جغرافیا و توسعه شمارهٔ 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*]، سیدمحمود حسینی صدیق[۲]، رضا اسدی[۳]، سکینه خانی‌تملیه[۴]**

## چکیده

مشکلات مربوط به تغییر دما، شوری خاک و اُفت 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 منطبق‌با آب و هوایی جایگزین محصولات فعلی شود. این پژوهش به‌منظور مکان‌یابی مناطق مستعد کشت و با درنظرگرفتن نیازهای اکولوژیک زعفران مبتنی‌بر 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 ۱۷/۹۳درصد 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 ۱میلیون 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 به‌دلیل ارتفاع، شیب، خاک و عوامل اقلیمی برای کشت زعفران دارای تناسب بحرانی هستند و درحدود 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 به‌دلیل 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.

۱- استادیار دانشکدهٔ 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

gh.maghami@du.ac.ir
hosseiniseddigh@znu.ac.ir
reza.asadi_geography@yahoo.com
sham.khani@yahoo.com

**مقدمه**

باتوجه به موقعیت جغرافیایی کشور ایران و قرارگیری منطقهٔ مورد مطالعه در شمال‌شرقی کشور، این منطقه در اطراف مدار ۳۰ درجهٔ شمالی در قلمرو و نفوذ پرفشار جنب حاره قرار گرفته‌است و فرونشینی هوا برقرار و گرمایش بی‌دررو حاصل می‌شود و رطوبت نسبی کاهش می‌یابد *(سلیقه، ۱۳۹۵: ۴۲)*. همین امر موجب کمبود و نوسان ریزش‌های جوّی سالانه و با تبخیر و تعرق پتانسیل (نیازآبی بالقوه) زیاد، افزایش دمای هوا، واداشت تابشی و ساعات آفتابی مواجه شده‌است که آب و خاک‌های این مناطق با شوری مواجه‌اند *(قائمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۸۵-۷۲)*؛ همچنین ناآگاهی از استفادهٔ 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 بهره‌برداری و حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق متعددی شده‌است که درنهایت ادامهٔ این روند سبب تهی‌شدن سفره‌های آب شیرین و پیشروی آب شور کویر شده‌است *(مقامی‌مقیم و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۳)*. واقع‌شدن در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک 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 شده‌است تا برخی از محصولات کشاورزی که برای سالیان سال در مناطق بومی خود کشت می‌شدند، امکان کشت و عملکرد اقتصادی خود را در مناطق دائمی‌شان از دست بدهند و در مناطق با اقلیم جدید و سازگار کشت شوند. به‌طور کلی، اقلیم کشور ایران به‌سمت اقلیم گرم حاره‌ای *(IPCC, 2018)* و همچنین تحت پوشش اقلیم گرم و خشک (Bwh) و کاهش اقلیم‌های سرد و معتدل پیش می‌رود *(موسوی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۹)*. یکی از روش‌های تغییر الگوی کشت، جایگزین‌کردن محصولات پرمصرف با محصولات کم‌توقع که نیاز آن به آب و مواد غذایی کم و همچنین گونه‌های جدید سازگار با گرماست. زعفران یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کم‌توقع و سازگار با گرما در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است که با تولید ۲۶۱ تن (۹۵/۶ درصد جهانی) رتبهٔ نخست در دنیا را دارد *(سعیدزاده، ۱۳۹۶:۴۷)*.

کاشت و تولید زعفران در مناطقی که از نیمه‌های اردیبهشت به بعد بارندگی‌ها قطع شده و همچنین در طول فصول گرم سال دارای خواب تابستانه بوده‌است و نیاز آبی گیاه به صفر می‌رسد، بسیار ایده‌آل است و تحقیقات مختلفی از برتری کارایی اقتصادی مصرف آب زعفران نسبت‌به سایر محصولات در این مناطق حکایت دارد. نتایج تحقیقی نشان می‌دهد به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی، درآمد زعفران نسبت‌به سیب‌زمینی ۲۰ برابر و نسبت‌به غلات ۸/۷ برابر بوده است *(بهنیا، ۱۳۷۰: ۵۶)*. با توجه به اینکه دورهٔ رشد زعفران محدود به پاییز، زمستان و اوایل بهار است؛ نیاز آبی این محصول عمدتاً توسط نزولات جوّی تأمین می‌شود؛ بنابراین زعفران از گونه‌های گیاهی مهم گرمسیری سازگار با گرما و کم‌توقع کشاورزی است که بخش قابل‌توجهی از صادرات غیرنفتی کشور را تشکیل می‌دهد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌خصوص شمال‌شرق ایران، اُفت سطح سفره‌های آب زیرزمینی، تغییر رژیم دما و خاک به‌عنوان محدودکننده‌ترین سهم تولید، اولویت کشت را تعیین می‌کند. بدین علت در سال‌های اخیر، کاشت این محصول در استان خراسان شمالی درحال توسعه است و تاکنون به بیش از ۲ هزار و ۱۹۰ هکتار رسیده‌است که از این سطح ۱۴۲۲ هکتار بارور و ۷۶۸ هکتار غیربارور با تولید ۸٫۸ تُن است. در حال حاضر شهر فاروج ازنظر سطح کشت و تولید با رتبهٔ اول و اسفراین و شیروان به‌ترتیب با رتبهٔ دوم و سوم، مهم‌ترین قطب تولیدکنندهٔ زعفران در استان خراسان

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 نسبت‌به 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.

## پیشینهٔ 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 درجهت برداشت نمونه دشوار است؛ بنابراین استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مدرن همچون سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز سایر تکنولوژی‌های جغرافیایی ازطریق فراهم‌کردن اطلاعات ویژه (ازقبیل عمل‌آوری و کشت محصول) در دستیابی به حداکثر محصول درجهت مطالعهٔ 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 منطقهٔ وسیع نیاز به لحاظ کردن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چندمعیاره (MCDA) استفاده شود. بدین‌منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است *(فرجزاده، ۱۳۹۴: ۱۹۷)*. این روش دربرگیرندهٔ مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوهٔ 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 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 کارآیی روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران مناسب است. رشید سرخ آبادی و همکاران (۱۳۹۴) با تعیین نقشهٔ پراکنش متغیّرهای کیفیت آب و خاک درجهت کشت زعفران در اراضی شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مبتنی‌بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان دادند که از مجموع مساحت شهرستان تربت حیدریه ازنظر 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 محدودکنندهٔ تولید زعفران را در درجهٔ اول، کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک معرفی کردند. مکانیکی و همکاران (۱۳۹۴) در راستای شناخت توانمندی‌های منطقهٔ 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 جغرافیای (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 ازنظر اقلیمی دارای حداکثر پتانسیل

کشت زعفران بوده و با حرکت به‌سمت 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 به‌ترتیب 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 اُفت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی و نامتناسب‌بودن 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 (Lcrocus sativus)، گیاهی علفی از تیرهٔ زنبقیان (Iridaceae) چندساله به ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، گل‌های بنفش‌رنگ، دارای خامهٔ بلند و کلالهٔ سه‌قسمتی به رنگ نارنجی یا قرمز است *(رحیمی، ۱۳۹۵: ۹)*. جنس زعفران را ازلحاظ 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)*.

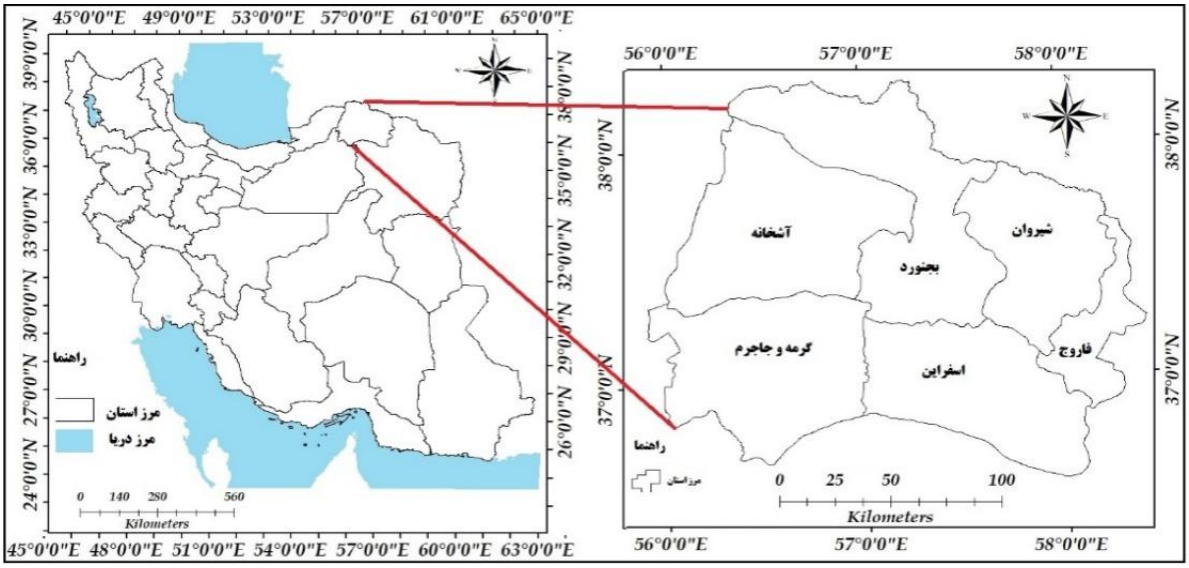
تکثیر زعفران منحصراً توسط پیازهای توپُر به‌نام بنه (کورم) متداول است. زعفران گیاهی است فوق‌العاده کم‌توقع که نیاز آن به آب و مواد غذایی کم است *(کیان بخت، ۱۳۸۷: ۱۱)*. زعفران بومی مناطق آب‌وهوایی مدیترانه‌ای با زمستانی ملایم تا سرد و تابستانی گرم و خشک است *(Rangahu, 2003: 1)*. مقاومت زعفران در مقابل 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)*. ریشهٔ زعفران سطحی بوده و حداکثر تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در خاک نفوذ می‌کند (بهنیا، ۱۳۷۰). زعفران با طول دورهٔ 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 متغیّرهای 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 و کار زعفران استقرار یافته‌است. فرجزاده و میرزابیاتی *(۱۳۸۶: ۷۳)*و یزدچی‌وهمکاران *(۱۳۸۹: ۱۵۴)*، محدودهٔ 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 زعفران‌خیز گذشته و حال حاضر در ایران در حدود ۳۲ تا ۳۶ درجهٔ عرض جغرافیایی قرار گرفته‌اند. حداقل دمای هوا بین ۱۸- تا ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد در دورهٔ رویشی، متوسط دمای هوا بین ۹ تا ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد در دورهٔ زایشی و حداکثر دمای هوا کمتر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد در دورهٔ 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 تجزیهٔ مواد آلی می‌شود و شرایط را برای افزایش عناصر کم‌مصرف درجهت تغذیهٔ گیاه مهیا می‌کند. درخصوص 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 مزرعهٔ زعفران پس از کاشت از اواسط مهر شروع و تا نیمهٔ اول اردیبهشت با دور ۱۲ روز انجام می‌شود؛ مگر در زمانی‌که یخبندان زمستانی است *(امام‌جمعه،۱۳۷۲: ۴)*. هر قدر در زمستان به گیاه زعفران آب بدهند مفید و در ازدیاد محصول مؤثر است *(ابریشمی ۱۳۷۶: ۴۸)*. از سال دوم به بعد اولین آب در اوایل آبان دیده می‌شود و 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 به‌سر 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 توسعهٔ سطح زیرکشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک را دارد *(سبحانی، ۱۳۹۵: ۷۴)*.

## روش پژوهش

استان خراسان شمالی در شمال شرق ایران قرار دارد. ازنظر موقعیت ریاضی بین مدارهای ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقهٔ شمالی و بین نصف‌النهارهای ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱). وسعت منطقهٔ مورد مطالعه حدود ۲۸۴۳۴ کیلومترمربع 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 ازلحاظ 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.




**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان خراسان شمالی**

*مأخذ : پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷*

**جدول ۱ : وضعیت کاربری اراضی استان خراسان شمالی ($KM^2$)**

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

*مأخذ : آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی، ۱۳۹۶*

در انجام این تحقیق از داده‌های زمینی و اقلیمی با طول دورهٔ آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۴-۱۳۵۰) از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک[1] (همدید)، کلیماتولوژی[2] (آب و هواشناسی) منطقهٔ بجنورد، شیروان، اسفراین، جاجرم و همچنین از ۵ ایستگاه سینوپتیک (همدید) مجاور سبزوار، مشهد، قوچان، گلستان و شاهرود (به‌عنوان ایستگاه کمکی) استفاده شد (جدول ۲).

**جدول ۲ : موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک (همدیدی) وکلیماتولوژی (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*

1-Synoptic station

**جدول ۳: نیازهای رویشی کشت زعفران**

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

*مأخذ: کوچکی، ۱۳۹۴؛ اسماعیل‌نژاد، ۱۳۹۵*

برای تعیین مکان بهینهٔ کشت زعفران در محدودهٔ مورد مطالعه، ۹ معیار مورد استفاده قرار گرفت که عبارت‌اند از: ۱. سطوح ارتفاعی؛ ۲. شیب؛ ۳. جهات شیب؛ ۴. تیپ اراضی؛ ۵. بافت خاک؛ ۶. ساعات آفتابی؛ ۷. حداقل دمای هوا در دورهٔ رویشی؛ ۸. حداکثر دمای هوا در دورهٔ رکود؛ ۹. متوسط دمای هوا در دورهٔ زایشی به‌منظور ترکیب معیارها و پهنه‌بندی قابلیت استان خراسان شمالی به‌لحاظ کشت زعفران، از مدل AHP در نرم‌افزار $ArcGIS_{10.3}$ استفاده شده‌است. 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 مقایسهٔ زوجی (دودویی) و ترسیم نمودار مربوط در نرم‌افزار Expert Choise با توجه به اهمیت اثرگذار هر لایه با استفاده ازنظر متخصصان و منابع علمی اقدام شده‌است. روش مقایسهٔ دوتایی توسط ساتی در سال(۱۹۷۷)[1] در زمینهٔ فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) پیشنهاد شد، مقایسه‌های بین معیارها به‌صورت دوتایی انجام شود و وزن‌های نسبتی به‌عنوان خروجی درنظر گرفته‌شود. روش مقایسهٔ دوتایی شامل سه مرحلهٔ اصلی است: ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، محاسبهٔ وزن‌ها و سازگاری سیستم است *(بابایانی، 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، تجزیه‌وتحلیل شده‌است. در سطح اول، هدف اصلی؛ در سطح دوم، پارامترهای اصلی تأثیرگذار در کشت زعفران؛ در سطح سوم، زیرشاخه‌های هرکدام از پارامترهای سطح دوم و درنهایت در سطح چهارم، خصوصیات یا کلاس هر لایهٔ اطلاعاتی، دسته‌بندی شده‌اند. پس از ایجاد سلسله‌مراتب به مقایسهٔ مؤلفه‌های هر سطح در قالب یک ماتریس پرداخته

1-Saaty

شده‌است. مقایسه و محاسبهٔ وزن‌ها با استفاده از مدل (AHP) در محیط نرم‌افزار Expert Choise انجام شده‌است، که به‌طور خودکار نسبت ناسازگاری نیز محاسبه شده‌است و ازطریق ادغام وزن‌های نسبی سطوح مختلف و ضرب‌های متوالی ماتریس وزن‌ها در هر سلسله‌مراتب انجام می‌شود. ازطریق به‌کار بردن قابلیت Map calculator نرم‌افزار ARC/GIS، پس از ضمیمه کردن وزن سطح چهارم به جدول اطلاعات توصیفی هر نقشه می‌توان نقشهٔ مربوط را در اوزان سطوح بالایی خود ضرب کرد تا نقشه‌های نهایی براساس مدل (weighted-overlay) لایه‌های وزن‌گذاری شده را هم‌پوشانی کرده و مکان‌های کاملاً مناسب، مناسب، تناسب بحرانی و نامناسب جهت کشت زعفران در سطح منطقه شناسایی شود. به‌طور کلی پس از ایجاد و مشخص‌کردن وزن طبقات هر لایه، در محیط GIS امتیاز هر پلی‌گون (S) در هر لایهٔ اطلاعاتی، از حاصل‌ضرب هر طبقه (sij) در وزن لایهٔ مربوط (wi) به‌دست می‌آید. امتیاز نهایی به‌دست‌آمده 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 اولویت‌های دو معیار به‌کار می‌گیرد *(بلیانی، ۱۳۹۵: ۱۸۴-۱۸۰)*.

معیارلایه وزن $S=\sum sij*wi$;

وزن نهایی$Sij=$;گون پلی$Wi=$;

**جدول ۴ : مقیاس نه کمیتی ساعتی برای مقایسهٔ دودویی گزینه‌ها**

| شدت اهمیت | میزان اهمیت |
|---|---|
| با اهمیت و ارجحیت مساوی | ۱ |
| با اهمیت و ارجحیت کمی بیشتر | ۳ |
| با ارجحیت و اهمیت قوی | ۵ |
| با ارجحیت خیلی‌قوی | ۷ |
| با ارجحیت بی‌نهایت | ۹ |
| ارزش میانی | ۲، ۴، ۶،۸ |
| اثر دوجانبهٔ امتیازات | ارزش‌های مقیاس معکوس |

*مأخذ : بلیانی، ۱۳۹۵*

در این پژوهش، با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، اگر اهمیت I نسبت‌به J برابر با K باشد، اهمیت عنصر J نسبت‌به I برابر با $1K$ خواهد بود *(Marinoni, 2007: 45)*. یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده در تعیین‌ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. مکانیزمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها درنظر گرفته شده‌است، محاسبهٔ ضریبی به‌نام «ضریب ناسازگاری» است که از تقسیم شاخص ناسازگاری به شاخص تصادفی‌بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، ناسازگاری در قضاوت‌ها موردقبول است. در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود. دو مسئلهٔ مهمی که در تحلیل سلسله‌مراتبی وجود دارد، یکی ثبات و ناسازگاری و دیگری مدت زمانی است که صرف قضاوت‌ها در یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری پیچیده به‌ویژه در حالی است که تعداد گزینه‌ها زیاد می‌شود. مهم ترین مزیت این روش در

آن است که به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا یک مسئلهٔ پیچیده را به‌صورت ساختار سلسله‌مراتبی بشکنند و سپس به حل آن بپردازند. بردار مجموع وزن‌دار با ضرب‌کردن وزن در اولین معیار به اولین ستون ارائهٔ مقایسهٔ زوجی اصلی محاسبه شد. سپس وزن معیار دوم در ستون دوم تا آخر و سرانجام مجموع این روش‌ها در ردیف‌ها ضرب شده‌است (برای هریک از زیرمعیارها و گزینه‌ها نیز این‌گونه عمل شد). پس از محاسبهٔ بردار ثبات برای تکمیل محاسبات به محاسبه در ضریب دیگر با عنوان ($\lambda$) و شاخص ناسازگاری ($CI$) نیاز بود.

$$CR=CIRI$$

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

$$CI=\lambda maxn-1$$

شاخص تصادفی‌بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول۳ قابل‌استخراج است. جدول۵ شاخص تصادفی بودن را نشان می‌دهد.

**جدول ۵: شاخص پایداری تصادفی‌بودن (RI)**

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

*مأخذ: Bowen, 1993*

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبهٔ مقدار ویژهٔ ماکزیمم ($\lambda max$) از L به شرح زیر استفاده می‌شود *(خواجه شاهکوهی و همکاران،۱۳۹۳: ۱۴۳؛بلیانی و همکاران،۱۳۹۵: ۱۸۴-۱۸۳)*.

$$L=1[i=1(AWiWi)]$$

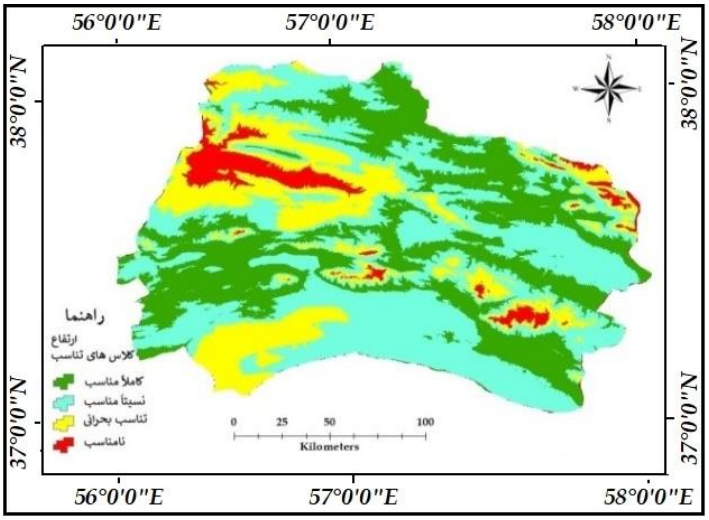
$AW_i$ برداری است که از ضرب ماتریس دودویی معیارها در بردار $W_i$ (بردار وزن یا ضرب اهمیت معیارها) به‌دست می‌آید.

## یافته‌ها

### ارتفاع

از آنجایی که زعفران، با ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا را ترجیح می‌دهد، درجه اهمیت هر رده در جدول ۶ مشاهده می‌شود. به‌منظور تولید نقشهٔ ارتفاع منطقه از مدل رقومی ارتفاع (DEM ۳۰متر) استان خراسان شمالی استفاده شد.

بر این اساس منطقهٔ 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.




**شکل ۲ : مناطق مستعد براساس ارتفاع**

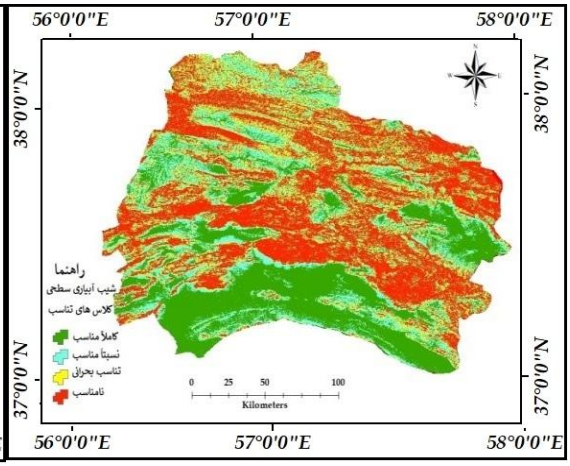
*تهیه و ترسیم : نگارندگان،۱۳۹۷*

## شیب

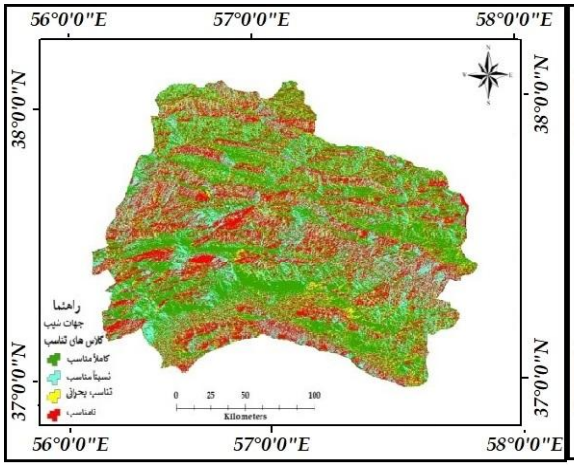
برای تهیهٔ نقشهٔ شیب نیز از نقشهٔ مدل رقومی ارتفاع(DEM ۳۰متر) با اعمال توابع شبکه‌بندی نامنظم مثلث‌بندی (TIN) استفاده‌شد. با توجه به ابعاد پیکسل‌ها مقدار شیب ازطریق 3D Analyze استخراج شد. برای محاسبهٔ مساحت هر منطقه با توجه به ابعاد سلول‌ها، مساحت هر سلول در ابعاد آن ضرب شده و مساحت منطقهٔ موردنظر به هکتار به‌دست می‌آید؛ بنابراین نقشهٔ 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.

## جهت شیب

براساس اهمیت شیب در نورگیری وزن‌دهی به جهات شیب به‌ترتیبِ 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 بالغبر ۱۱۰ هزار هکتار پهنهٔ کاملاً مناسب، ۶۵ هزار هکتار (۲۷/۲۳ درصد) پهنهٔ نسبتاً مناسب، ۲۶ هزار هکتار (۹/۳۳ درصد) در پهنهٔ تناسب بحرانی و بالغبر ۷۹ هکتار (۲۸/۳۳ درصد) در پهنهٔ نامناسب قرار گرفته‌اند.




**شکل ۳: مناطق مستعد براساس شیب آبیاری سطحی**




**شکل ۴: مناطق مستعد براساس جهات شیب**

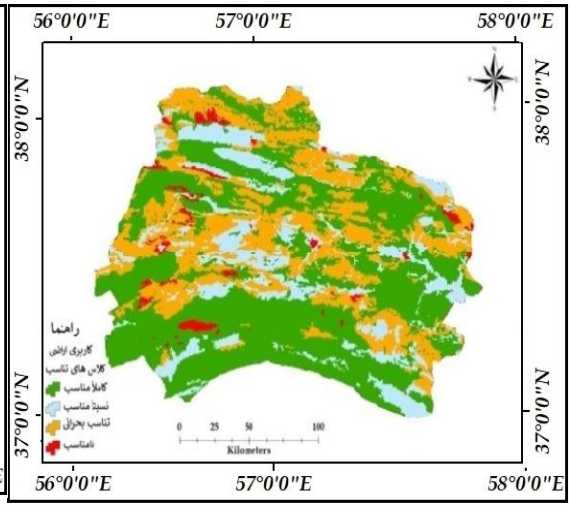
*تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۷*

## کاربری اراضی

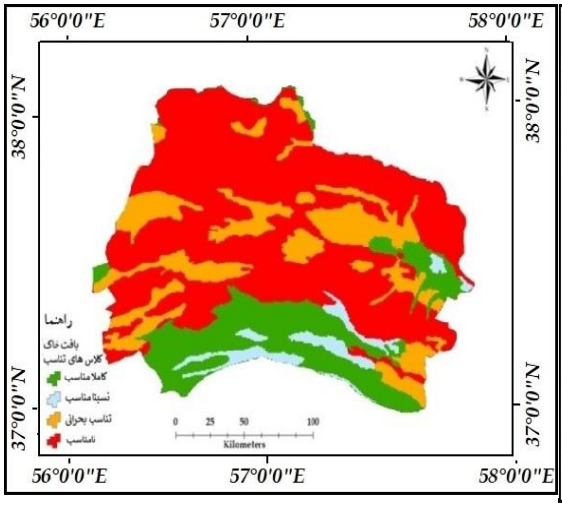
براساس شکل (۵) مشاهده می‌شود که کلاس‌های مختلف براساس قابلیت آن‌ها برای کاشت زعفران به چهار گروه تقسیم شده‌اند که براساس آن بالغبر ۱۴۱ هزار هکتار (۵۰/۱۰ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۸۴ هزار هکتار (۳۰/۱۲ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۴۹ هزار هکتار (۱۷/۴۷ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و ۶ هزار هکتار (۲/۳۰ درصد)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

## بافت خاک

بافت خاک ازجمله خصوصیات خاک است که ازنظر مکانی متفاوت، اما ازنظر 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.




**شکل ۵: مناطق مستعد براساس تیپ اراضی**




**شکل ۶: مناطق مستعد براساس بافت خاک**

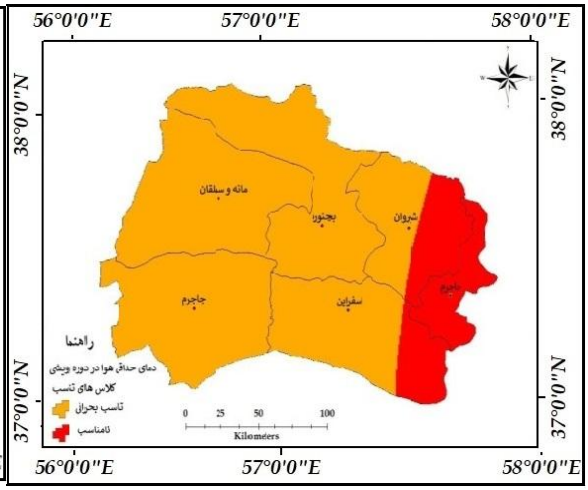
*تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۷*

### درجه حرارت حداقل دمای هوا در دورهٔ رویشی

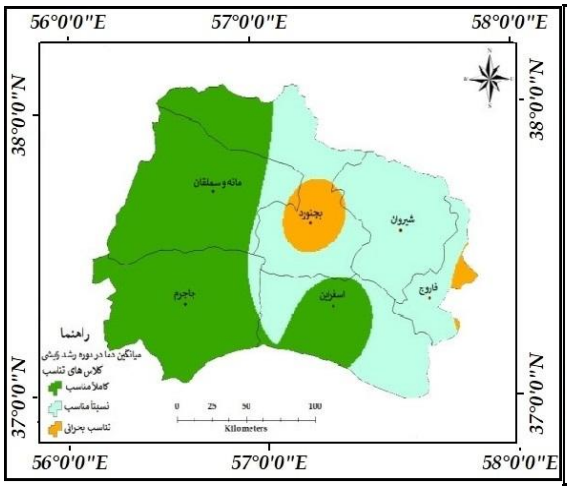
نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق هم‌دما با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های آب‌وهواشناسی منطقه تهیه شد. نتیجهٔ به‌دست‌آمده از یک نقطه و مکان با استفاده از مدل‌های آماری و ریاضی، به‌صورت منحنی‌های هم‌دما درآمده و به سطح وسیع‌تری تعمیم داده‌شد. این امر در شکل (۷) به‌خوبی نشان داده شده‌است. بر این اساس ۷۹/۴۶ درصد مساحت و بالغبر ۳۵۲ هزار هکتار در کلاس تناسب بحرانی و ۲۰/۵۳ درصد مساحت و بالغبر ۹۱ هزار هکتار (۲۰/۵۳ درصد) در کلاس نامناسب پهنه‌بندی شده‌است.

### متوسط دمای هوا در دورهٔ زایشی

با توجه به شکل (۸) متوسط دمای هوا در دورهٔ 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 داده‌شد و همچنین ۲۵ هزار هکتار (۵/۶۴ درصد) در کلاس تناسب بحرانی هستند.




شکل ۷: مناطق مستعد در مرحلهٔ رشد رویشی




شکل ۸: مناطق مستعد در مرحلهٔ رشد زایشی

*تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۷*

### حداکثر دمای هوا در دورهٔ رکود

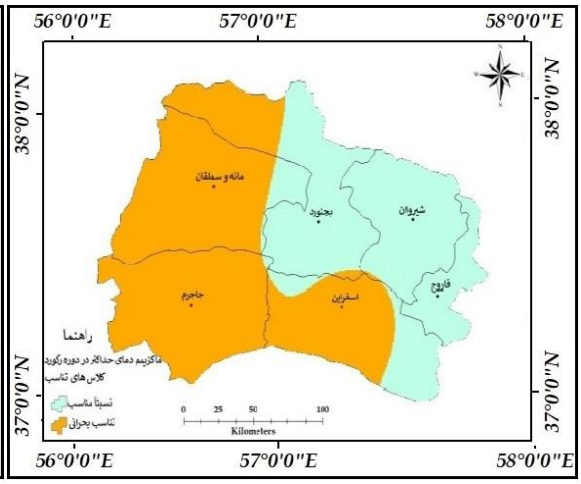
با توجه به شکل (۹) حداکثر دمای هوا در دورهٔ رکود به دو کلاس طبقه‌بندی شد که براساس آن ۱۹۹ هزار هکتار (۴۴/۹۶ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۲۴۳ هزار هکتار (۵۵/۰۳ درصد) در کلاس تناسب بحرانی هستند.

### ساعات آفتابی

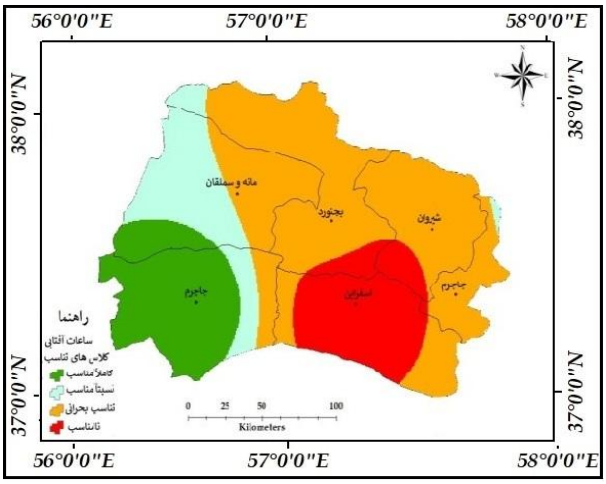
براساس شکل (۱۰) ساعت آفتابی به ۴ کلاس طبقه‌بندی شده‌است که براساس آن ۷۵ هزار هکتار (۱۶/۹۴ درصد) در کلاس مناسب، ۱۰۹ هزار هکتار (۲۴/۶۰ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۲۰۳ هزار هکتار (۴۵/۸۲ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و همچنین ۵۵ هزار هکتار (۱۲/۶۱ درصد) در کلاس نامناسب قرار داده شده‌است.

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 متغیّرهای زمینی، خاک و اقلیمی صورت گرفت. جداول ۶، ۷ و شکل ۱۱ ماتریس و رتبه‌بندی نهایی عوامل مؤثر زمینی، خاک

و اقلیم برای کشت زعفران در استان خراسان شمالی نشان می‌دهد که مجموع معیارهای ۹گانهٔ فوق معادل عدد یک است و این نشان‌دهندهٔ نسبی‌بودن اهمیت معیارهاست. این اوزان محاسبه‌شده در لایه‌های ۹گانهٔ مربوط بر تعیین مطلوبیت متغیّرهای زمینی، خاک و اقلیمی پهنه‌های مختلف کشت زعفران، اعمال شد و خروجی آن به‌صورت ماتریس در شکل (۱۱) نشان داده شده‌است. لایهٔ دما که بیشترین تأثیر را در نقشهٔ 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 نسبت‌به دیگری با توجه به روش امتیازدهی وزنی در جدول (۶) نشان داده شده‌است.




**شکل ۹: مناطق مستعد در مرحلهٔ دورهٔ رکود**




**شکل ۱۰ : مناطق مستعد براساس ساعات آفتابی**

*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 | ساعت آفتابی | بافت خاک | کاربری اراضی | ارتفاع | شیب | جهات شیب | حاصل‌ضرب وزن | درصد لایه‌ها |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل دمای هوا | | ۳ | 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 |
| جهات شیب | | | | | | | | | | ۰/۳۴ | ۳ |
| نسبت ناسازگاری | ۰,۰۹ | | | | | | | | | | ۱۰۰ |

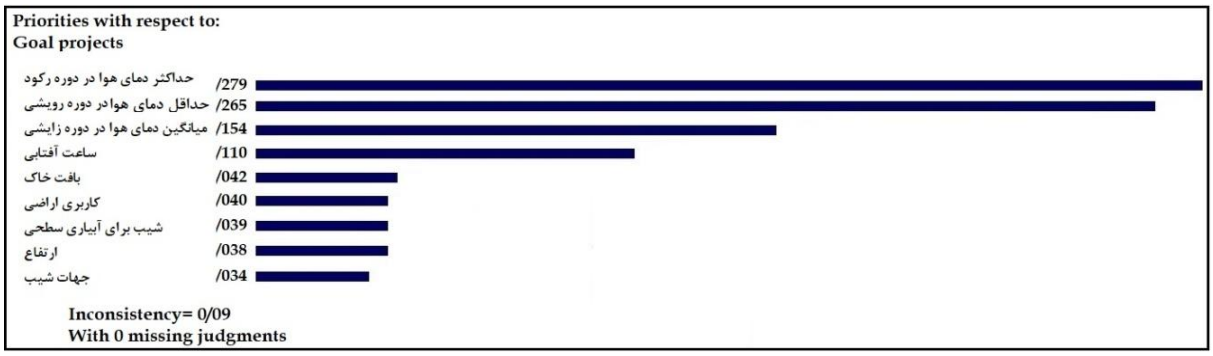
*مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷*

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؛ ازاین‌رو نتایج معنی‌دار است.

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

| معیارها | وزن‌معیار | گزینه | وزن نهایی | مساحت (Ha) | درصد |
|---|---|---|---|---|---|
| حداقل دمای هوای | ۰/۲۶۵ | (-۲۰) – (-۱۸) | - | - | - |
| | | (-۱۸) – (-۱۵) | - | - | - |
| | | (-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 | ۴۹۲۳۲۱ | ۱۷/۴۷ |
| | | رودخانه، مردابی و مناطق صخره‌ای | ۰/۱۰۳ | ۶۴۸۴۶/۲۲ | ۲/۳۰ |
| ارتفاع | ۰/۳۸ | ۱۳۰۰ -۱۸۰۰ | ۰/۶۰۴ | ۸۹۴۶۷۲/۹۵ | ۳۱/۶۹ |
| | | ۱۳۰۰ -۱۶۰۰ و ۱۸۰۰ - ۲۰۰۰ | ۰/۱۷۹ | ۱۲۳۶۶۶۲/۶۰ | ۴۳/۸۰ |
| | | ۶۰۰ – ۹۰۰ و ۲۰۰۰ -۲۳۰۰ | 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 |
| جهات 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: محاسبهٔ وزن شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Chois**

*تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷*

بعد از وزن‌دهی و قبل از به‌کارگیری وزن‌ها، بایستی نسبت‌به 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 قابل‌قبولی برخوردار است و در غیر این صورت باید در مقایسات تجدیدنظر شود. برای این موضوع سه مرحله طی شد؛ مرحلهٔ اول: محاسبهٔ بردار ویژه؛ مرحلهٔ دوم: محاسبهٔ شاخص ناسازگاری براساس فرمول ($CI$)؛ مرحلهٔ سوم: نرخ ناسازگاری براساس فرمول ($CR$). در این فرمول $R.I.$، (عدد ثابت) مقدار شاخص ناسازگاری است که برای ماتریس‌های $n$بُعدی با اعداد تصادفی محاسبه می‌شود. نرخ ناسازگاری به‌دست‌آمده در ۹ لایه مورد بررسی کمتر از ۰/۱ است؛ بنابراین مقایسات از سازگاری مطلوبی برخوردار هستند. برای گزینه‌ها در هر معیار نیز عملیات محاسبهٔ نرخ ناسازگاری صورت گرفت که نتایج در جدول ۷ بیان شده‌است.

**جدول ۷: نرخ ناسازگاری گزینه‌ها در هر معیار**

| معیار | حداقل دمای | حداکثر دمای | متوسط دمای | ساعت آفتابی | بافت خاک | کاربری اراضی | شیب | ارتفاع | جهات شیب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نرخ‌ناسازگاری | ۰/۰۲ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ |

*مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۳۹۷*

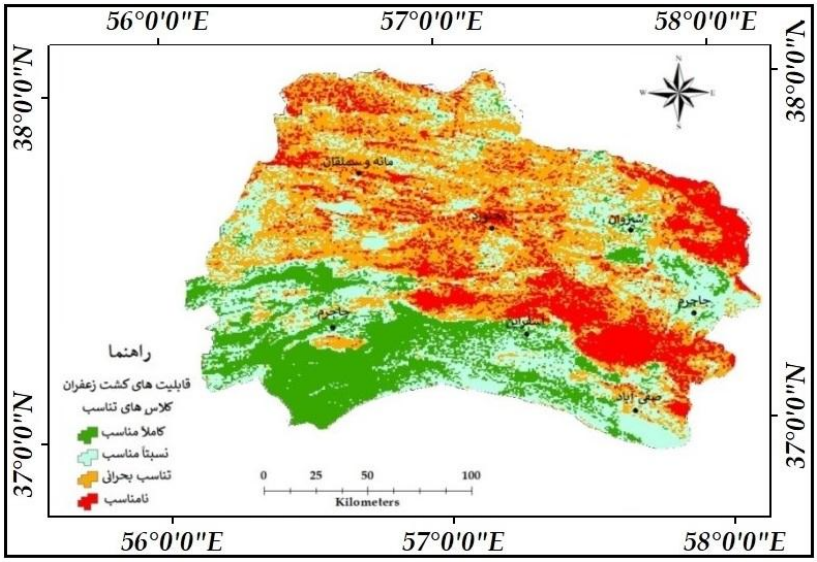
نتایج به‌دست‌آمده از وزن‌دهی و کلاس‌بندی معیارها، لایه‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی منطقهٔ مورد مطالعه ازنظر قابلیت کشت زعفران، با یکدیگر ترکیب شدند تا مناطق مستعد برای کشت زعفران مشخص شود. در این راستا، مهم‌ترین محورها در شرایط زمینی، خاک و اقلیمی این استان که زمینه‌های تولید در کشاورزی را فراهم می‌سازد، به‌نوعی موردتوجه قرار گرفت. به این منظور پهنه‌بندی پس از تلفیق لایه‌های مربوط به ۹ معیار ذکر شده و با توجه به اینکه لایه‌های 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 شده‌است. مناسب‌ترین مناطق برای کشت زعفران در استان، در دشت‌های جاجرم، اسفراین، گراتی، صفی‌آباد و بخش‌هایی از شیروان و فاروج قرار دارند. این شرایط به‌دلیل ترکیبی از ویژگی‌های اقلیمی نظیر حداقل دمای هوا، حداکثر دمای هوا، متوسط دمای هوا و ساعت آفتابی در طول

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

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

| کلاس | درجهٔ 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: نقشهٔ پهنه‌بندی قابلیت کشت زعفران براساس مدل AHP در استان خراسان شمالی**

*تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۷*

## 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، 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 منطبق‌بر اراضی کشاورزی استان بوده‌است و در صورت تأمین نیاز آبی محدودیت عمدهٔ دیگری برای کشت این محصول ندارد. ۸۱۱ هزار

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 محدودکنندهٔ 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 بین‌مناطق 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 نقشهٔ 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؛ 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)، هاشم هادی (۱۳۹۵)، سرخ‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴)، همخوانی دارد.

## پیشنهادها

هدف این تحقیق مکان‌یابی مناطق مستعد توسعهٔ 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 دورهٔ 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.

## 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 ابریشمی‌فر. ص ۱۸.

-اسماعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۵). بررسی و پهنه‌بندی تنش‌های گرمایی مؤثر بر زعفران در استان خراسان جنوبی، نشریهٔ پژوهش‌های زعفران. جلد چهارم. شمارهٔ 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.

-آمارنامهٔ سازمان جهاد کشاوزی استان خراسان شمالی، (۱۳۹۶). وزارت جهاد کشاورزی.

-تهیهٔ نقشهٔ 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.

-پژوهشکدهٔ اقلیم‌شناسی (۱۳۹۶). گزارش آشکارسازی، ارزیابی و چشم‌انداز تغییر اقلیم در ایران طی قرن بیست‌ویکم، دفتر مرجع ملی هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC).

-جعفربیگلو، منصور؛ زهرا مبارکی (۱۳۸۷). سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شمارهٔ ۶۶. صفحات ۱۱۹-۱۱۰.

-خواجه‌شاهکوهی، 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، نشریهٔ زراعت و فناوری زعفران. جلد ۳. شمارهٔ ۴. زمستان. صفحات ۲۷۲-۲۶۱.

-سالاری، امیر؛ مهدی بشیری (۱۳۹۵). کاربرد زمین آمار در پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی براساس پارامترهای اقلیمی، نشریهٔ زراعت و فناوری زعفران. جلد ۴. شمارهٔ ۲. تابستان، صفحات ۱۶۷- ۱۵۵.

-سبحانی، بهروز (۱۳۹۵). پهنه‌بندی اگروکلیمایی کشت زعفران در استان اردبیل با استفاده از روش AHP، مجلهٔ پژوهش‌های زعفران. جلد چهارم. شمارهٔ 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). آمارنامهٔ 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). شمارهٔ ۵۰. تهران. صفحات ۹۱- ۶۷.

-مکانیکی، جواد؛ حجت‌الله صادقی؛ معصومه فدایی (۱۳۹۴) توان سنجی محیطی، الگویی مناسب در راستای شناخت توانمندی‌های منطقه‌ای با تأکید بر کشاورزی (مورد مطالعه: کشت زعفران در شهرستان‌های قاینات و زیرکوه)، برنامه‌ریزی منطقه‌ای (آزاد مرودشت)، سال پنجم. شماره ۱۹.

-فرجنیا، اصغر؛ جمشید یاراحمدی؛ نسرین حاجی‌حسنی؛ علی تاج‌آبادی‌پور (۱۳۹۴). پهنه بندی مناطق رویشی پسته از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. سال۲۱. شماره ۶۰. صفحات ۲۹۸-۲۸۱.

-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، نشریهٔ مدیریت اراضی. جلد ۴. شمارهٔ ۱.
-کیان‌بخت، سعید (۱۳۸۷). سروری سیستماتیک برفارماکولوژی زعفران و مواد مؤثر آن، پژوهشکدهٔ گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی. فصل‌نامهٔ گیاهان دارویی سال هفتم. دورهٔ چهارم. پاییز.
-کوچکی، علیرضا، سیدمحمد سیدی (۱۳۹۴). فنولوژی و روند تشکیل بنه‌های دختری زعفرا (Crocus sativus L.) در طی دورهٔ رشد، نشریهٔ پژوهش‌های زعفران. جلد ۳. شمارهٔ ۲. پاییز و زمستان.
-مقامی‌مقیم، غلامرضا؛ سیدمحمود 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 مقایسهٔ آن با خروجی مدل MIROC برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰، ۲۱۰۰ تحت سناریوها A1B و A2 (با تأکید بر مسئلهٔ تغییر اقلیم)، جغرافیا و مخاطرات محیطی. شمارهٔ ۲۲. تابستان. صفحات ۷۲-۵۹.
-یاراحمدی، جمشید؛ نسرین حاج‌حسنی؛ اصغر فرجنیا؛ اصغر تاج‌آبادی‌پور (۱۳۹۶). پهنه‌بندی مناطق رشد رویشی پسته ازنظر اقلیمی در استان آذربایجان‌شرقی. نشریهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱. شمارهٔ ۶۰. تابستان ۱۳۹۶. صفحات ۲۹۸-۲۹۱.
-یزدچی، سعید؛ علی‌اکبر رسولی؛ حسن محمودزاده؛ محمدزرّین‌بال (۱۳۸۹). سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، دانش آب و خاک. جلد ۲۰. شمارهٔ ۳. صفحات ۱۷۰-۱۵۱.
-یوسفی، عبدالله (۱۳۹۶). آمارنامهٔ 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 Grocus, 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.

Geography and Development
17nd Year-No.56– Autumn 2019
Received: 27/05/2018 Accepted: 25/02/2019

# Saffron Cultivation Agro Climate Zoning in North Khorasan Province: An Approach to Change the Pattern of Cultivation

**Dr. Gholamreza Maghami Moghim**
Assistant Professor of Earth Sciences Faculty
University of Damghan

**Seyed Mahmoud Hosseini Sediq**
Ph.D Student in Meteorology
University of Zanjan

**Reza Asadi**
Ph.D Student in Geography and Rural Planning
University of Tarbiat Modarres

**Sakeine Khani Tamliye**
Ph.D Student in Meteorology
University of Zanjan

## Introduction

Due to the geographical location of Iran and the study area which is located in the northeast of the country, this region is located in the subtropical high pressure area. This issue has led to a shortage of atmospheric rainfall and high evapotranspiration potential, rising temperatures and sunshine, with water and soils exposed to salinity. It is necessary due to the location in arid and semi-arid regions as well as the need to change the cropping pattern and the possibility of some adaptable crops by considering the changes in temperature and soil regime, in the agricultural sector of North Khorasan province. One way to change the crop pattern is to replace high-yield crops with low-yield crops that require low water and heat-resistant varieties. Saffron is one of the most important Low expectations and heat-resistant crops that Iran has ranked first in the world with production of 261 tons. Due to the importance role of this crop in the Iranian economy, considerable studies have been done in this field which can be referred to Jafar Bigloo (2008) In Qazvin province, Rashid Sorkh Abadi (2015 in Torbat Heydariyeh, Salari (2016) in Khorasan Razavi province, Sobhani (2016) and Kamamiabi (2014) in Rashtkhar city. No significant study has been conducted in this plain, despite the expansion of cultivation of this crop in Safiabad plain. In this study, is attempted to the ecological needs of this crop are compared with the climate conditions of Khorasan-e-Shomali province and the agro-climatic location of susceptible soils.

## Methods and Material

In this research were used the ground and climatic data with a 30 year statistical period of 1 synoptic and 2 climatology stations of Bojnourd, Shirvan, Esfarain and Jajarm. To determine the suitable location of saffron cultivation in the study area, 9 criteria are considered which are including elevation, slope, slope directions, soil type, soil texture, sunshine, minimum air temperature during vegetative period, maximum air temperature during stagnation and average air temperature during

reproductive period. In order to combine criteria and zoning of saffron cultivation, AHP model was used in ArcGIS software. According to the AHP weighting model about ground conditions and requirements, soil and climatic conditions of saffron cultivation, the weight allocation of each data layer was compared by using of a paired comparison matrix drawing diagram in Expert Choise software also by considering the importance of each layer by using scientific experts. In order to weigh, by this method, is firstly analyzed the decision problem, which was to find saffron-prone areas for cultivation, in consider to the most hierarchy important decision elements. Comparison and Calculation of Weights were using by the Expert Choise Model (AHP), the final maps which were based on the weighted-overlay model overlapped the weighted layers to identify exactly suitable, suitable, critical and unsuitable sites for saffron cultivation at the regional level.

**Results and Discussion**

According to the studies about the affecting factors on saffron cultivation, were classified as elevation criteria 89,000 hectares of land as perfectly suitable, 123,000 hectares relatively suitable, 55,000 hectares critical and 13,000 hectares in unsuitable class. In terms of slope, more than 71,000 hectares were perfectly suitable, 66,000 hectares relatively suitable, 42,000 hectares critical proportion, 101,000 hectares inappropriate (unsuitable). In terms of slope direction 110,000 hectares perfectly (quit) suitable, 65,000 hectares relatively suitable, 26,000 hectares Critical proportion and 79 hectares are located in a suitable area. In terms of land using, 141,000 hectares were classified as perfectly suitable, 84,000 hectares relatively suitable, 49,000 hectares critical and 6,000 hectares inappropriate. In terms of soil texture, 196,000 hectares are located in a perfectly suitable class, 35,000 hectares relatively suitable, 57,000 hectares of critical suitability and 167,000 hectares in inappropriate class. In terms of minimum air temperature during the vegetative period 352,000 hectares are classified in critical proportion class and 91,000 hectares are zoned inappropriate class. In terms of average air temperature during reproductive period, 217,000 hectares are perfectly suitable class, 200,000 hectares relatively suitable, and 25,000 hectares in critical proportion class. In terms of maximum air temperature during the stagnation period, 199,000 hectares are in relatively suitable class and 243,000 hectares in critical proportion class. In terms of sunshine, 75,000 hectares are in the appropriate (suitable) class, 109,000 hectares are relatively suitable, 203,000 hectares are in critical proportion class, and 55,000 hectares are in unsuitable class. In this study, it was found that the sum of the above 9 criteria is equivalent to 1 (number 1), and this is indicating the relative importance of these criteria's. The calculated weights were applied in 9 layers to determine the suitability of utility of earth, soil and climatic variables of different saffron cultivation zones and its output showed that temperature layer had the highest percentage with 43% and slope direction with 6% the lowest.

## Conclusion

The results of this study showed that about 498,000 hectares of North Khorasan province including Jajarm, Garmeh, Esfarayen, Safiabad and parts of Shirvan and Faroj cities due to a combination of climatic and land characteristics, are absolutely suitable for saffron cultivation. 811,000 hectares, including parts of the lowlands (plains) of Jajarm, Esfarayen, Safiabad, and Faroj, are in relatively suitable class with little restriction. 1,434 hectares of provincial level including foothills and mountainous plains and ground waters of Safi Abad, Faroj, Shirvan, Bojnourd, Mane and Semelghan and Esfarayen due to growth limiting factors such as altitude (elevation), slope, soil, and climatic factors are in critical proportion for saffron cultivation. About 469,000 hectares, including Bojnourd, Mane, and Semelgan areas and parts of Raz Jargalan, are classified as inappropriate due to a combination of features such as maximum temperature, sunshine, altitude, slope, soil texture. According to the final map it can be said that from south to north of the province are decreased the amount of saffron cultivation areas.

**Keywords:** Zoning, Saffron cultivation, AHP, North Khorasan Province, Climate change.

## References

- Abrishami, M,H. (1997) . Iranian saffron, historical, cultural and agricultural knowledge Astan Qods Razavi, Publisher , First print. (in Persian)
- Abedi, K (2013). Ministry of Agricultural Jahad, Statistics of Agricultural Jahad Organization of North Khorasan Province (in Persian)
- Abrishami, M,H (1383). Saffron from long ago to today , Amir Kabir Press.(in Persian)
- Amani, s (1388). Saffron Culture, Tehran Abrishamifar Press.( in Persian)
- Bliani, S (1395). A Comprehensive Guide to GIS Application Models in Urban, Rural and Environmental Planning, Azad Pyma Press. (in Persian)
- Behnia, M, Rezam (1370). Saffron Agriculture, Tehran University Press. (in Persian)
- Farajzadeh, M (2015). Climatological Techniques, Samt Press. (in Persian)
- Farajzadeh, M., Mirzabiati, R (2007). Feasibility Study of Saffron Crop Areas in Neyshabur Plain Using GIS,Lecturer of Humanities(Space Preparation Planning), No. 50. Tehran. PP.67-91. (in Persian)
- Farajnia, A.,Jamshid, Y., Haji Hassani, N., Taj Abadipour, A.(2015). Zoning of Pistachio Climatic Zones in East Azerbaijan Province, Journal of Geography and Planning, Volume 21, Number 60, PP.281-298. (in Persian)
- Ghaemi, H., Zarrin, A., Khalakhlagh, F. (2016).Climatology of arid regions, Samt Press. ( in Persian)
- Institute of Climatology (1396). Report on Climate Change Disclosure, Assessment, and Outlook in Iran during the Twenty-First Century, National Reference Bureau of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (in Persian)
- Jafaribigloo, M., Mubarak, Z (1387). Assessment of land suitability for saffron cultivation in Qazvin province based on multi-criteria decision making methods, Natural Geography Research. No.66. PP.110-119 (in Persian)
- Kochaki, A., Seyedi, S, M. (2015). Phenology and Process of Saffron Female Corms During Growth, Saffron Research Journal, Volume 3, Issue 2, Fall and Winter. (in Persian)

- Khajeh Shahkohi, A, Davoodi, M., Hesam, Mehdi (2014). Spatial Modeling and Multi-criteria Decision Making, Golestan University Press. (in Persian)
- Kianbakht, S (2008). A systematic overview of saffron pharmacology and its effective ingredients, Institute of Medicinal Plants Research, Academic Jihad, Journal of Medicinal Plants, Seventh Year. Fourth period. (in Persian)
- Mechanicy, J.,Sadeghi, H.,Fada'i, M (2015). Environmental Capacity, An Appropriate Model for Recognizing Regional Capacities with Emphasis on Agriculture (Azad Marvdasht), Fifth Year, No. 19. (in Persian)
- Maghami Moghim ,G, R.,Hosseiny Seddigh, M (2016). The Condition of planting Pistachio in arid & semi-arid regains in iran,Sokhan Gostar Press. (in Persian)
- Mirmosavi, S, Hossein. ,Kiani, H (2015). Investigation and Classification of Coupons in Iran in 1975 and Comparison with MIROC Model Outputs for 2030, 2050, 2080, 2100 under A1B and A2 Scenarios (Emphasizing on Climate Change), Geography and Environmental Hazards, No. 22 Summer. PP.59-72 (in Persian)
- Ministry of Agricultural Jahad, Agricultural Jahad of North Khorasan Province (1396). Agriculture Statistics. (in Persian)
- Ministry of Agriculture Jahad, Organization of Forests, Rangelands and Watershed Management (1383). Map of the country vegetation. (in Persian)
- Pahizgar, A,Gm., Gilandeh, A., Malfowski, Yachak (1385). Geographic Information System and Multi-Criteria Decision Analysis,Samt Press. (in Persian)
- Qamarnia, H., Soltani, N (2016). Zoning of saffron-prone areas in Kermanshah: An Approach to Changing Crop Patterns and Addressing Water Deficiency, Land Management Journal, Volume 4. Number 1. (in Persian).
- Rashid Sorkhabadi, M., Shahidi, A., Khashiei Siouki, A (2015). Determination of suitable saffron cultivation sites in Torbat-e-Heydariyeh city using Fuzzy Hierarchy Process Analysis, Journal of Saffron Agriculture and Technology, Volume 3. Number 4. Winter. PP.261- 272. (in Persian)
- Salari, A., Bashiri, M (2016). Application of Geostatistics to Maping Saffron-Prone Zones in Khorasan Razavi Province Based on Climatic Parameters, Journal of Saffron Agriculture and Technology, Vol. 4, No. 2, Summer, PP. 155-167. (in Persian)
- Sobhani, B (2016). Agro-climatic zoning of saffron cultivation in Ardabil province using AHP method, Journal of Saffron Research, Volume 4. Number one. spring and summer. P. 76. (in Persian)
- Salighe, M (2016). Synoptic Climatology of Iran, Samt Press. (in Persian).
- Saeedzadeh, M.,Mokhtari, H,Ahmadi, R(2017).Saffron in the World, Sokhan Gostar Press.(in Persian)
- Smail Nejad, M (1395). Investigation and Zoning of Heat Stresses Affecting Saffron in South Khorasan Province, Saffron Research Journal, Volume Four, Issue 2, Fall and Winter. (in Persian).
- YarAhmadi, J., Haji Hassani, N., Farajnia, A., Taj Abadipour, A. (2015). Klimatologische zonering van pistachevegetatie in de provincie Oost-Azarbaijan. Journal of Geography and Planning , 21 (60), 281-298. doi: 0,5 (in Persian).
- Yazdchi, S., Rasouli, A. A., Mahmoudzadeh, H., Zarinball, M (1389). Evaluation of Marand County Land Capacity for Saffron Cultivation Based on Multi Criteria Decision Making Methods, Water and Soil Knowledge. Volume 20. No. 3. P( in Persian).

- Yousefi, A (1396). Statistics of Agricultural Jahad Organization of North Khorasan Province, Ministry of Agricultural Jahad. (in Persian).
- zizbekovu, 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 Grocus, soviet plant phisiol, 25(4): 471-476.(in English).
- 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. (in English).
- 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. ( in English).
- 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. (in English)
- Rangahu (2003). Research Growing satfrou the whords most Expensive spice, Grop and food,20:14. (in English).