰/۶۳۷	۱۱۰۲۵۳۹/۱	۳۹/۰۶
		شرقی	۰/۱۵۸	۶۵۶۸۷۶/۸۸	۲۳/۲۷
		غربی	۰/۱۰۶	۲۶۳۴۳۸/۳۵	۹/۳۳
		شمالی، شمال‌شرقی، شمال‌غربی	۰/۰۹۹	۷۹۹۸۲۴/۴۷	۲۸/۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۱۱: محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choix

تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷

ناسازگاری براساس فرمول (CR). در این فرمول $R.I.$ (عدد ثابت) مقدار شاخص ناسازگاری است که برای ماتریس‌های n بعدی با اعداد تصادفی محاسبه می‌شود. نرخ ناسازگاری به دست آمده در ۹ لایه مورد بررسی کمتر از ۰/۱ است؛ بنابراین مقایسات از سازگاری مطلوبی برخوردار هستند. برای گزینه‌ها در هر معیار نیز عملیات محاسبه نرخ ناسازگاری صورت گرفت که نتایج در جدول ۷ بیان شده است.

بعد از وزن‌دهی و قبل از به‌کارگیری وزن‌ها، بایستی نسبت به سازگاری مقایسات، اطمینان حاصل شود و نرخ ناسازگاری محاسبه شود. در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسات از سازگاری قابل قبولی برخوردار است و در غیر این صورت باید در مقایسات تجدیدنظر شود. برای این موضوع سه مرحله طی شد؛ مرحله اول: محاسبه بردار ویژه؛ مرحله دوم: محاسبه شاخص ناسازگاری براساس فرمول (CI)؛ مرحله سوم: نرخ

جدول ۷: نرخ ناسازگاری گزینه‌ها در هر معیار

معیار	حداقل دمای	حداکثر دمای	متوسط دمای	ساعت آفتابی	بافت خاک	کاربری اراضی	شیب	ارتفاع	جهت شیب
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷

زمینی، خاک و اقلیمی از عوامل تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی هستند، انجام شد. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، این نقشه به چهار کلاس تقسیم شده است. مناسب‌ترین مناطق برای کشت زعفران در استان، در دشت‌های جاجرم، اسفراین، گرانی، صفی‌آباد و بخش‌هایی از شیروان و فاروج قرار دارند. این شرایط به دلیل ترکیبی از ویژگی‌های اقلیمی نظیر حداقل دمای هوا، حداکثر دمای هوا، متوسط دمای هوا و ساعت آفتابی در طول

نتایج به دست آمده از وزن‌دهی و کلاس‌بندی معیارها، لایه‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از نظر قابلیت کشت زعفران، با یکدیگر ترکیب شدند تا مناطق مستعد برای کشت زعفران مشخص شود. در این راستا، مهم‌ترین محورها در شرایط زمینی، خاک و اقلیمی این استان که زمینه‌های تولید در کشاورزی را فراهم می‌سازد، به نوعی مورد توجه قرار گرفت. به این منظور پهنه‌بندی پس از تلفیق لایه‌های مربوط به ۹ معیار ذکر شده و با توجه به اینکه لایه‌های

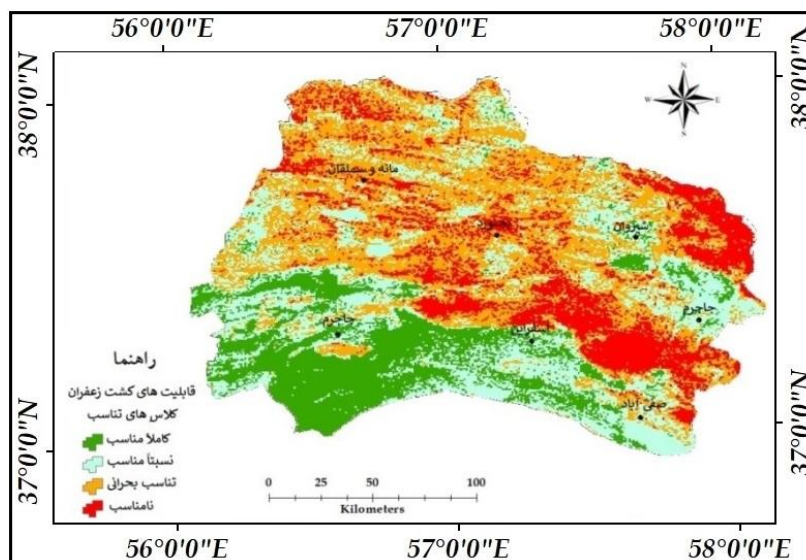
نامناسب‌ترین زمین‌ها نیز در دشت‌های بجنورد، مانه و سملقان، راز و جرگلان و پسرکرانه دشت‌های شیروان، فاروج و اسفراین قرار دارند. این اراضی با مساحت ۴۶۹ هزار هکتار (۱۶/۸۹ درصد) منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود.

دوره رشد زعفران و دارابودن شرایط خوب زمینی، شیب، کاربری اراضی، بافت خاک و همچنین ارتفاع، است. مساحت این ناحیه ۴۹۸۵۵۴/۴۷ هکتار است که ۱۷/۹۳ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌است. اراضی نسبتاً مناسب با ۸۱۱ هکتار (۲۹/۱۷ درصد) مساحت را به خود اختصاص داده‌است.

جدول ۸: کلاس‌بندی قابلیت کشت زعفران براساس مدل AHP در محدوده مورد مطالعه

کلاس	درجه قابلیت کشت زعفران	درصد پوشش محدوده	مساحت (ha)
A	کاملاً مناسب	۱۷/۹۳	۴۹۸۵۵۴/۴۷
B	نسبتاً مناسب	۲۹/۱۷	۸۱۱۰۱۹/۷۸
C	تناسب بحرانی	۳۵/۹۹	۱۰۰۰۴۳۴/۸۰
D	نامناسب	۱۶/۸۹	۴۶۹۴۹۵/۰۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷



شکل ۱۲: نقشه پهنه‌بندی قابلیت کشت زعفران براساس مدل AHP در استان خراسان شمالی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

صفی‌آباد و بخش‌های از شهرستان‌های شیروان و فاروج است. این شرایط مناسب به‌دلیل ترکیبی از ویژگی‌های اقلیمی و زمینی، مستعد کشت زعفران است که عمدتاً منطبق بر اراضی کشاورزی استان بوده‌است و در صورت تأمین نیاز آبی محدودیت عمده دیگری برای کشت این محصول ندارد. ۸۱۱ هزار

نتیجه

نتایج این پژوهش نشان داد، براساس مدل AHP حدود ۴۹۸ هزار هکتار که ۱۷/۹۳ درصد از سطح استان خراسان شمالی را شامل می‌شود، برای کاشت زعفران در شرایط کاملاً مناسب قرار دارد. این اراضی، شامل دشت‌های جاجرم، گرمه، گراتی، اسفراین،

همچنین این تحقیق بیانگر کارایی بالای مدل‌سازی AHP در مکان‌یابی مناطق مستعد کاشت محصولات کشاورزی و کمک به تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری درست دست‌اندرکاران بخش کشاورزی است که این نتایج با گزارش محققانی نظیر، یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۶)، سالاری و همکاران (۱۳۹۵)، قمرنیا و همکاران (۱۳۹۵)، هاشم‌هادی (۱۳۹۵)، سرخ‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴)، همخوانی دارد.

پیشنهادها

هدف این تحقیق مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه کشت زعفران بود که نتایج نشان داد بخش قابل‌توجهی از اراضی زراعی استان خراسان شمالی از قابلیت‌های لازم برای کشت زعفران برخوردار است. با توجه به ویژگی‌های خاص این محصول، جایگزینی کشت آن با محصولات با نیاز آبی بالا نظیر پیاز، سیب‌زمینی، هندوانه، خربزه، گوجه‌فرنگی و... موجب صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد. از طرف دیگر، چون دوره رشد این محصول در فصل پاییز است، با زمان آبیاری سایر محصولات زراعی و باغی منطبق نیست که خود نوعی مزیت محسوب می‌شود. با توجه به این ویژگی‌ها در سال‌های اخیر، کشت زعفران مورد توجه کشاورزان استان قرار گرفته‌است؛ بنابراین توصیه می‌شود نتایج این مطالعات در اصلاح الگوی کشت استان به‌خصوص اراضی دشت‌های صفی‌آباد و جاجرم که با کمبود آب و افزایش شوری آب چاه‌ها و خاک در سال‌های اخیر مواجه شده‌اند، به‌کار گرفته شود. همچنین از کاشت این محصول در اراضی‌ای که در این تحقیق برای کلاس‌های تناسب بحرانی و نامناسب قرار گرفتند، خودداری شود.

هکتار (۱۷/۲۹ درصد) با داشتن محدودیت کم در کلاس نسبتاً مناسب قرار دارند که شامل بخش‌هایی از دشت‌های جاجرم، اسفراین، صفی‌آباد و فاروج است. با بررسی‌های بیشتر می‌توان آن بخش از عواملی را که قابل‌اصلاح هستند رفع کرد و کلاس تناسب این اراضی را ارتقاء داد. ۱ میلیون و ۴۳۴ هکتار (۳۵ درصد) از سطح استان به‌دلیل وجود عوامل متعدد محدودکننده رشد این محصول نظیر ارتفاع، شیب، خاک، و عوامل اقلیمی برای کشت زعفران دارای تناسب بحرانی هستند که عمدتاً شامل مناطق کوهپایه‌ای و دشت‌های کوهستانی است و پس‌کرانه‌های دشت‌های صفی‌آباد، فاروج، شیروان، بجنورد، مانه و سملقان و اسفراین است که بیشترین مساحت را در بین مناطق به‌خود اختصاص داده‌است. حدود ۴۶۹ هزار هکتار (۱۶/۸۹ درصد) در کلاس نامناسب قرار دارند که شامل مناطق بجنورد، مانه و سملقان و بخش‌هایی از شهرستان راز و جرگلان است که به‌دلیل ترکیبی از ویژگی‌هایی نظیر حداکثر دما، ساعات آفتابی، ارتفاع، شیب، جهات شیب، بافت خاک و همچنین بخش‌هایی از شهرستان‌های فاروج، شیروان، صفی‌آباد به‌دلیل ترکیبی از ویژگی‌های حداقل دمای هوا، شیب برای آبیاری سطحی و بافت خاک و بخش‌هایی از شهرستان اسفراین به‌دلیل ترکیبی از ویژگی‌های ساعات آفتابی، بافت خاک، شیب برای آبیاری سطحی و جهات شیب در این کلاس قرار گرفتند. براساس نقشه نهایی می‌توان گفت، از جنوب به‌طرف شمال استان از میزان استعداد مناطق کشت زعفران کاسته می‌شود.

این نتایج با گزارش‌های عابدی (۱۳۹۲) و یوسفی (۱۳۹۶) همخوانی دارد که گزارش کردند، کاشت زعفران در استان خراسان شمالی امکان‌پذیر است؛

فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال هفدهم، شماره ۵۶، پاییز ۱۳۹۸

منابع

- ابریشمی، محمدحسن (۱۳۷۶). زعفران ایران، شناخت تاریخی، فرهنگی و کشاورزی، انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ اول. مشهد.
- ابریشمی، محمدحسن (۱۳۸۳). زعفران از دیرباز تا امروز، تهران. امیرکبیر.
- امانی، اسماعیل (۱۳۸۸). کشت و پرورش زعفران، انتشارات تهران ابریشمی فر. ص ۱۸.
- اسماعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۵). بررسی و پهنه‌بندی تنش‌های گرمایی مؤثر بر زعفران در استان خراسان جنوبی، نشریه پژوهش‌های زعفران. جلد چهارم. شماره دوم. پاییز و زمستان.
- بلیانی، سعید (۱۳۹۵). راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی‌های شهری، روستایی و محیطی، انتشارات آزادپیما.
- بهنیا، محمدرضا (۱۳۷۰). زراعت زعفران، انتشارات دانشگاه تهران.
- آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی، (۱۳۹۶). وزارت جهاد کشاورزی.
- تهیه نقشه پوشش گیاهی کشور (۱۳۸۳). سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. وزارت جهاد کشاورزی.
- پرهیزگار، اکبر؛ عطا غفاری‌گیلانده؛ یاچک مالفسکی (۱۳۸۵). سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، انتشارات سمت.
- پژوهشکده اقلیم‌شناسی (۱۳۹۶). گزارش آشکارسازی، ارزیابی و چشم‌انداز تغییر اقلیم در ایران طی قرن بیست‌ویکم، دفتر مرجع ملی هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC).
- جعفری‌بگلو، منصور؛ زهرا مبارکی (۱۳۸۷). سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۶. صفحات ۱۱۹-۱۱۰.
- خواججه‌شاهکوهی، علیرضا؛ محمود داودی؛ مهدی حسام (۱۳۹۳). مدل‌سازی فضایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه گلستان.
- رشید سرخ‌آبادی، مهدی؛ علی شهیدی؛ عباس خاشعی‌سیوکی (۱۳۹۴). تعیین مکان‌های مناسب کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، نشریه زراعت و فناوری زعفران. جلد ۳. شماره ۴. زمستان. صفحات ۲۷۲-۲۶۱.
- سالاری، امیر؛ مهدی بشیری (۱۳۹۵). کاربرد زمین‌آمار در پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی براساس پارامترهای اقلیمی، نشریه زراعت و فناوری زعفران. جلد ۴. شماره ۲. تابستان، صفحات ۱۶۷-۱۵۵.
- سبحانی، بهروز (۱۳۹۵). پهنه‌بندی اگروکلیمایی کشت زعفران در استان اردبیل با استفاده از روش AHP، مجله پژوهش‌های زعفران. جلد چهارم. شماره اول. بهار و تابستان. صفحه ۷۶.
- سلیقه، محمد (۱۳۹۵). آب و هواشناسی سینوپتیک ایران، انتشارات سمت.
- سعیدزاده، محسن؛ حسن مختاری؛ رضا احمدی (۱۳۹۶). زعفران در جهان، انتشارات سخن گستر.
- عابدی، خداد (۱۳۹۲). آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی، وزارت جهاد کشاورزی.
- فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۴). تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، انتشارات سمت.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ رضا میرزابیاتی (۱۳۸۶). امکان‌سنجی نواحی مستعد کشت زعفران در دشت نیشابور با استفاده از GIS، مدرس علوم انسانی (برنامه‌ریزی آمایش فضا). شماره ۵۰. تهران. صفحات ۹۱-۶۷.
- مکانیکی، جواد؛ حجت‌الله صادقی؛ معصومه فدایی (۱۳۹۴). توان‌سنجی محیطی، الگویی مناسب در راستای شناخت توانمندی‌های منطقه‌ای با تأکید بر کشاورزی (مورد مطالعه: کشت زعفران در شهرستان‌های قاینات و زیرکوه)، برنامه‌ریزی منطقه‌ای (آزاد مروودشت)، سال پنجم. شماره ۱۹.
- فرج‌نیا، اصغر؛ جمشید یاراحمدی؛ نسرین حاجی‌حسینی؛ علی تاج‌آبادی‌پور (۱۳۹۴). پهنه بندی مناطق رویشی پسته از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. سال ۲۱. شماره ۶۰. صفحات ۲۹۸-۲۸۱.

یزدچی، سعید؛ علی‌اکبر رسولی؛ حسن محمودزاده؛ محمدزین‌بال (۱۳۸۹). سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، دانش آب و خاک. جلد ۲۰. شماره ۳. صفحات ۱۷۰-۱۵۱.

یوسفی، عبدالله (۱۳۹۶). آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی، وزارت جهاد کشاورزی. ص ۴.

- Azizbekovu, N. sh, Milyaeva, E. L, Lobova, N.V. and Chailakhyan, M. Kh (1978). Effect of Gibberellin and Kinetin on formation of flower organs on saffron Grouc, soviet plant phisiol, 25(4): 471-476.
- Bown, W M (1993). AHP, Multiple Criteria Evaluation, in K;oysterman, R. et al (Eds), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, New Brunswick: Center for Urban Policy Research.
- Mamat, N., and Daneil, J (2007). Statiscal analysis on time complexity and rank consistency between singular value decomposition and duality approach in AHP:A case study of faculty member selection. Mathematical and Computer Modeling 46:1099-1109.
- Marinoni, O. (2007). Some words on the analysis and location of educational institutions(secondary school) using GIS Case Study of Isfahan 3. Spatial planning (Geography) from 0.19 to 38.
- Rangahu (2003).Research Growing satfrou the whords most Expensive spice, Grop & food,20:14.

قائمی، هوشنگ؛ آذر زرین؛ فرامرز خوش‌اخلاق (۱۳۹۵). اقلیم‌شناسی مناطق خشک، انتشارات سمت.

قمرنیا، هوشنگ؛ نرگس سلطانی (۱۳۹۵). پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در کرمانشاه: رهیافتی برای تغییر الگوی کشت و مقابله با کمبود آب، نشریه مدیریت اراضی. جلد ۴. شماره ۱.

کیان‌بخت، سعید (۱۳۸۷). سروری سیستماتیک بر فرماکولوژی زعفران و مواد مؤثر آن، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی. فصل‌نامه گیاهان دارویی سال هفتم. دوره چهارم. پاییز.

کوچکی، علیرضا، سیدمحمد سیدی (۱۳۹۴). فنولوژی و روند تشکیل بنه‌های دختر زعفران (*Crocus sativus* L.) در طی دوره رشد، نشریه پژوهش‌های زعفران. جلد ۳. شماره ۲. پاییز و زمستان.

مقامی‌مقیم، غلامرضا؛ سیدمحمد حسینی‌صدیق (۱۳۹۵). شرایط کشت پسته در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، انتشارات سخن‌گستر. ص ۳۳.

میرموسوی، سیدحسین؛ حدیث کیانی (۱۳۹۶). بررسی و طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در ایران در سال ۱۹۷۵ و مقایسه آن با خروجی مدل MIROC برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰، ۲۱۰۰ تحت سناریوها A1B و A2 (با تأکید بر مسئله تغییر اقلیم)، جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۲۲. تابستان. صفحات ۷۲-۵۹.

یاراحمدی، جمشید؛ نسرین حاج‌حسینی؛ اصغر فرج‌نیا؛ اصغر تاج‌آبادی‌پور (۱۳۹۶). پهنه‌بندی مناطق رشد رویشی پسته از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱. شماره ۶۰. تابستان ۱۳۹۶. صفحات ۲۹۸-۲۹۱.

