نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۹۴-۷۹
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2021.3487.1134

مقاله پژوهشی:

آشکارسازی پهنه‌های مستعد جهت کشت زعفران از نظر آب و هوایی در استان همدان

امیرحسین حلبیان[1]*، محمدقاسم ترکاشوند[2]، زینب صالحی[3]
۱- دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: *Email : halabian_a@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۰۸

چکیده
شناخت اقلیم و بررسی نیازهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان زراعی و داروئی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید محصول می‌باشند. زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و داروئی جهان نقش مهمی در تولید محصولات خوراکی و داروئی دارد. بنابراین اگر بتوان با توجه به نیازمندی‌های حرارتی و رطوبتی این محصول، مناطق کشت زعفران را شناسایی نمود، عملاً می‌توان به عملکرد بیشتری در واحد سطح دست یافت. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی توان‌های بالقوه اقلیمی و تعیین میزان انطباق آنها با نیازهای اکولوژیک زعفران در استان همدان می‌باشد. به همین منظور، پارامترهای اقلیمی مانند میزان بارندگی سالیانه، حداقل درجه‌حرارت در طول دوره رشد، میانگین درجه‌حرارت، ساعات آفتابی و روزهای یخبندان از پایگاه داده‌های سازمان هواشناسی در بازه زمانی ۲۰ساله (۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵) و پارامترهای محیطی از جمله نوع خاک، از لایه خاک‌های استان همدان، شیب و ارتفاع منطقه از سطح دریا از لایه نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ مربوط به سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده است. در این تحقیق اثرات عناصر اقلیمی و عوامل محیطی فوق بر پهنه‌بندی اقلیمی زعفران به صورت انفرادی و گروهی (همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی) با استفاده از GIS و نرم‌افزار Arc Map در یک مدل اقلیمی- مکانی با استفاده از مدل همپوشانی وزن‌دار و روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که از نظر اقلیمی، ۳۵٪ از گستره استان همدان دارای شرایط بسیار مناسب و ۲۵/۷۲ ٪ دارای شرایط مناسب برای کشت زعفران بوده که شهرستان‌های نیمه جنوبی استان شامل شهرستان‌های ملایر، نهاوند، تویسرکان و اسدآباد و نیز نواحی شرقی شهرستان همدان را در بر می گیرد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، استان همدان

مقدمه

آب و هوا یکی از عوامل محیطی است که شکل‌های مختلف زندگی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در این تعریف گیاهان نیز مستثنی نمی‌باشند. لذا کاشت اصولی و استاندارد محصولات کشاورزی به درک صحیحی از شرایط آب و هوایی بستگی دارد. کشت بهینه محصولات کشاورزی مستلزم شناسایی نقاط مساعد کشت از لحاظ آب و هوایی می‌باشد. از آنجا که به نظر می‌رسید که شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و خاک در استان همدان می‌توانند شرایط لازم را برای کشت این محصول فراهم آورند، بنابراین تلاش گردید تا این مطالعه انجام پذیرد. در این پژوهش سعی بر آن شده است که مناطق زیست آب و هوایی مستعد برای کشت زعفران در استان همدان به منظور کشت بهینه زعفران شناسایی و معرفی گردند. از میان عناصر آب و هوایی، مقدار بارندگی، میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهیانه، حداقل و حداکثر مطلق دما، متوسط حداقل سردترین ماه، ساعات آفتابی، روزهای یخبندان و درجه روز- رشد در رشد، کمیت و کیفیت زعفران مؤثرند. همچنین عوامل محیطی مانند شیب، ارتفاع و نوع خاک می‌توانند در میزان عملکرد محصول تأثیر بسزایی داشته باشند. زعفران با نام علمی (*Crocus sativus*) گیاهی پایا از خانواده زنبق می‌باشد که در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد. کشت زعفران به لحاظ آبیاری برای مناطق خشک و نیمه‌خشک که کشت بسیاری از محصولات به دلیل کمبود آب با مشکل مواجه هستند بسیار مطلوب است، زیرا بنه‌های زعفران از نیمه اردیبهشت ماه که بارندگی‌های بهاره قطع می‌شود یک خواب با دوره ۵ ماه را طی کرده و نیاز به آبیاری ندارند (*Alizadeh, 2002*). مناطقی که در ارتفاع بین ۱۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته‌اند در صورت دارا بودن سایر شرایط عملکرد خوبی را برای کشت زعفران از خود نشان می‌دهند. نیاز آبی سالانه زعفران حدود ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد (*Abrishami, 2005*). ایران در حال حاضر با اختصاص بیش از ۸۰ درصد تولید جهانی زعفران به خود به عنوان بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده این محصول در جهان شناخته می‌شود (*Kafi, 2002*). با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی استان و دارا بودن شرایط لازم برای رشد زعفران که شامل آب و هوای معتدل، آب شیرین، نیاز به آبیاری در پاییز و عدم بارندگی در فصل تابستان می‌باشند، لذا برای کاشت این محصول در استان شرایط مطلوب وجود دارد. مهمترین اهدافی که این پژوهش دنبال می‌کند؛ شناخت امکانات و محدودیت‌های آب و هوایی در رابطه با گسترش و توسعه کشت زعفران، آگاهی‌رسانی مناسب و به موقع جهت کنترل عوامل زیان‌آور آب و هوایی به کشاورزان و همچنین فراهم آوردن شرایط لازم برای بهبود اوضاع اقتصادی استان همدان با عنایت به ویژگی‌های خاص گیاه زعفران و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی این استان می‌باشد.

محمدی و همکاران (*Mohamadi et al., 2010*)، در پژوهشی به ارزیابی پتانسیل‌های آب و هوایی کشت زعفران در شهرستان مرودشت پرداخته‌اند که در آن به محدودیت‌های اقلیمی گیاه زعفران اشاراتی شده است و برای به دست آوردن درجه-روز از شاخص حرارتی *GDD* استفاده گردیده و سپس با پارامترهای آب و هوایی مؤثر با شهرستان-های تربت‌حیدریه و قائن مقایسه شده است. نتیجه نشان داد که با توجه به پارامترهای مورد بررسی، محدودیتی در کشت این گیاه در این شهرستان دیده نمی‌شود.

اسماعیل‌زاده و جهانبخش (*Esmailzade & Jahanbakhsh, 2011*) در پژوهش انطباق نیازهای آگروکلیمایی گیاه زعفران با آب و هوای جلگه مغان، اقلیم هر ایستگاه را با توجه به عامل مؤثر در کشت زعفران، مناسب و یا نامناسب بودن کشت در ایستگاه مربوطه مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که به جز ایستگاه مشیران بقیه ایستگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه دارای شرایط مساعد آب و هوایی برای کشت زعفران بوده‌اند و البته ایستگاه گرمی مناسب‌ترین ایستگاه جهت کشت این محصول معرفی شده است.

کامیابی (*Kamyabi, 2013*) با ارزیابی تأثیر عوامل آب و هوایی مؤثر بر کشت زعفران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*)[1] در دهستان‌های شهرستان رشتخوار پرداخت. نتایج تحقیق او نشان می‌دهد، در میان عوامل محیطی، بارش با ضریب ۰/۲۸۱ و دما با ضریب ۰/۱۳۷ بیشترین تأثیر را در کشت زعفران داشته‌اند. منابع آبی و تبخیر در این پژوهش نیز پایین‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مشخص گردید که در میان دهستان‌های این شهرستان نیز، دهستان حسین‌آباد شرایط مناسب‌تری جهت کشت زعفران دارد.

1- *The analytic hierarchy process*

فلاح قنبری و احمدی (*Fallah Ghalhari & Ahmadi, 2014*) با مطالعه برآورد آستانه‌های فنولوژیکی کشت زعفران در استان اصفهان پرداخته که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تاریخ بهینه گلدهی زعفران براساس شرایط آب و هوایی از نیمه اول مهر تا اواخر آبان ماه متغیر است. همچنین از نظر شرایط دمایی مناطق غرب، مرکز، شمال و شرق این استان برای توسعه محصول زعفران مناسب‌تر است.

ارسلانی و همکاران (*Arslani & Rasouli, 2014*) با بررسی تأثیر عوامل آب و هواشناسی مانند بارش، دما، رطوبت نسبی، روزهای یخبندان و ساعات آفتابی بر عملکرد زعفران در شهرستان‌های کاشمر و قائنات را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتیجه تحقیق آنان این بوده است که هرچه افت درجه‌حرارت شب بیشتر باشد، روز بعد تعداد گل بیشتری جمع خواهد شد و هرچه ساعات آفتابی بیشتر باشد، کیفیت محصول بالاتر می‌رود. رشیدی سرخ آبادی و همکاران (*Rashid Sorkhabadi et al., 2015*) با بررسی پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران براساس فاکتورهای اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در تربت‌حیدریه، بیان داشتند که نقش هریک از عناصر اقلیمی بارش، دما و تعداد ساعات آفتابی، متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف شهرستان متفاوت است. از مجموع ۲۰۷۰ /۹۵۷۰کیلومتر مربع از مساحت شهرستان تربت‌حیدریه ۴ درصد منطقه دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷ درصد دارای شرایط متوسط برای کشت، ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ۱۰ درصد از مساحت منطقه را نقاط بسیار ضعیف در بر می‌گیرند.

باقری و همکاران (*Bagheri Rostam Abadi & Kamali, 2016*) با پهنه‌بندی اقلیمی نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در استان کرمان طی یک دوره ۱۰ ساله نشان دادند که ۳۱ و ۵۴ و ۲۵ درصد از منطقه مورد مطالعه به ترتیب دارای اقلیم نامناسب و مناسب و خیلی مناسب برای کشت زعفران می‌باشد.

روزنویگ و پاری (*Rosenzweig & Purry, 1994*) طول فصل رشد را براساس تلفیق درجه‌حرارت‌های بالاتر از صفر و قابلیت دسترسی رطوبت برای رشد گیاهان محاسبه کردند. مقادیر ارائه شده حاکی از کوتاه‌تر شدن طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است در حالی‌که در عرض‌های جغرافیایی بالا طول فصل رشد در آینده افزایش خواهد یافت.

داوینگ و همکاران (*Downing et al., 1999*) طول فصل رشد گیاه زعفران را بررسی کردند. در پژوهش آنها طول فصل رشد براساس تلفیق دماهای بالاتر از صفر و قابلیت دسترسی رطوبت برای رشد گیاهان محاسبه شد.

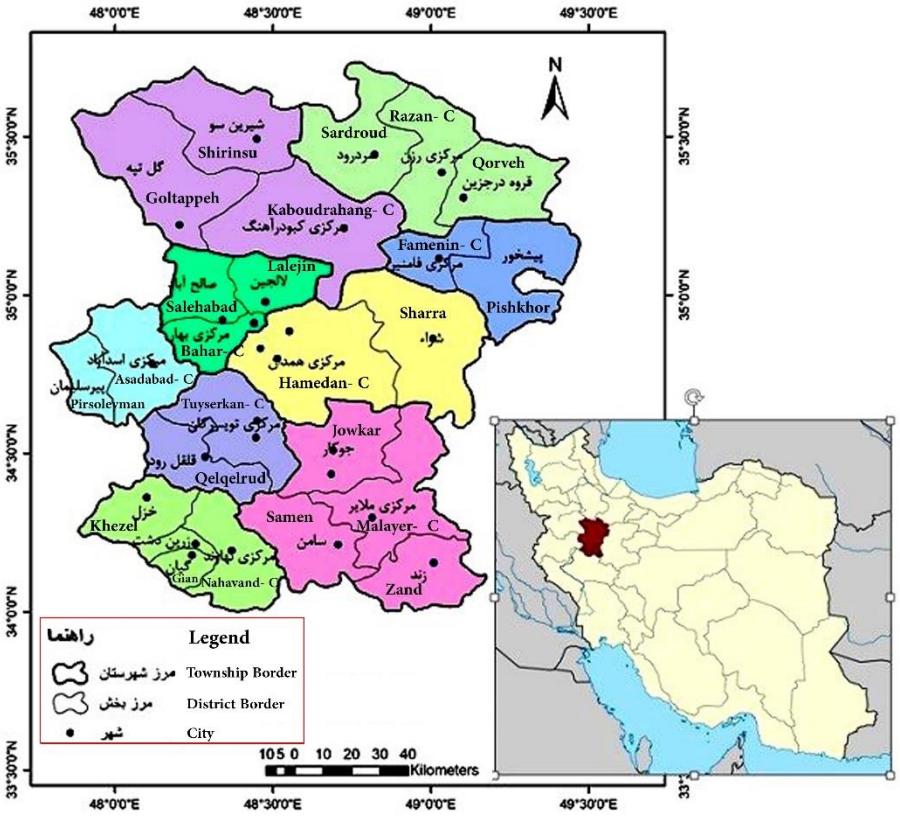
نگبی (*Negby, 2006*) در پژوهش خود عنوان کرد که آب و هوای معتدل مناسب‌ترین شرایط برای کشت زعفران است، این گیاه در پاییز شروع به رشد می‌کند و در فصل تابستان برای دوری از گرمای زیاد در دوره رکود قرار می‌گیرد.

گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2010*) نشان دادند که علاوه بر درجه‌حرارت، رطوبت خاک نیز در تنظیم رفتار گلدهی زعفران نقش تعیین کننده دارد. مراحل رشد و نمو گیاه زعفران متأثر از عوامل اقلیمی و فیزیولوژی بنه می‌باشد که در بین عوامل اقلیمی نقش درجه‌حرارت و دامنه حرارتی در طول دوره رشد و نمو از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است.

پژوهش حاضر درصدد شناسایی پهنه‌های مستعد زعفران در استان همدان با توجه به فراسنج‌های اقلیمی و عوامل محیطی است. در این زمینه علاوه بر عناصر اقلیمی از مؤلفه‌های محیطی نظیر خاک و توپوگرافی (ارتفاع و شیب) استفاده شده که توجه به عامل توپوگرافی از نقاط قوت و برجسته آن است.

مواد و روش‌ها

استان همدان با جمعیتی برابر با ۱,۷۵۸,۲۶۸ نفر و با مساحتی برابر با ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع در غرب ایران بین ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی واقع و از شمال به استان‌های قزوین و زنجان، از جنوب به استان لرستان، از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان کرمانشاه و کردستان محدود می‌شود. استان همدان دارای نه شهرستان به نام‌های همدان، ملایر، نهاوند، تویسرکان، اسدآباد، رزن، کبودرآهنگ، بهار و فامنین می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان همدان

Fig. 1. Geographical location of Hamedan province

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های روزانه و ماهیانه آب و هوایی از جمله دما، یخبندان، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی مربوط به شش ایستگاه سینوپتیک واقع درمحدوده جغرافیایی مورد مطالعه شامل؛ همدان، نهاوند، ملایر، تویسرکان، کبودرآهنگ (نوژه)، قهاوند و نیز شش ایستگاه مجاور و خارج از محدوده مورد مطالعه شامل؛ ایستگاه‌های بروجرد و الشتر (استان لرستان)، خدابنده (استان زنجان)، کنگاور (استان کرمانشاه)، آوج (استان قزوین) و قروه (کردستان)، طی دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۹۶ می‌باشد. بعلاوه برای تعیین تأثیر عوامل محیطی (مکانی) نیز از فایل رقومی نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه پایه‌ای خاک و همچنین تصاویر *Aster* مربوط استان همدان استفاده شده است. از نظر روش انجام کار نیز ابتدا شرایط زیست‌محیطی کشت زعفران تهیه و بررسی شده، سپس در طول دوره آماری، اقدام به تهیه تقویم زراعی بر پایه هریک از پارامترهای اثر گذار بر کشت زعفران و همچنین شرایط مورفولوژیکی آن گردید. مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار بر آشکارسازی پهنه‌های بهینه برای کشت زعفران، عناصر آب و هوایی می‌باشند. به همین جهت ابتدا لایه‌های مربوط به هریک از عناصر آب و هوایی مورد اشاره تهیه شده و در نهایت نقشه‌های آب و هوایی منطبق با شرایط کشت زعفران برای هر کدام تولید گردید. اما با توجه به اینکه عوامل محیطی (مکانی) نیز اثرات انکارناپذیری در کشت این محصول دارند، لذا نقش عوامل مکانی نیز در آن مد نظر قرار گرفت. به همین جهت لایه‌های اطلاعات مکانی منطبق با شرایط کشت زعفران در منطقه مورد مطالعه نیز تهیه شد. در نهایت با استفاده از روش وزن‌دهی سلسله‌مراتبی *AHP* و بر اساس اولویت و اهمیتی که هریک از عناصر و عوامل در رشد و کیفیت زعفران داشته‌اند، وزن هریک از لایه‌های اطلاعاتی مشخص و سپس با تلفیق این لایه‌ها مناطق بهینه جهت کشت زعفران شناسایی و در قالب نقشه‌های رستری تولید و ارائه گردیدند. لازم به ذکر است که تولید لایه‌ها در همه مراحل، بر اساس مدل درونیابی کریجینگ و در محیط *Arc GIS* انجام گردید (شکل ۲).

همانطور که پیش‌تر گفته شد، مراحل انجام کار بدین صورت بود که ابتدا لایه‌های وکتور شامل لایه‌های متغیرهای آب و هوایی و متغیرهای مکانی در محیط *GIS* تهیه و تولید گردیده و سپس این لایه‌ها به منظور تحلیل مکانی[1] و استانداردسازی، رستری[2] شدند. بعد از تولید لایه‌های اولیه رستری، جهت همپوشانی لایه‌ها عملیات استانداردسازی بر اساس منطق بولین[3] انجام شد. لازم به ذکر است که عملیات درونیابی برای تولید لایه‌ها با روش کریجینگ انجام شد. در این تکنیک، از یک روش میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود، بدین صورت که هرچه متغیر به مبدأ نزدیک‌تر باشد، وزن آن بیشتر و هرچه فاصله دورتر باشد، وزن کمتر خواهد بود. مطلق بودن در درون‌یابی از ویژگی‌های عمده‌ی این روش است. بدین مفهوم که مقدار تخمین کمیت در نقاط نمونه‌برداری با مقادیر اندازه‌گیری شده برابر می‌باشد و واریانس تخمین صفر می‌گردد. این ویژگی سبب می‌شود که تخمین‌گر کریجینگ در رسم خطوط هم ارزش از حداکثر نقاط نمونه‌برداری عبور نموده و تمایلی به بسته شدن و دور زدن نداشته باشد و از مرز محدوده‌ی مورد مطالعه فراتر رود (*Khosravi & Omidvar, 2009*).

روش کریجینگ به صورت معادله ۱، تعریف می‌شود.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i}^{Nn} \lambda_i Z(S_i) \qquad (۱)$$

که در این معادله، *Z(si)*: مقدار اندازه‌گیری شده برای نمونه *i*ام؛ λi: وزن یا اهمیت وابسته به نمونه *i*ام؛ S_0 : محل پیش‌بینی و *N*: تعداد مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

در مرحله بعدی، جهت همپوشانی لایه‌های استاندارد شده با ارزش های متفاوت، عملیات وزن‌دهی بر اساس فرآیند سلسله‌مراتبی *AHP* طی مراحل زیر انجام گرفت.

- ساختن نمودار سلسله‌مراتبی
- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای متغیرهای اثرگذار در هر کدام از دوره‌های زایشی، رویشی و رکود
- محاسبه وزن عناصر در روش تحلیل سلسله‌مراتبی
- محاسبه نرخ ناسازگاری (*CR*)[4] بر اساس رابطه (۲)

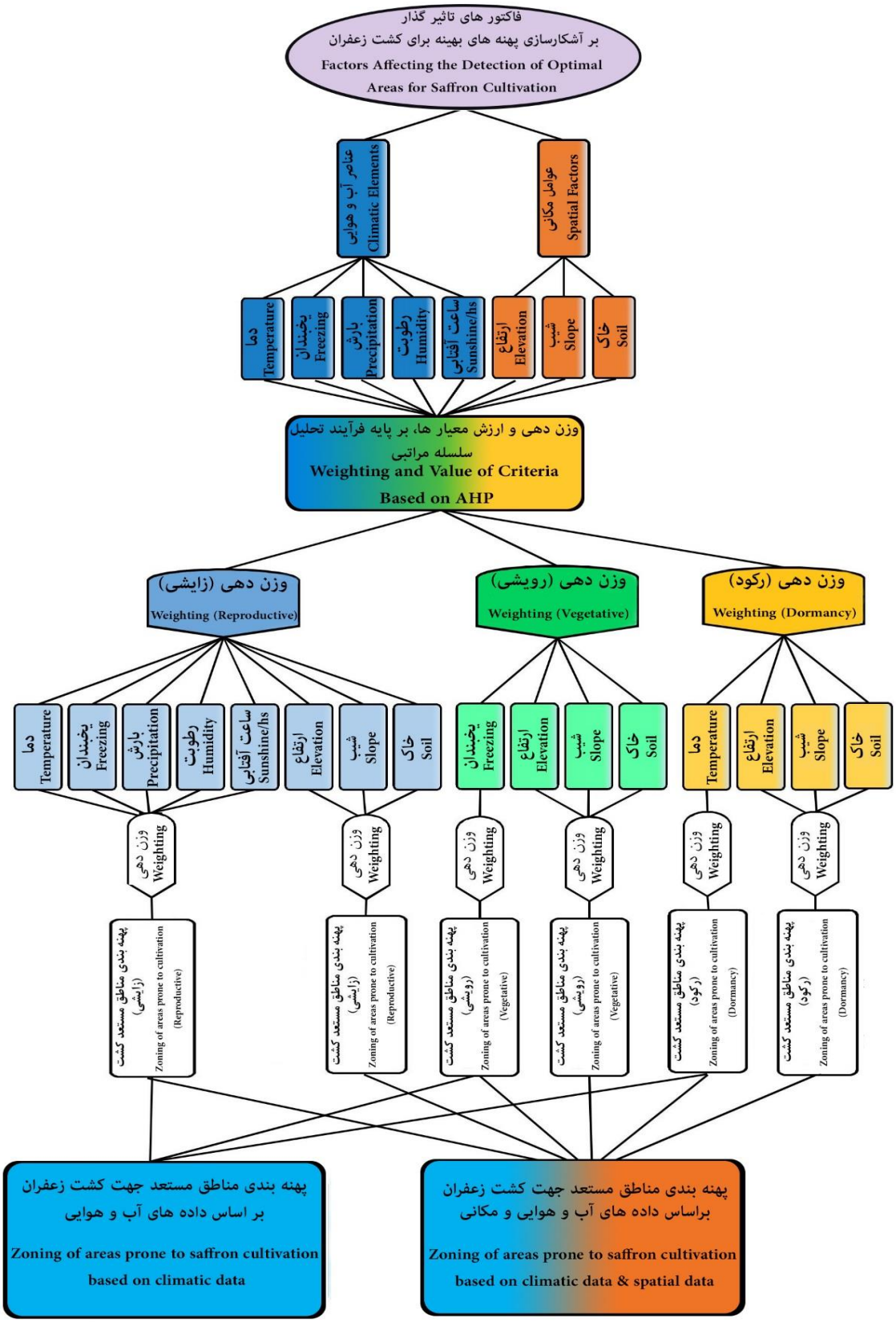
$$CR = \frac{CI}{CR} \qquad (۲)$$

نتایج و بحث

عناصر آب و هوایی

لایه دمایی: طی مراحل رشد زعفران، دما در دو مرحله‌ی زایشی و رکود، شرط اساسی می‌باشد. متوسط دمای هوا در دوره زایشی مهم است. زیرا این دوره ۱۵ تا ۲۵ روز طول کشیده و گل‌های زعفران در این دوره ظاهر می‌شود (*Yazdchi et al., 2010*). در مرحله رویشی نیز دماهای زیر صفر که از آن تحت عنوان یخبندان نام برده شده است بسیار مؤثرند. لذا با توجه به این که زعفران در مراحل فوق به عامل دما بیشتر حساس بوده و برای عملکرد بهتر زعفران پس از گل دادن تا لحظه برداشت نبایست میانگین دمای روزانه از ۵ درجه سانتی‌گراد کمتر شود. بنابراین، تعداد روزهایی که میانگین دمای آن بیش از پنج درجه سانتی‌گراد بوده و منطبق با مناطق مستعد کشت طی دوره زایشی از نظر دمایی بود مشخص گردیده و لایه با استفاده از داده‌های دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک مذکور، از طریق مدل درون‌یابی کریجینگ معمولی[5] در محیط نرم‌افزار *Arc-GIS* تولید گردید (شکل ۳). لایه این دوره از رشد گیاه زعفران مربوط به ۲۰ مهر تا ۱۵ آبان ماه می‌باشد که مصادف با زمان گلدهی زعفران در منطقه می‌باشد. از طرف دیگر، با توجه به فنولوژی زعفران که در دوره رکود یا خواب گیاه، دما می‌بایست از ۴۰ درجه سانتی‌گراد بالا نرود، لذا لایه دمایی برای دوره مذکور نیز از بیشینه دمای روزانه تولید گردید (شکل ۴). این لایه نشان می‌دهد که استان همدان در این دوره از رشد زعفران دارای محدودیت دمایی نمی‌باشد.

1- Spatial analysis
2- Raster
3- Boolean logic
4- Consistency ratio
5- Ordinary Kriging



شکل ۲. فرآیند روش پژوهش

Fig. 2. Research methodology process

لایه یخبندان: با توجه به این که گیاه زعفران در هنگام گل‌دهی با یخبندان از بین می‌رود؛ لذا مشخص نمودن مناطقی که تعداد روزهای یخبندان کمتری نسبت به سایر مناطق دارند از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، لذا از نظر تعداد روزهای یخبندان طی دوره زایشی نیز، منطقه مورد مطالعه پهنه‌بندی گردید (شکل ۵).

در مرحله رویشی زعفران مهمترین عامل مؤثر، عامل دمای کمتر از ۱۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد، زیرا آستانه تحمل زعفران در این دوره دمای ۱۸- درجه می‌باشد. بنابراین برای این دوره از مرحله رشد اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس دماهای ۱۸- درجه سانتی‌گراد گردید (شکل ۶).

لایه بارش: زعفران در دوره رشد نیاز به بارشی بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر دارد. اما میانگین بارش بهینه برای کشت زعفران به دلیل مقاوم بودن این گیاه در مراحل گلدهی به دلیل شرایط خشکی و خشک پسند بودن آن، کمترین میزان می‌باشد. بنابراین لایه بارش براساس داده‌های بارش تجمعی سالانه ایستگاه‌های مورد بررسی در استان در طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه یعنی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۶ که همه ایستگاه‌های سینوپتیک دوره مشترک آماری داشتند، در محیط نرم‌افزاری *Arc GIS* به صورت پهنه‌های بارشی ترسیم گردیده و پس از کلاس‌بندی، مناطق مستعد از نظر بارش مشخص گردید (شکل ۷).

لایه رطوبت: رطوبت نیز بعنوان یکی از عناصر مهم بر رشد و عملکرد زعفران بویژه در دوره رشد و گلدهی حائز اهمیت است. بنابراین لازم بود تا این عنصر آب و هوایی نیز مورد بررسی قرار گرفته و مناطقی در استان که شرایط رطوبتی در آن منطبق با نیاز زعفران است مشخص گردند و به همین خاطر پهنه‌های مستعد جهت کاشت زعفران از نظر رطوبتی طی دوره زایشی نیز از طریق تولید لایه رطوبت نسبی تولید گردید (شکل ۸).

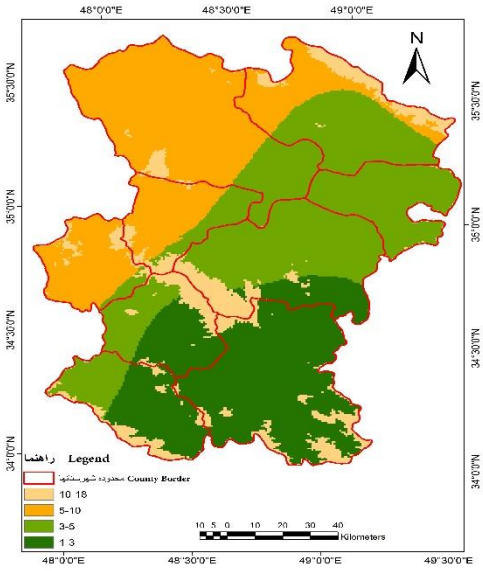
لایه ساعات آفتابی: مجموع ساعات آفتابی یکی از عناصر مهم در رشد و کیفیت زعفران به ویژه در زمان گلدهی است. از این جهت تأثیر این پارامتر آب و هوایی نیز برای تعیین بهترین پهنه‌ها برای این کشت بررسی و لایه مذکور تولید گردید (شکل ۹).

عوامل محیطی (مکانی)

لایه ارتفاعی: استان همدان در محدوده ارتفاعی۱۴۳۲ تا ۳۵۵۴ قرار دارد. زعفران گیاهی می‌باشد که از نظر عملکرد در ارتفاع بین ۱۴۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا عملکرد خوبی را نشان می‌دهد. به همین منظور مناطقی که ارتفاع آنها در این محدوده می‌باشد را به عنوان مناطق مستعد معرفی و تولید شد (شکل ۱۰).

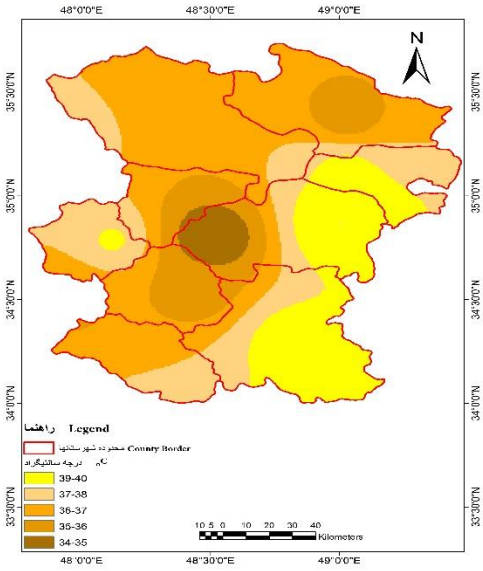
لایه شیب زمین: با توجه به نقشی که شیب در آبیاری و شستشوی مواد خاک دارد لذا مناطقی که از نظر شیب شرایط را برای کشت این محصول برآورده می‌کنند با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تولید گردید. بر این اساس نقشه شیب منطقه بر حسب درجه ترسیم و مناطقی که شیب آنها از هشت درجه کمتر و مستعد کشت زعفران بود مشخص گردید (شکل ۱۱).

لایه خاک: زعفران هر چند در تمامی خاک‌ها اعم از سبک و شنی و یا رسی و سنگین قابل کاشت می‌باشد ولی بهترین خاک مناسب برای کشت زعفران باید دارای بافت متوسط و از نوع لومی، لیمونی، شنی و رسی و آهک‌دار و دارای pH بین ۸-۷ باشد. بنابراین لایه خاک نیز از نظر انطباق آن با شرایط فوق تولید گردید (شکل ۱۲).



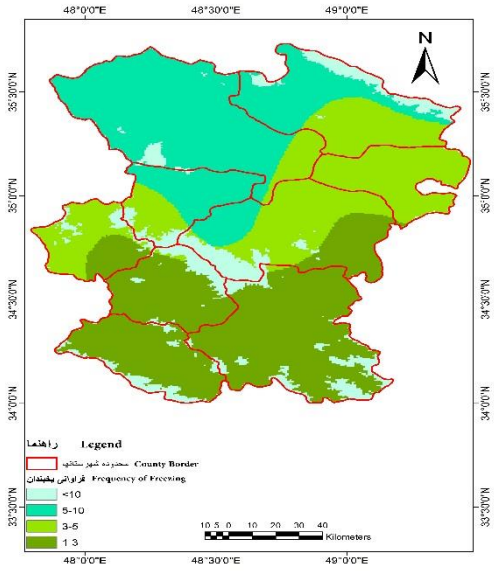
شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس دما طی دوره زایشی

Fig. 3. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on temperature during reproductive period



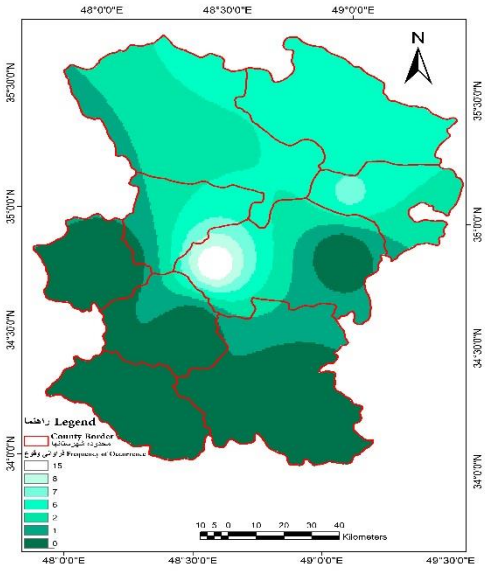
شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس دما طی دوره رکود

Fig. 4. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on temperature during the dormancy period



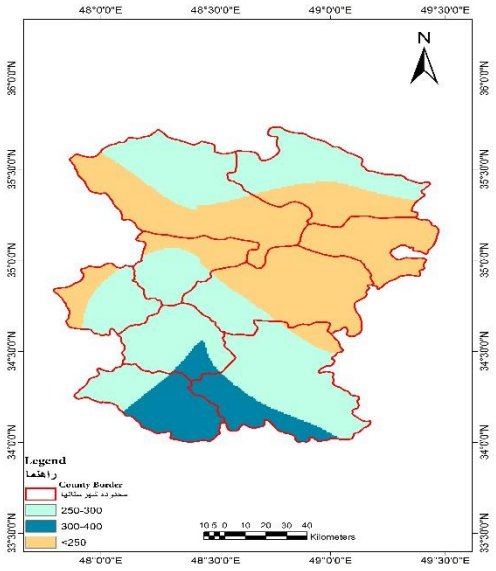
شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس تعداد روزهای یخبندان طی دوره گلدهی

Fig. 5. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on the number of freezing days during the flowering period



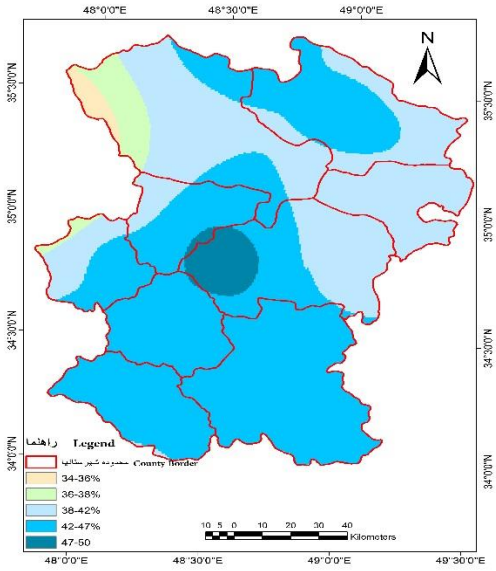
شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد طی دوره رویشی

Fig. 6. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on temperature -18°c during vegetative period



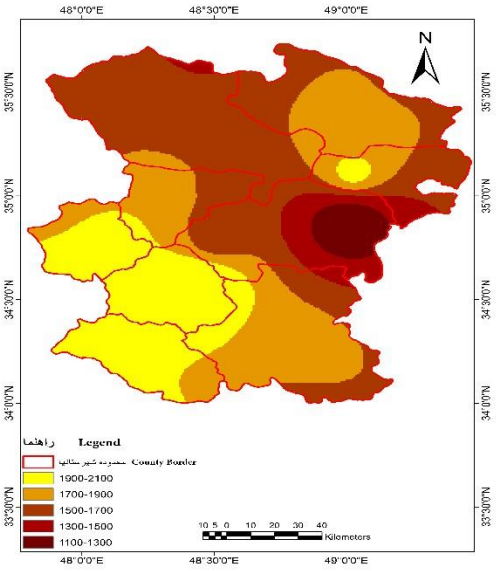
شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس بارش طی دوره زایشی

Fig. 7. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on rainfall during reproductive period



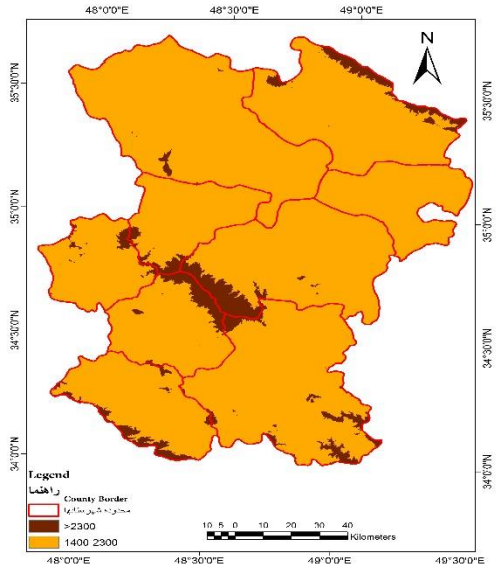
شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس رطوبت نسبی

Fig. 8. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on relative humidity



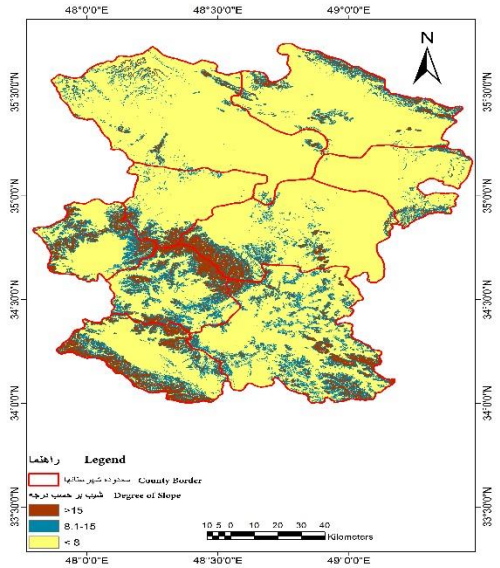
شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس ساعات آفتابی

Fig. 9. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on sunshine hours



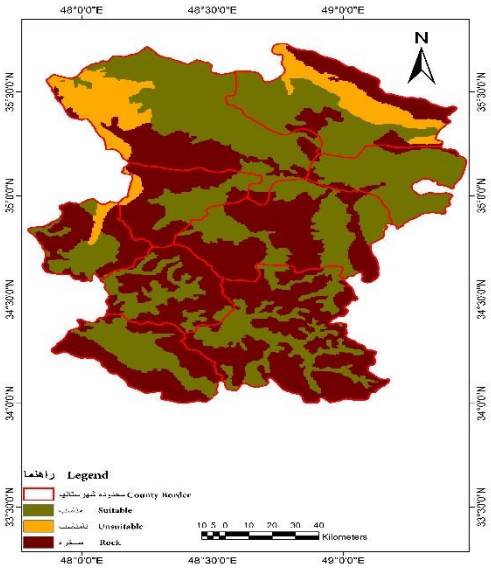
شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس ارتفاع

Fig. 10. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on elevation



شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس شیب

Fig. 11. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on slope



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب برای کشت زعفران بر اساس کیفیت خاک

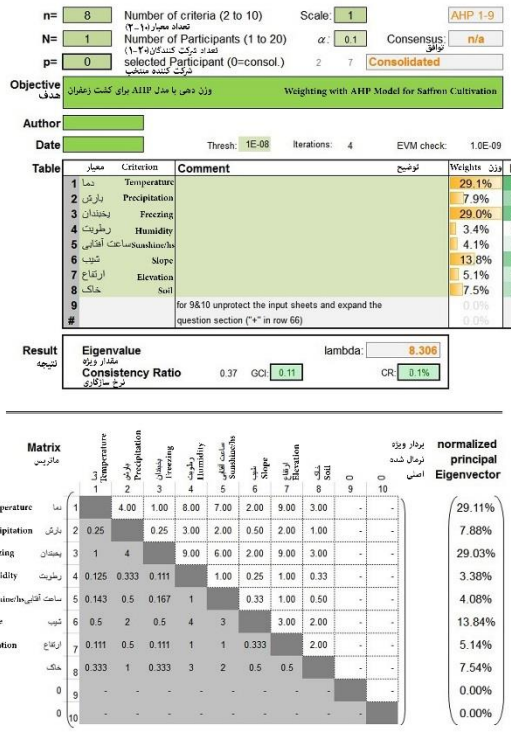
Fig. 12. Zoning map of suitable areas for saffron cultivation based on soil quality

وزن‌دهی لایه‌ها

به منظور وزن‌دهی و انجام جمع وزنی لایه‌های اطلاعاتی ابتدا بایستی تمامی لایه‌ها نرمالیزه گردند. بدین منظور با توجه به اهمیت دامنه تغییرات، لایه‌ها امتیازدهی و نرمالیزه شدند. با توجه به اینکه عناصر و عوامل مورد بررسی از اهمیت یکسانی برخوردار نبودند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری بهتر، لازم بود تا اهمیت نسبی معیارها با توجه به نیازهای اکولوژیکی گیاه مورد نظر مشخص گردد. به همین منظور از روش‌های ارزیابی چند معیاره برای هر یک از مراحل سه گانه زایشی، رویشی و رکود استفاده گردید.

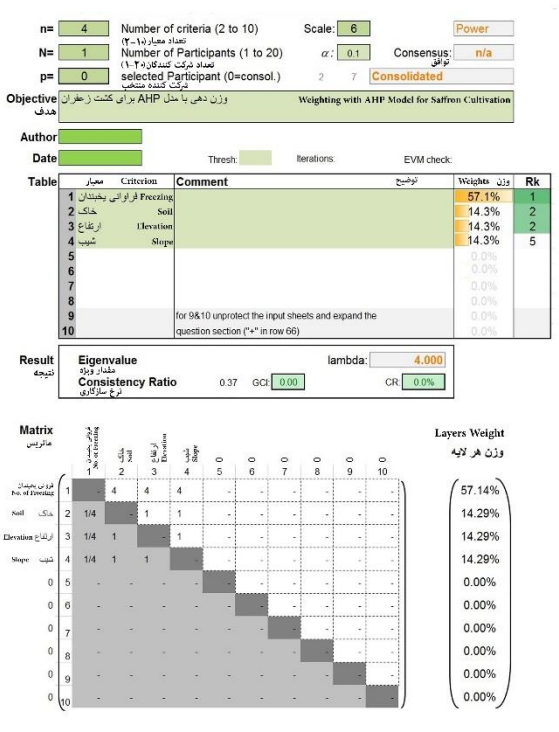
در این مرحله جهت تعیین ارزش معیارها، با توجه به مدل وزن‌دهی سلسله‌مراتبی در خصوص عوامل مؤثر در امکان-سنجی مناسب کشت زعفران به تخصیص وزن هر لایه اطلاعاتی پرداخته شده است. برای وزن‌دهی با استفاده از افزونه *AHP* در نرم‌افزار *Arc GIS* و نیز برنامه تعیین وزن ساخته شده توسط دکتر کلوز[1] و همکاران در محیط نرم‌افزار *Excel* به لایه‌های اطلاعاتی وزن مناسب در یک ماتریس ۸×۸ و دو ماتریس ۴×۴ داده شد. سپس برای هریک از دوره-های زایشی، رویشی و رکود و براساس اطلاعات موجود، وزن هریک از داده‌ها و نیز نرخ سازگاری (*CR*) آنها محاسبه گردیده که این نسبت در هر دوره کمتر از ۰/۱ بوده و نشان می‌دهد که مقیاس‌ها و وزن‌ها قابل قبول بوده‌اند. معیارها، وزن‌ها، بردار ویژه، نرخ سازگاری و ماتریس‌های مذکور به ترتیب در شکل‌های ۱۳و ۱۴ و ۱۵ آورده شده است. در نهایت و با تلفیق نتایج این سه دوره، وزن، بردار ویژه، نرخ سازگاری و ماتریس تلفیقی آن نیز بدست آمد (شکل ۱۶).

1- *Dr. Klaus D. Goepel*



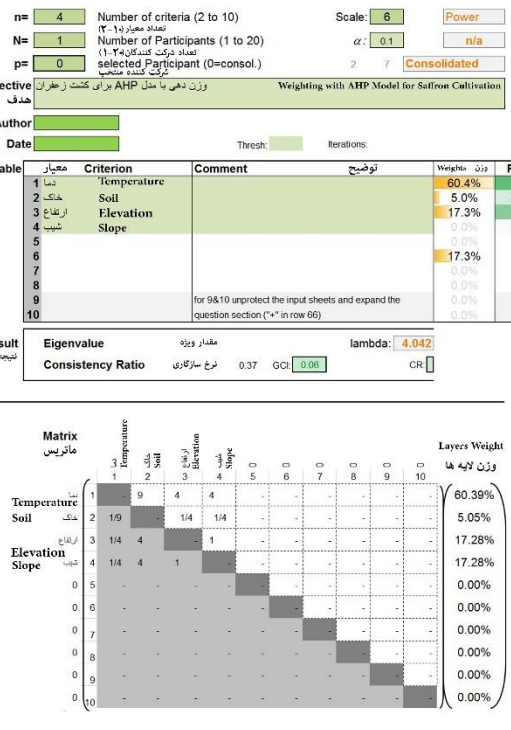
شکل ۱۳. وزن‌دهی معیارها برای دوره زایشی

Fig. 13. Weighting criteria for reproductive period



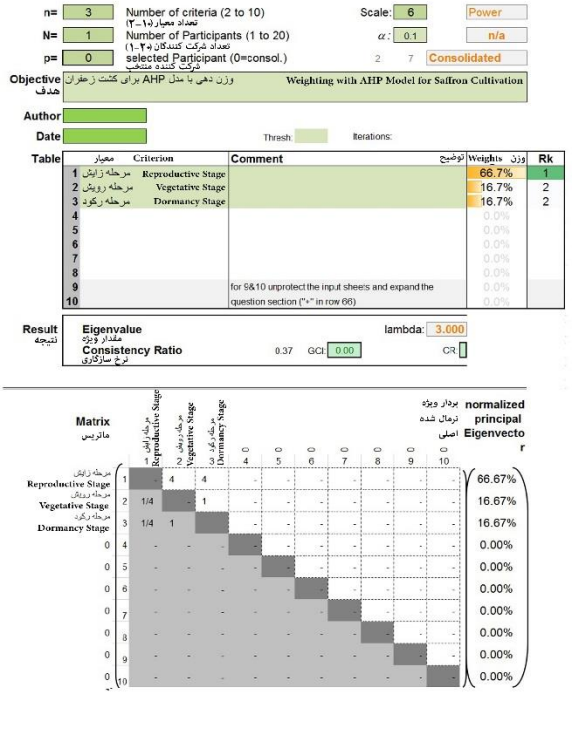
شکل ۱۴. وزن‌دهی معیارها برای دوره رویشی

Fig. 14. Weighing criteria for vegetative period



شکل ۱۵. وزن‌دهی معیارها برای دوره رکود

Fig. 15. Weighting criteria for dormancy period

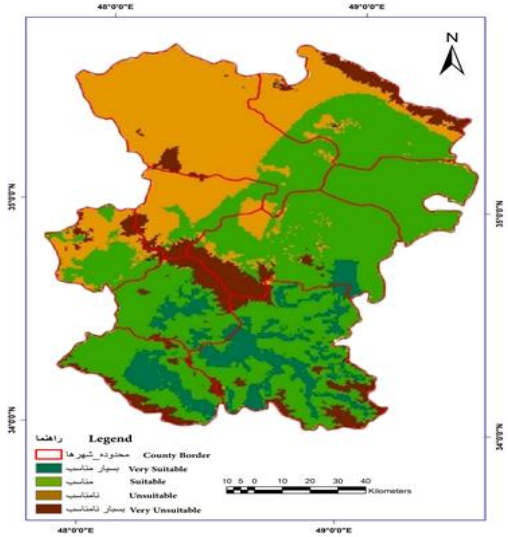


شکل ۱۶. وزن‌دهی معیارها برای دوره‌های زایشی، رویشی و رکود

Fig. 16. Weighting criteria for during reproductive, vegetative and dormancy periods

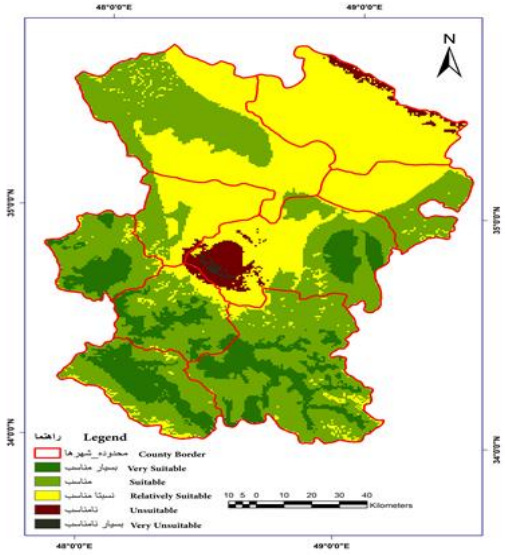
تلفیق لایه‌ها

پس از درونیابی و وزن‌دهی لایه‌های مؤثر در کشت زعفران با استفاده از مدل فرایند سلسله‌مراتبی، برهم نهی[1] نقشه‌ها بصورت تجمعی انجام شده و مقدار عددی هر پیکسل نیز مشخص گردید. در نهایت طبقه‌بندی انجام و نقشه کلاس‌های مختلف از «بسیار مناسب» تا «بسیار نامناسب» و بر اساس نظر کارشناسی برای کشت زعفران برای هریک از مراحل سه‌گانه رشد زعفران در استان همدان تهیه شد (شکل‌های ۱۷، ۱۸ و ۱۹). همچنین مقدار مساحت و درصد هر پهنه نیز محاسبه گردیده که در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آمده است.



شکل ۱۷. نقشه پهنه‌های مستعد طی دوره زایشی جهت کشت زعفران

Fig. 17. Map of prone areas for saffron cultivation during the reproductive period



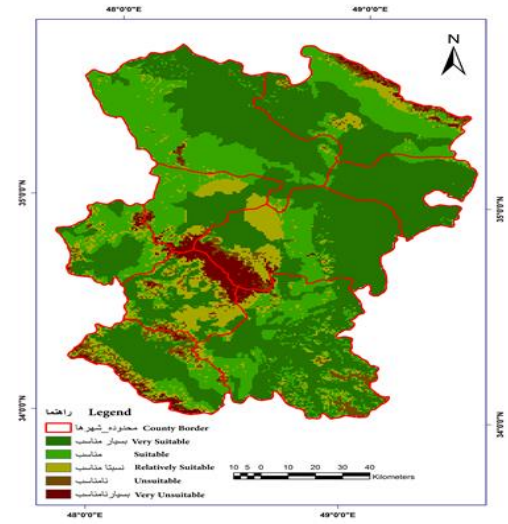
شکل ۱۸. نقشه پهنه‌های مستعد طی دوره رویشی جهت کشت زعفران

Fig. 18. Map of prone areas for saffron cultivation during the vegetative period

جدول ۱. مساحت پهنه‌های مستعد طی دوره زایشی جهت کشت زعفران

Table 1. Area of prone areas for saffron cultivation during the reproductive period

نمایه **Index**	مساحت (کیلومتر مربع) **Area (km^2)**	درصد **Percentage**
بسیار مناسب *Very suitable*	*2241.695*	*11.5*
مناسب *Suitable*	*8537.934*	*43.8*
نامناسب *Unsuitable*	*6629.569*	*34.01*
بسیار نامناسب *Very unsuitable*	*2083.802*	*10.69*



شکل ۱۹. نقشه پهنه‌های مستعد طی دوره رکود جهت کشت زعفران

Fig. 19. Map of prone areas for saffron cultivation during the dormancy period

1- Map overlay analysis

جدول ۲. مساحت پهنه‌های مستعد طی دوره رویشی جهت کشت زعفران

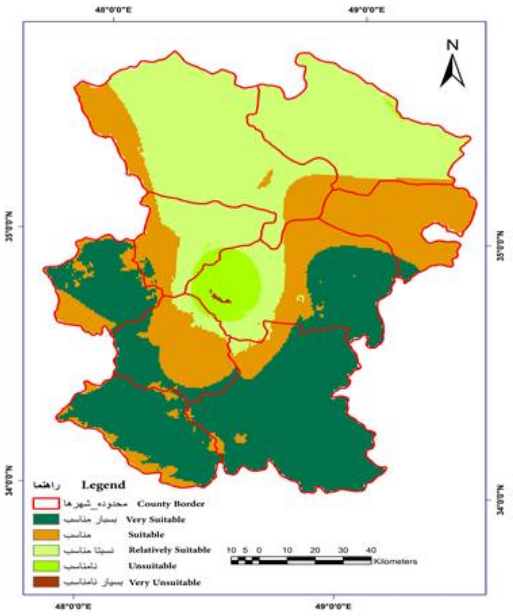
Table 2. Area of prone areas for saffron cultivation during the vegetative period

نمایه **Index**	مساحت (کیلومتر مربع) **Area (Km^2)**	درصد **Percentage**
بسیار مناسب *Very suitable*	*2586.721*	*13.27*
مناسب *Suitable*	*8674.385*	*44.5*
نسبتا نامناسب *Unsuitable*	*7637.357*	*39.18*
نامناسب *Unsuitable*	*562.7629*	*2.887*
بسیار نامناسب *Very unsuitable*	*31.57866*	*0.162*

جدول ۳. مساحت پهنه‌های مستعد طی دوره رکود جهت کشت زعفران

Table 3. Area of prone areas for saffron cultivation during the dormancy period

نمایه **Index**	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد **Percentage**
بسیار مناسب *Very suitable*	*11734.79*	*60.2*
مناسب *Suitable*	*4304.054*	*22.08*
نسبتا مناسب *Relatively suitable*	*1882.439*	*9.657*
نامناسب *Unsuitable*	*837.2244*	*4.295*
بسیار نامناسب *Very unsuitable*	*733.5216*	*3.763*



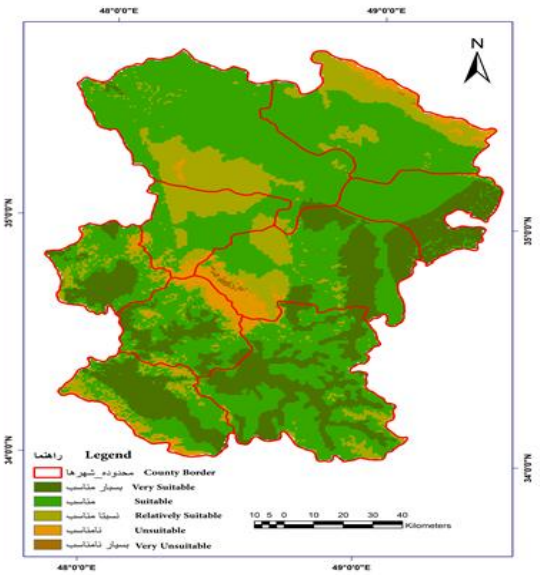
شکل ۲۰. نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد جهت کشت زعفران براساس داده‌های اقلیمی در استان همدان

Fig. 20. Zoning map of areas prone to saffron cultivation based on climatic data in Hamedan province

جدول ۴. مساحت پهنه‌های مستعد جهت کشت زعفران براساس داده‌های اقلیمی در استان همدان

Table 4. Area of prone areas for saffron cultivation based on climatic data in Hamadan province

نمایه **Index**	مساحت (کیلومتر مربع) **Area (Km^2)**	درصد **Percentage**
بسیار مناسب *Very suitable*	*6828.398*	*35.03*
مناسب *Suitable*	*5013.6*	*25.72*
نسبتا مناسب *Relatively suitable*	*6982.392*	*35.82*
نامناسب *Unsuitable*	*657.9*	*3.375*
بسیار نامناسب *Very unsuitable*	*9.94143*	*0.051*



شکل ۲۱. نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد جهت کشت زعفران براساس داده‌های مکانی و اقلیمی در استان همدان

Fig. 21. Zoning map of areas prone to saffron cultivation based on spatial and climatic data in Hamedan province

جدول ۵. مساحت پهنه‌های مستعد جهت کشت زعفران بر اساس داده‌های مکانی و اقلیمی در استان همدان

Table 5. Area of prone areas for saffron cultivation based on spatial and climatic data in Hameden province

نمایه **Index**	مساحت (کیلومتر مربع) **Area** (Km^2)	درصد **Percentage**
بسیار مناسب *Very suitable*	*4148.116*	*21.28003*
مناسب *Suitable*	*11134.71*	*57.12157*
نسبتاً مناسب *Relatively suitable*	*3337.82*	*17.12317*
نامناسب *Unsuitable*	*843.3114*	*4.326227*
بسیار نامناسب *Very unsuitable*	*29.04399*	*0.148997*

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در هر سه دوره زایش، رویش و رکود، پهنه‌های وسیعی از سطح استان شرایط مساعدی برای کشت زعفران دارند. در دوره زایش نزدیک به ۵۵ درصد سطح استان دارای شرایط مناسب و بسیار مناسب برای کشت هستند و به جز مناطق با شیب و ارتفاع زیاد و همچنین شمال‌غرب استان که بخش‌های زیادی از شهرستان کبودر آهنگ و قسمت‌هایی از شهرستان‌های رزن، بهار و اسدآباد را در برگرفته است، شرایط کشت برای این محصول با محدودیت مواجه است. در دوره رویشی نیز حدود ۵۸ درصد سطح استان شرایط مناسب و بسیار مناسبی برای کشت این محصول دارند. پهنه‌های مناسب و بسیار مناسب منطبق با نیمه‌جنوبی استان (شهرستان‌های ملایر، نهاوند، تویسرکان و اسدآباد) و همچنین بخش‌هایی از شرق و شمال‌غرب استان است. در دوره رکود هم که ۸۲ درصد از پهنه استان حائز شرایط بسیار مناسب و مناسب است که تقریباً همه قسمت‌های استان را بجز مناطق کوهستانی الوند در مرکز، کوهستان گرین در جنوب‌غرب و کوه‌های آوج در شمال‌شرق و همچنین مناطق پراکنده در مرکز استان در بر می‌گیرد. در مجموع، ۶۰/۷۵ درصد از مساحت استان همدان بر اساس پارامترهای آب و هوایی مستعد برای کشت زعفران است که شامل پهنه‌های بسیار مناسب (با مساحت ۶۸۲۸ کیلومتر مربع) و پهنه‌های مناسب (با وسعت ۵۰۱۳ کیلومتر مربع) است. پهنه‌های نامناسب برای کشت زعفران تنها ۳/۳۷۵ درصد و بسیار نامناسب نیز ۰/۰۵۱ درصد از مساحت این استان را از نظر اقلیمی شامل می‌شود. بر اساس داده‌های محیطی (خاک، ارتفاع و شیب توپوگرافی) و در تلفیق با معیارهای اقلیمی نیز پهنه‌های بسیار مناسب برای کشت زعفران ۲۱ درصد از وسعت این گستره جغرافیایی را شامل می‌شود. این پهنه‌ها شامل مناطق کم‌شیب در جنوب و شرق استان یعنی شهرستان‌های ملایر، نهاوند، اسدآباد، تویسرکان، همدان و فامنین می‌باشد. در عین حال، از این حیث به جز مناطق کوهستانی مرتفع و شیب‌دار و نیز مناطق با خاک‌های شور و با کیفیت پائین در مرکز و شمال‌غرب استان (شهرستان‌های همدان، بهار و کبودرآهنگ) بیش از ۵۷ درصد سطح استان نیز دارای شرایط مناسب برای کشت زعفران می‌باشد. در مجموع، از این نظر وسعت پهنه‌های بسیار مناسب و مناسب برای کشت زعفران در این استان ۱۵۲۸۳ کیلومتر مربع (۷۸/۴۰ درصد مساخت این استان) است. علاوه بر آن، بیش از ۱۷ درصد از پهنه استان نیز دارای شرایط نسبتاً مناسب برای این کشت می‌باشد (شکل ۲۱ و جدول ۵). این در حالی است که تنها ۴/۳۲ درصد از وسعت پهنه مطالعاتی برای کشت زعفران نامناسب و ۰/۱۴۸ درصد نیز بسیار نامناسب تشخیص داده شد.

منابع

Abrishami, M.H., 2005. Saffron from Ancient Times to the Present Day. Amirkabir Publications. Tehran, Iran. [in Persian].

Alizadeh, A., 2002. Irrigation in Saffron Cultivation. Collection of articles on Production and Processing Technology, Ferdowsi University of Mashhad Publications, Iran. [in Persian].

Arslani, F., and Rasouli, S.J., 2014. The effect of meteorological factors (precipitation, temperature, relative humidity, frosty days, sunny hours) on saffron yield in Kashmar and Ghaenat counties, J. Saffron Agric. & Technol. 3(1), 75-66. [in Persian with English Summary].

Bagheri Rostam Abadi, S., and Kamali, A., 2016. Climate zoning of areas prone to saffron cultivation using geographic information system in Kerman province. Second National Conference on Sustainable Management of Soil and Environment Resources, Kerman, Department of Soil Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. [in Persian].

Jafar Biglou, M., and Mobaraki, Z., 2008. Assessment of land suitability of Qazvin province for saffron cultivation based on multi-criteria decision making methods. Natl. Geogr. Res. 66, 119-101. [in Persian with English Summary].

Downing, T.E., Gawaith, M.J., Olsthoorn, A.A., Tol, R.S.J., and Vellinga, P., 1999. Introduction. In: Climate Change and Risk [Downing, T.E., A.A. Olsthoorn, and R.S.J. Tol (Eds.)]. Routledge, London, United Kingdom, pp. 1–19.

Esmaeilzadeh, Y., and Jahanbakhsh, S., 2011. In accordance with the climatic needs of agro-cycling of saffron plant with Moghan plain climate. J. Geog. Space. (35), 1-18. [in Persian with English Summary].

Fallah Ghalhari, G.A., and Ahmadi, H., 2014. Estimation of phonological thresholds of saffron cultivation in Isfahan province based on daily temperature statistics. J. Saffron Agron. & Technol. 3(1), 49-65. [in Persian with English Summary].

Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G., 2010. Saffron stigmas production as affected by soil texture. 3rd International Symposium on Saffron: Forth Coming Challenges in Cultivation Research and Economic. 31 January 2010, Krokos, Kozani, Greece.

Halevy, A.H., 1990. Recent advance in control of flowering habit of geophytes. Acta Hort. 266, 45-52.

Kafi, M., 2002. Saffron: Production and Processing Technology. Mashhad Ferdowsi University Press. [in Persian].

Kamiabi, S., Habibi Nokhandan, M., and Rohi, A.R., 2014. Effect of climatic factors affecting saffron using analytic hierarchy process (AHP) (Case study Roshtkhar region, Iran). J. Saffron Agron. & Technol. 2(1), 75-90. [in Persian with English Summary].

Mohammadi, H.M., and Moghtaderi, G.A., 2005. The relationship between climatic elements and necrosis of date palm bunch using regression model. Wilderness. 10(2), 339-348.

Negbay, M., 2006. Saffron (Crocus sativus L.). Harwood Academic Publisher. London. 148 pp.

Plessner, O., and Ziv, M., 1990. Corn production in saffron Crocus. Agric. Bot. 49(8), 127-1272.

Rashid Sorkhabadi, M., Khashiei- Siuki, A., and Shahidi, A., 2015. Spatial zoning of saffron cultivation (Crocus sativus L.) Based on climatic factors using hierarchical analysis method (Case study: Torbat Heydariyeh city). J. Agric. Ecol. 7(2), 236-225.

Rosenzweig, C., and Purry, M.L., 1994. Potential impacts of climatic change on world food supply. Nature. 367, 133-138.

Sampathus S.R., Shivashankars, S., Lewis, Y.S., and Wood, A.B., 1984. Saffron (Crocus sativus Linn) cultivation, processing chemistry and standardization. Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. 20(2), 123-57.

Yazdchi, S., Rasouli, A.K., Mahmoudzadeh, H., Zarrinbal, M., 2010, Land capability evaluation of Marand county intended for saffron cultivation using multi criteria decision analysis systems. Water Soil Sci. 20(3), 151-170. [in Persian with English Summary].

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.9, No.1, Spring & Summer, 2021

p. 79-94

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2021.3487.1134

University of Birjand

Original Article:

Detection of Areas Prone to Saffron Cultivation in terms of Climate in Hamedan Province

Amirhossein Halabian[1]*, Mohammad Ghasem Torkashvand[2], Zeynab Salehi[3]

1. Associate Professor, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran

3. M.Sc Student Climatology, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran

**Corresponding author Email: halabian_a@yahoo.com*

Received 21 June 2020; Accepted 27 January 2021

Abstract

Climate knowledge and study of ecological and physiological needs of crops and medicinal plants are the most important factors in crop production. Saffron, as the most expensive agricultural and pharmaceutical product in the world, has an important role in the production of food and pharmaceutical products. Therefore, if it is possible to identify saffron cultivation areas according to its thermal and moisture requirements, it is practically possible to achieve higher yields per unit area. The purpose of this study is to identify climatic potentials and determine their compliance with the ecological needs of saffron in Hamadan province. For this purpose, climatic parameters such as; Annual rainfall, minimum temperature during the growing period, average temperature, sunshine hours, number of freezing days, from Iran Meteorological Organization (IMO) over a period of 20 years (1996 to 2015) and environmental parameters including; Soil type, from the soil layer of Hamedan province, slope and elevation of the region above sea level, from the shape file of topographic maps 1: 25000, the Iran National Cartographic Center (NCC) was prepared. In this study, the effects of climatic elements and the above environmental factors on the climatic zoning of saffron individually and in groups (overlapping the information layers) using Arc Map software in a climatic-spatial model and also using weighted overlap model and Analytic Hierarchy Process (AHP) is investigated. The results show that in terms of climate, 35% of the area of Hamedan province has very suitable conditions and 25.72% has suitable conditions for saffron cultivation, which includes the southern half of the province, namely Malayer, Nahavand, Tuyserkan, Asadabad and east of Hamedan counties.

Keywords: Saffron, Geographic Information System (GIS), Analytical Hierarchy Process (AHP), Hamedan province.