نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هفتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
شماره صفحه: ۲۶۷-۲۵۱
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1445.1057

مقاله پژوهشی:

پهنه‌بندی آگروکلیمایی کشت زعفران در استان آذربایجان شرقی

اصغر فرج نیا[۱]، کامران مروج[*۲]
۱- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان و مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
۲- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
*نویسنده مسئول: *Email: kmoravej@znu.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۵

چکیده
ادامه روند خشکسالی‌های اخیر و افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی در استان آذربایجان شرقی ایجاب می‌کند که مصرف آب در بخش کشاورزی با اصلاح الگوی کشت کاهش یافته و محصولات با نیاز آبی کم جایگزین محصولات فعلی شود. این پژوهش به منظور مکانیابی مناطق مستعد کشت زعفران و با در نظر گرفتن نیازهای اکولوژیک این محصول با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. پارامترها و داده‌های مورد استفاده شامل اطلاعات مربوط به زمین، خاک و داده‌های اقلیمی با طول دوره آماری میانگین ماهانه مشترک۳۰ ساله (۱۳۶۴-۹۴) از ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی مناطق مختلف استان و همچنین از چهار ایستگاه سینوپتیک استان‌های مجاور استخراج شدند. سپس بر اساس اهمیت هر پارامتر با استفاده از مدل AHP به وزن‌دهی معیارها در سطح منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. برای تحلیل فضایی، اطّلاعات به نرم‌افزار Expert choice وارد و خوشه‌بندی، ارزش‌گذاری معیارها و تلفیق اطّلاعات انجام و در نهایت لایه نهایی تولید گردید. نتایج نشان داد که ۴۲ درصد از اراضی استان آذربایجان شرقی برای کاشت زعفران در کلاس‌های کاملاً مناسب و نسبتاً مناسب، ۱۴ درصد اراضی در کلاس مناسب اما با سودآوری کم (تناسب بحرانی) و ۴۴ درصد اراضی در کلاس نامناسب قرار گرفتند. دشت‌های مناسب کاشت محصول زعفران شامل دشت‌های هریس، تبریز، بناب، ملکان، مرند، اسکو، آذر شهر، هشترود، ملکان، عجب شیر و سراب و در کلاس‌های نامناسب بخش‌هایی از مناطق کلیبر، جلفا، بستان آباد، مراغه، اهر، میانه و ورزقان قرار دارند. محدودیت‌های شاخص این مناطق برای کشت زعفران ارتفاع، شیب و محدودیت‌های دمایی بودند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی، خشکسالی، دما.

مقدمه

با توجّه به ادامه روند خشکسالی دهه‌های اخیر و همچنین افت شدید سطح و کیفیت آب سفره‌های زیرزمینی نیاز به تغییر یا اصلاح الگوی کشت ضروری است. زعفران یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کم‌توقع و سازگار با گرما در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است که با تولید ۲۶۱ تن زعفران (۹۵/۶ درصد جهانی) رتبه نخست در دنیا را دارد (*Saeed Zadeh, 2017*). تحقیقات زیادی از برتری کارائی مصرف آب در زراعت زعفران نسبت به سایر محصولات حکایت دارد. نتایج نشان می‌دهد به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، درآمد زعفران نسبت به سیب‌زمینی ۲۰ برابر و نسبت به غلات ۸/۷ برابر بوده است (*Behnia, 2012*).

با توجّه به اینکه دوره رشد زعفران محدود به پاییز، زمستان و اوایل بهار است، لذا نیاز آبی این محصول عمدتاً توسط نزولات جوی تأمین می‌شود. بدین علّت در سال‌های اخیر کاشت این محصول در استان آذربایجان شرقی در به خصوص در حاشیه دریاچه اورمیه در حال توسعه است و تاکنون به بیش از ۲۲۰ هکتار رسیده است. در حال حاضر شهرهای مرند، آذرشهر و بناب مهم‌ترین قطب تولیدکننده زعفران در استان آذربایجان شرقی می‌باشد، میانگین عملکرد آن در استان ۴/۵-۴ تن در هکتار گزارش شده‌است (*Statistics of Jihad-e-Agriculture Organization of the Province, 2016*).

زعفران (*Crocus sativus L.*)، گیاهی علفی، از تیره زنبقیان (*Iridaceae*) چندساله به ارتفاع ۳۰-۱۰ سانتی‌متر است. گل‌های زعفران بنفش رنگ بوده و دارای خامه بلند و کلاله سه قسمتی به رنگ نارنجی یا قرمز است که همین قسمت به عنوان زعفران خوراکی ارزش تجاری دارد (*Amani, 2009*). تکثیر زعفران منحصراً توسط پیازهای توپر به نام بنه (کورم) متداول است. مقاومت زعفران در مقابل سرما زیاد است و لیکن چون دوران رشد آن مصادف با پاییز و زمستان و اوایل بهار است، تبعاً در این ایام به هوای مناسب و معتدلی نیاز دارد (*Sheibani et al., 2002*). ریشه زعفران سطحی بوده و حداکثر تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در خاک نفوذ می‌کند (*Behnia, 2012*). عملکرد گل زعفران، ۸۰-۱۶ درصد مربوط به متغیرهای خاک و ۱-۱۰ درصد مربوط به آب و هوا می‌باشد (*Saeedzadeh et al., 2017*). ابریشمی (*Abrishami, 2004*) ، فرجزاده و میرزابیاتی (*Farajzadeh & Mirzabati, 2007*) و یزدچی و همکاران (*Yazdchi et al., 2010*). محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰-۱۳۰۰ متر و شیب کمتر از هشت درصد برای رشد این محصول مناسب پیشنهاد نمودند. حداقل دمای هوا بین ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد در دوره رویشی، متوسط دمای هوا بین ۱۵-۹ درجه سانتی‌گراد در دوره زایشی و حداکثر دمای هوا کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دوره رکود از نیازهای اقلیمی این محصول ذکر شده‌است. علوی‌زاده و همکاران (*Alavizadeh et al., 2013*) عنوان نمودند شیب زمین از عوامل موثر در کشت و کار زعفران است. شیب کم زمین باعث نفوذ بهتر آب شده و ذخیره رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد. کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2009*) جهات شیب را از دیگر عوامل موثر بر کشت محصولات کشاورزی ذکر نمودد. در نیمکره شمالی دامنه‌ای که بیشتر رو به خورشید دارد یعنی شیب جنوبی، بیش‌ترین مقدار تابش را دریافت می‌کند. علیزاده (*Alizadeh et al., 2009*) عنوان نمود بهتر است اگر در زمین شیب‌دار باغ زعفران احداث می‌کنیم شیب رو به جنوب باشد تا باغ از حداکثر نور و حرارت بهره‌مند شود.

یزدچی و همکاران (*Yazdchi et al., 2010*) گزارش نمودند متوسط دمای هوا در دوره زایشی مهم است زیرا این دوره در زعفران ۲۵-۱۵ روز طول کشیده و گل‌های زعفران در این دوره ظاهر می‌شود این دوره زمان برداشت محصول نیز به حساب می‌آید. مطلوب‌ترین دما برای تمایز گل‌ها در این مرحله ۱۵-۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این دوره نباید دمای شب از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای روز از ۲۲ درجه سانتی‌گراد تجاوز نماید. مجموع ساعات آفتابی فصل گلدهی زعفران بر کیفیت محصول آن تاثیر می‌گذارد هر چه این مقدار بیشتر باشد کیفیت محصول مناسب‌تر می‌باشد.

یکی دیگر از خصوصیات خاک که در کشت زعفران و همچنین میزان عملکرد این محصول تأثیر زیادی دارد بافت خاک است. خصوصیات فیزیکی خاک از طریق ایجاد اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ ریشه‌ها، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی نقش قابل ملاحظه‌ای را در تولید محصول ایفاء می‌نمایند (*Gresta et al., 2008*) گزارش نمود که بافت خاک یکی از مهم‌ترین

عوامل تعیین‌کننده خصوصیات رشدی و عملکرد گل در گیاهان غده‌ای محسوب می‌شود.

با توجّه به اینکه ارزیابی تناسب اراضی در سطح یک منطقه وسیع نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد لازم است از روش‌های تحلیل چند معیاره (*MCDA*) استفاده شود. بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است.

سبحانی (*Sobhani, 2016*) بیان نمود که روش *AHP* در برگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است، به طوری‌که این روش از یک طرف وابسته به تصوّرات شخصی و طرح ریزی سلسله مراتبی یک مسئله است و از طرف دیگر با منطق درک و تجزیه برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود. جعفربیگلو و مبارکی (*Jafarbiglou & Mobaraki, 2008*) به منظور سنجش پتانسیل اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، اراضی استان را به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب پهنه‌بندی شد.

رشید سرخ‌آبادی و همکاران (*Rashid Sorkhabadi et al., 2017*) با تهیه نقشه کیفیت آب و خاک جهت کشت زعفران در اراضی شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) گزارش نمودند که ۸/۵ درصد اراضی دارای تناسب بسیار مناسب، ۴۶/۵ درصد مناسب، ۱۶/۵ درصد دارای تناسب نسبی برای کشت زعفران، ۱۷ درصد نامناسب و حدود ۱۱/۵ درصد کاملاً نامناسب می‌باشد. آن‌ها مهمترین عوامل محدودکننده تولید زعفران در درجه اول، کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک معرفی نمودند. همچنین پژوهشی دیگر توسط سالاری و همکاران (*Salari et al., 2017*) در رابطه با کاربرد زمین آمار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیای جهت پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی گزارش شد که یک‌سوم جنوبی استان خراسان رضوی از نظر اقلیمی دارای حداکثر پتانسیل کشت زعفران بوده و با حرکت به سمت شمال استان از میزان اراضی مناسب کاسته می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر ساجدی (*Sajedi, 2005*) مشابهت اقلیمی آذربایجان و خراسان را جهت امکان‌سنجی کشت زعفران مقایسه و گزارش نمود که بین اقلیم خراسان و آذربایجان تشابه وجود دارد. از لحاظ دمایی خراسان ولی از لحاظ بارندگی آذربایجان برای کشت این محصول مناسب‌تر است و در نهایت به این نتیجه رسید که کشت زعفران در دشت‌ها و جلگه‌های آذربایجان از نظر اقلیمی امکان‌پذیر است.

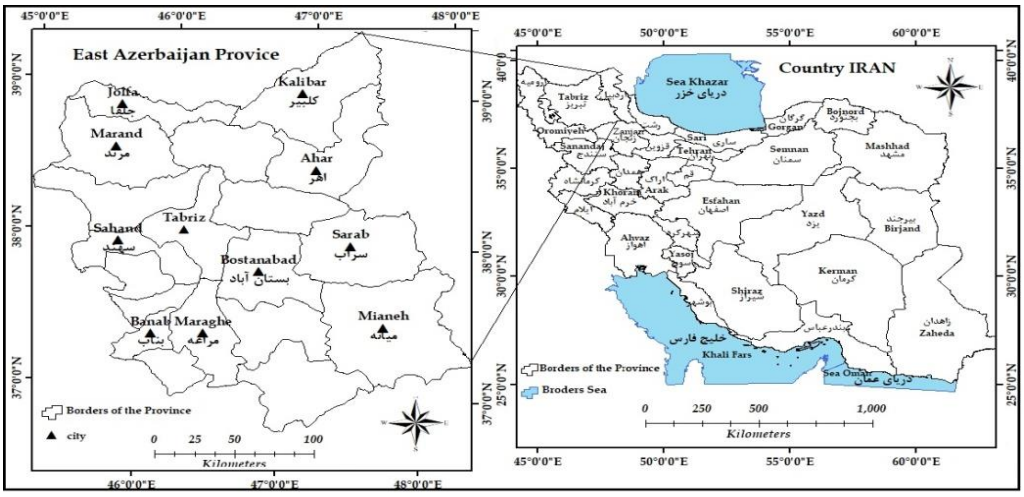
برای تولید اقتصادی زعفران لازم است تا نیازهای اگروکلیمایی این محصول با شرایط آب و هوایی استان آذربایجان شرقی مقایسه و اراضی مستعد کاشت محصول مکان‌یابی شود. زعفران گران‌ترین محصول کشاورزی جهان و مهم‌ترین محصول صادراتی کشاورزی است. به غیر از مصرف زیاد داخلی، همه ساله مقدار قابل توجّهی ارز با صادرات این محصول وارد کشور می‌شود. از سویی با توجه به قیمت بالای این گیاه ارزشمند و امکان ارزآوری بسیار نزدیک به ۹۰ درصد زعفران جهان در ایران، این طلای سرخ در زمینه درآمدزایی و اشتغال‌آفرینی از اهمیت به سزایی برخوردار است. علاوه بر کلاله از تمامی قسمت‌های زعفران اعم از پیازهای ریز و برگ‌های آن، کاسبرگ و گلبرگ و همین طور پرچم‌های آن به ترتیب در دامداری، صنایع رنگرزی و زنبورداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تحقیق به منظور شناسایی اراضی مستعد کشت زعفران در استان آذربایجان‌شرقی با استفاده از مدل ریاضی *AHP* در سیستم اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) انجام شد.

روش پژوهش

محدوده مورد مطالعه: استان آذربایجان شرقی در شمال غربی ایران قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی بین مدارهای ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و بین نصف‌النهار ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱).

مساحت استان برابر ۴۵۴۹۰/۸۸ کیلومتر مربع است و ۲/۸ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان یکی از مناطق سردسیر و کوهستانی کشور است. آب و هوای استان سرد و نیمه‌خشک بوده و میانگین بارندگی سالیانه آن ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. وسعت اراضی کشاورزی استان را حدود ۱/۲۲ میلیون هکتار برآورد می‌کنند که معادل ۴۶/۶ درصد استان و حدود ۱۲/۶ درصد اراضی قابل کشت کشور را شامل می‌شود (*East Azarbyjan Jihad Agriculture Organization*).

در این تحقیق داده‌های مورد نیاز شامل داده‌های منابع زمینی و داده‌های منابع اقلیمی با طول دوره آماری مشترک ۳۴ ساله ماهانه (۱۳۶۹-۹۴) از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی منطقه اهر، بناب، بستان آباد، جلفا، کلیبر، مراغه، مرند، میانه، سهند، سراب و تبریز و همچنین از ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور ارومیه، اردبیل، پیرانشهر و زنجان (به عنوان ایستگاه کمکی) انتخاب شد (جدول ۲).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان شرقی

Fig. 1. Geographical location of Azarbaijan Sharghi Province

جدول ۱. مساحت استان آذربایجان شرقی بر حسب وضعیت اراضی (ha)

Table 1. The area of East Azerbaijan province in terms of land status (ha)

سایر Others	اراضی مسکونی Urban	اراضی آبی و باغ Irrigated and horticultural areas	مرتع Rangeland	جنگل Jungle	اراضی دیم Dryland area	جمع Total
296388	*26842*	*514574*	*2473439*	*156402*	*1282355*	*4570000*
2.78	*0.6*	*11.2*	*54*	*3.42*	*28*	*100*

برای تعیین مکان بهینه کشت زعفران در محدوده مورد مطالعه، ۱۰ معیار مورد استفاده قرار گرفت که عبارت‌اند از: سطوح ارتفاعی، شیب، جهات شیب، تیپ اراضی، بافت خاک، ساعات آفتابی، حداقل دمای هوا در دوره رویشی (از اول آذر تا آخر اردیبهشت)، حداکثر دمای هوا در دوره رکود (از اول خرداد تا آخر مهر)، متوسط دمای هوا در دوره زایشی (از ابتدا تا انتهای آبان) و تعداد روزهای یخبندان.

به منظور ترکیب معیارها و پهنه‌بندی قابلیت منطقه مورد مطالعه، از مدل *AHP* در نرم‌افزار *ArcGIS*$_{10.3}$ استفاده شد. در ادامه نیز با توجه به مدل وزن‌دهی *AHP* و در خصوص شرایط و نیازمندی‌های زمینی، خاک و اقلیم کشت این محصول به تخصیص وزن هر لایه اطلاعاتی در قالب یک ماتریس مقایسه زوجی(دودوئی) و ترسیم نمودار مربوط در نرم‌افزار *Expert Choice* با توجه به اهمیت اثر گذار هر لایه با استفاده از نظر متخصصین و منابع علمی اقدام شده است.

روش مقایسه دوتایی توسط *Saaty* در سال (*Saaty, 1977*) در زمینه فرآیند سلسله مراتبی (*AHP*) پیشنهاد شد. این مدل مقایسه‌های بین معیارها را به صورت دوتایی انجام و وزن‌های نسبتی را به عنوان خروجی در نظر می‌گیرد. روش مقایسه دوتایی شامل سه مرحله اصلی است: ایجاد ساختار سلسله مراتبی، محاسبه وزن‌ها و سازگاری سیستم است (*Balyani, 2017*).

به منظور وزن‌دهی با این روش ابتدا مسأله تصمیم‌گیری، که همان یافتن نواحی مستعد کشت زعفران می‌باشد به سلسله مراتبی که شامل مهمترین عناصر تصمیم‌گیری است تجزیه شده است. در سطح اول هدف اصلی، در سطح دوم پارامترهای اصلی تأثیرگذار بر روی

هدف مورد نظر (عناصر اقلیم و زمین) و در سطح سوم زیر شاخه‌های هر کدام از پارامترهای سطح دوم و در نهایت، در سطح چهارم خصوصیات یا کلاس هر لایه اطلاعاتی، دسته‌بندی شده‌اند. پس از ایجاد سلسله مراتب به مقایسه مؤلفه‌های هر سطح در قالب یک ماتریس پرداخته شده است. مقایسه و محاسبه وزن‌ها با استفاده از مدل (*AHP*) در محیط نرم‌افزار *Expert Choice* انجام شده است که به طور خودکار نسبت ناسازگاری نیز محاسبه شده است و از طریق ادغام وزن‌های نسبی سطوح مختلف و از طریق ضرب‌های متوالی ماتریس وزن‌ها در هر سلسله مراتب انجام می‌شود. به طور مثال، وزن عامل زمینی در سطح دوم در وزن زیر شاخه‌های خود یعنی سطوح ارتفاعی و شیب ضرب شده و به همین منوال وزن سطوح ارتفاعی (سطح سوم) در سطح چهارم ضرب می‌شود تا وزن نهایی بدست آید. از طریق بکار بردن قابلیت*Map calculator* نرم‌افزار *ArcGIS* پس از ضمیمه نمودن وزن سطح چهارم به جدول اطلاعات توصیفی، نقشه مربوطه در اوزان سطوح بالایی خود ضرب شد تا نقشه‌های نهایی که بر اساس وزن نهایی نرمال-شده بر اساس مدل (*weighted-overlay*) هم‌پوشانی (روی‌هم‌گذاری) انجام شد و در نهایت، بر اساس میزان و شدت محدودیت‌های اراضی برای کاشت زعفران مناطق مخلف استان آذربایجان‌شرقی در چهار کلاس شامل کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، تناسب بحرانی و نامناسب قرار گرفتند. اراضی کاملاً مناسب (S_1) فاقد هر گونه محدودیت یا محدودیت جزئی برای کاشت محصول موردنظر می‌باشد، اراضی که دارای محدودیت کم به لحاظ اقلیم یا خاک برای استفاده موردنظر باشند در کلاس نسبتاً مناسب (S_2) و اراضی که به دلیل وجود محدودیت‌های زیاد دارای سودآوری کم برای استفاده موردنظر باشد در کلاس تناسب بحرانی (S_3) قرار گرفتند. در صورتی‌که به دلیل وجود محدودیت‌های شدید درآمد حاصل از استفاده مورد نظر کمتر از هزینه‌های تولید این محصول باشد در کلاس نامناسب (N) قرار می‌گیرند (*Sys, 1985*).

جدول ۲. نیازهای رویشی کشت زعفران

Table 2. Saffron crop requirements

کلاس **Class**	کاملاً مناسب **Suitable**	نسبتاً مناسب **Moderately suitable**	تناسب بحرانی **Critical suitable**	نامناسب **Non suitable**
شیب برای آبیاری سطحی (درصد) *Slope for surface irrigation (%)*	*0-2*	*2-5*	*5-8*	*> 8*
جهات شیب (درجه) *Tilt directions*	*112.5-247.5*	*67.5-112.5*	*292.5-247.5*	*22.5-292.5*
ارتفاع (متر) *Altitude (m)*	*1300-1800*	*900-1300* *&* *1800-2000*	*600-900* *&* *2000-2300*	*2300<* *&* *600>*
بافت خاک *Soil texture*	سنگین *Heavy*	متوسط *Medium*	سبک *Light*	خیلی سنگین *Very heavy*
کاربری اراضی *Land use*	مناطق مستعد کشاورزی و باغ *Areas suitable for farming and garden*	زمین بایر، اراضی کشاورزی دیم *Wasteland, dry land*	جنگل‌های تنگ، مراتع و درخت‌های پراکنده *Tight forests, grasslands and scattered trees*	رودخانه، مرداب و مناطق صخره‌ای *Rivers, swamps and rocky areas*
حداقل دمای هوا در دوره رویشی (از اول آذر تا آخر اردیبهشت) *Minimum temperature (^0C)*	**(-*18*) – (-*20*)**	**(-*15*) – (-*18*)**	**(-*5*) – (-*15*)**	**>*20* < (-*5*)**
متوسط دمای هوا در دوره زایشی (از ابتدا تا انتهای آبان) *Mean temperature (^0C)*	*14 –18*	*7 -14*	*2 –7*	*>2*
حداکثر دمای هوا در دروره رکود (از اول خرداد تا آخر مهر) *Maximum temperature (^0C)*	*20 –25*	*25 –35*	*35 –40*	*<40*
ساعت آفتابی *Sunlight (hr)*	*>255*	*245 –255*	*220 –245*	*<220*

منبع: موسسه تحقیقات آب و خاک کشور (*Soil and Water Research Institute of Iran*)

به طور کلی، پس از ایجاد و مشخص کردن وزن طبقات هر لایه، در محیط *GIS* امتیاز هر پلی‌گون (s) در هر لایه اطلاعاتی، از حاصلضرب هر طبقه (s_{ij}) در وزن لایه مربوط (wi) به دست آمد:

$$S = \sum(sij) \times (wi) \qquad (۱)$$

امتیاز نهایی به دست آمده در این مرحله نمایشگر آن است که هر طبقه تا چه میزان برای هدف مناسب می‌باشد. این روش یک مقیاس اسمی را با مقادیر از ۱ تا ۹ (جدول ۴) برای تعیین میزان اولویت‌های دو معیار بکار می‌گیرد (*Balyani, 2016*). در این پژوهش، با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، اگر اهمیت I نسبت به J برابر با K باشد، اهمیت عنصر J نسبت به I برابر $\frac{1}{K}$ خواهد بود (*Marinoni, 2007*).

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها است. مکانیسمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری است که از تقسیم شاخص ناسازگاری به شاخص تصادفی بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، ناسازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. دو مسئله مهمی که در تحلیل سلسله مراتبی وجود دارد یکی ثبات و ناسازگاری و دیگری مدت زمانی است که صرف قضاوت‌ها در یک مسئله تصمیم‌گیری پیچیده به ویژه در حالی‌که تعداد گزینه‌ها زیاد می‌شود، می‌باشد (*Mamat & Daneil, 2007*).

جدول ۳. مقیاس نه کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

Table 3. Scale quantitative criteria binary clock for comparison

شدت اهمیت **Intensity of the importance**	میزان اهمیت **Level importance**
با اهمیت و ارجحیت مساوی *With equal impotence*	*1*
با اهمیت و ارجحیت کمی بیشتر **With imptence of slightly favors**	*3*
با ارجحیت و اهمیت قوی **With importance of strongly faver**	*5*
با ارجحیت خیلی قوی **With importance of very strong faver**	*7*
با ارجحیت بی نهایت **With importance of extreme favors**	*9*
ارزش میانی *Value middle*	*2 ،4 ،6* **and** *8*
اثر دو جانبه امتیازات **Bilateral effects of concessions**	**ارزش‌های مقیاس معکوس** **Reverse scale values**

بردار مجموع وزن‌دار با ضرب وزن در اولین معیار به اولین ستون ارایه مقایسه زوجی اصلی محاسبه گردید. سپس وزن معیار دوم در ستون دوم الی آخر و سرانجام مجموع این روش‌ها در ردیف‌ها ضرب شده (برای هریک از زیر معیارها و گزینه‌ها نیز اینگونه عمل گردید). پس از محاسبه بردار ثبات برای تکمیل محاسبات به محاسبه در ضریب دیگر با عنوان (λ) و شاخص ناسازگاری (CI) نیاز بود (معادلات ۲ و ۳).

$$CR=CI/RI \qquad (۲)$$

$$CI=\lambda max/n-1 \qquad (۳)$$

بر این اساس ضریب ناسازگاری (CR) با استفاده از فرمول فوق محاسبه می‌شود، CI یا شاخص ناسازگاری نیز از فرمول زیر بدست می‌آید. شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول ۳ قابل استخراج است: جدول ۵ شاخص تصادفی بودن را نشان می‌دهد.

جدول ۴. شاخص پایداری تصادفی بودن (RI)(Bowen, 1993)

Table 4. Random inconsistency indices (Bowen, 1993)

N	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*
RI	*0*	*0.58*	*0.9*	*1.112*	*1.24*	*1.33*	*1.41*	*1.45*	*1.49*	*1.59*	*1.48*	*1.56*	*1.57*	*1.59*

نتایج و بحث

ارتفاع: جهت تولید نقشه ارتفاع منطقه از مدل رقومی ارتفاع (*DEM*) استان آذربایجان شرقی استفاده شد بر این اساس منطقه مورد مطالعه به چهار کلاس کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، تناسب بحرانی و نامناسب تقسیم‌بندی گردید. کلاس ارتفاعی کاملاً مناسب برای کشت زعفران ۱۳۷ هزار هکتار (۳ درصد)، کلاس نسبتاً مناسب ۷۷۶ هزار هکتار (۱۷ درصد)، کلاس دارای تناسب بحرانی ۹۱۴ هزار هکتار (۲۰ درصد) و ۲/۷۴ میلیون هکتار در کلاس نامناسب قرار گرفت که ۶۰ درصد منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود (شکل ۲).

شیب زمین برای آبیاری سطحی: برای تهیه نقشه شیب، نیز از نقشه مدل رقومی ارتفاع با اعمال توابع شبکه‌بندی نامنظم مثلث‌بندی (*TIN*) استفاده شد. با توجه به ابعاد پیکسل‌ها مقدار شیب از طریق *3D Analyze* استخراج گردید. برای محاسبه مساحت هر منطقه با توجه به ابعاد سلول‌ها مساحت هر سلول در ابعاد آن ضرب و مساحت منطقه مورد نظر به هکتار به دست می‌آید. لذا نقشه شیب برای آبیاری سطحی در چهار طبقه تهیه شد. با توجه به شکل ۳ بیش از ۵۲۵ هزار هکتار (۱۱/۵ درصد) مساحت محدوده با شیب کمتر از ۲ درصد در کلاس کاملاً مناسب، حدود ۴۳۴ هزار (۹/۵ درصد) با شیب ۲ تا ۵ درصد در کلاس نسبتاً مناسب، ۷۳۱ هزار هکتار (۱۶ درصد) با شیب ۵-۸ درصد در کلاس تناسب بحرانی، ۲/۸۸ میلیون هکتار (۶۳) با شیب بیش از ۸ درصد در کلاس نامناسب قرار گرفتند.

جهات شیب: بر اساس اهمیت شیب در نورگیری وزن‌دهی به جهات شیب به ترتیب اهمیت اولویت به ترتیب با شیب‌های جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی می‌باشد. شکل ۴ جهات شیب را برای مناطق مستعد کشت زعفران نشان می‌دهد. ۱/۹۶ میلیون هکتار که ۴۳ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود در کلاس کاملاً مناسب، ۳۶۵ هزار هکتار (۸ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۳۶۵ هزار هکتار (۸ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و الباقی منطقه که بالغ بر ۱/۸ میلیون هکتار (۴۱ درصد) در کلاس نامناسب قرار گرفتند.

کاربری اراضی: نقشه کاربری استان آذربایجان‌شرقی که توسط موسسه تحقسقات و جنگلها و مراتع کشور تهیه شده است رقومی شد و به عنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت در این نقشه تیپ‌های موجود شامل اراضی آبی، دیم، باغات، جنگلها و مراتع مشخص‌شده و بر اساس استعدادهای متفاوتی که این تیپ‌ها برای کاشت محصول زعفران دارا می‌باشند کلاس‌بندی شده‌است (شکل ۵۵). بر اساس شکل ۵ مشاهده می‌گردد که کلاس‌های مختلف بر اساس قابلیت آن‌ها برای کاشت زعفران به چهار گروه تقسیم شده‌اند که بر این اساس بالغ بر ۲/۴۷ میلیون هکتار (۵۴ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۹۶۰ هزار هکتار (۲۱ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۱/۰۱میلیون هکتار (۲۲ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و همچنین ۱۳۷ هزار هکتار (۳ درصد) در کلاس نامناسب برای کشت زعفران قرار گرفتند.

بافت خاک: بافت خاک منطقه بر اساس جدول ۳ به چهار کلاس طبقه‌بندی شده‌اند که ۱/۹۷ میلیون هکتار (۴۳ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۳۶۵ هزار هکتار (۸ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۵۹۴ هزار هکتار (۱۳ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و ۱/۶۴ میلیون هکتار (۳۶ درصد) در کلاس نامناسب قرار گرفته‌اند (شکل ۶).

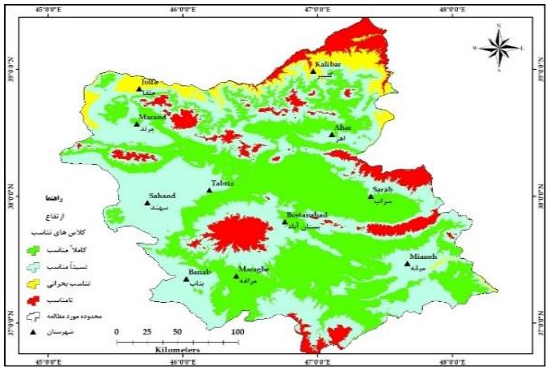
حداقل دمای هوا در دوره رویشی: نقشه پهنه‌بندی مناطق همدما با استفاده از داده‌های اقلیمی منطقه تهیه گردید. نتیجه حاصل از یک نقطه و مکان با استفاده از مدل-های آماری و ریاضی به صورت منحنی‌های هم‌دما در آورده و به سطح وسیع تری تعمیم داده‌شد (شکل ۷). بر این اساس بالغ بر ۱/۱ میلیون هکتار (۲۴ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، حدود ۱/۶ میلیون هکتار (۳۵ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب و بالغ بر ۱/۱۹ میلیون هکتار (۲۶ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و ۶۸۵ هزار هکتار (۱۵ درصد) در کلاس نامناسب قرار گرفتند.

متوسط دمای هوا در دوره زایشی: با توجه جدول ۳ متوسط دمای هوا در دوره زایشی در دو کلاس قرارگرفت که بر این اساس حدود یک میلیون هکتار (۲۲ درصد) در کلاس کاملاً مناسب و حدود ۳/۵۷ میلیون هکتار (۷۸ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب قرار گرفت (شکل ۸).

حداکثر دمای هوا در دوره رکود: با توجّه به نیازهای رویشی زعفران در جدول ۳ بر اساس اطلاعات اقلیمی حداکثر دمای هوا در دوره رشد زایشی در ۴ کلاس بشرح زیر پهنه‌بندی شد (شکل ۹). ۵۰۳ هزار هکتار (۱۱ درصد) در کلاس کاملاً مناسب، ۳/۳ میلیون هکتار (۷۳ درصد) در کلاس نسبتا مناسب، ۵۹۴ هزار هکتار (۱۳ درصد) در کلاس تناسب بحرانی، ۱۳۷ هزار هکتار (۳ درصد) در کلاس نامناسب می‌باشند.

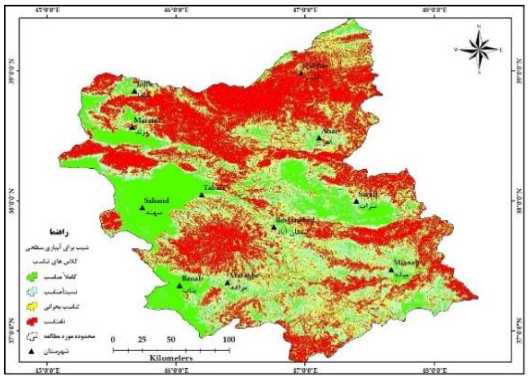
ساعات آفتابی: بر اساس شکل ۱۰ ساعت آفتابی در ۳ کلاس بشرح زیر کلاس‌بندی شده که بر اساس آن ۱/۶۹ میلیون هکتار (۳۷ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب، ۱/۳۸ میلیون هکتار (۳۸ درصد) در کلاس تناسب بحرانی و همچنین ۱/۱۴ میلیون هکتار (۲۵ درصد) در کلاس نامناسب قرار گرفت.

تعداد روزهای یخبندان: وقوع یخبندان پائیزی در زمان گلدهی تأثیر نامطلوبی بر عملکرد زعفران دارد یکی از مطلوبترین شرایط لازم برای گلدهی این گیاه این است که دمای شبانه از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای روزانه از ۲۲ درجه سانتیگراد تجاوز ننماید حتی بایستی کمتر از این مقدار باید باشد تا عمل گلدهی صورت گیرد. درجه قابلیت هر کلاس برای شاخص تعداد روزهای یخبندان از منبع علوی و همکاران (*Alavi et al., 2013*) تهیه شد. بر اساس شکل ۱۱تعداد روزهای یخبندان در دو کلاس قرارگرفت حدود ۱۱۶ هزار هکتار (۴ درصد) در کلاس کاملاً مناسب و حدود ۴/۵۳ میلیون هکتار (۹۶ درصد) در کلاس نسبتاً مناسب قرار گرفت.



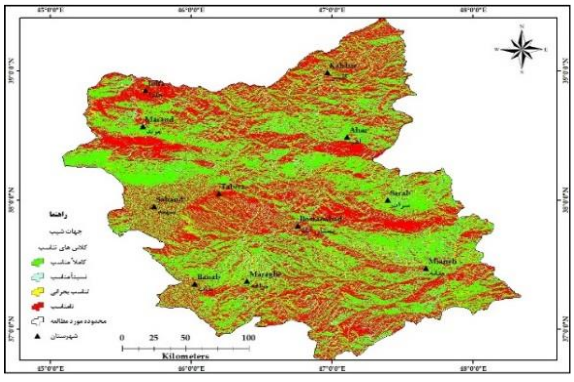
شکل ۲. مناطق مستعد بر اساس ارتفاع

Fig. 2. Suitable places based on topography



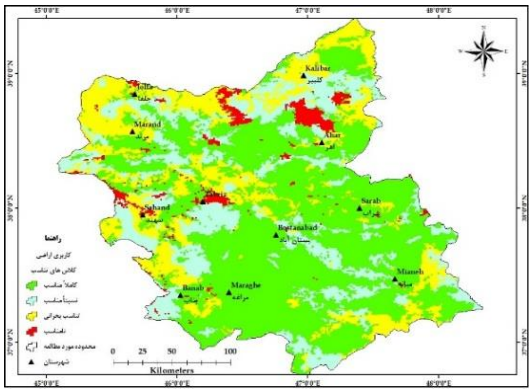
شکل ۳. مناطق مستعد بر اساس آبیاری

Fig. 3. Suitable places based on irrigation



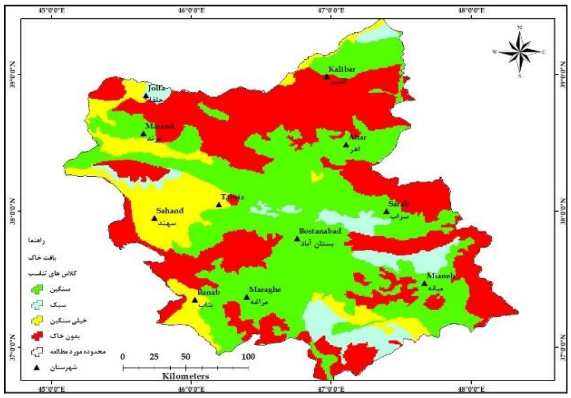
شکل ۴. مناطق مستعد بر اساس جهات شیب

Fig. 4. Suitable places based on slope aspect



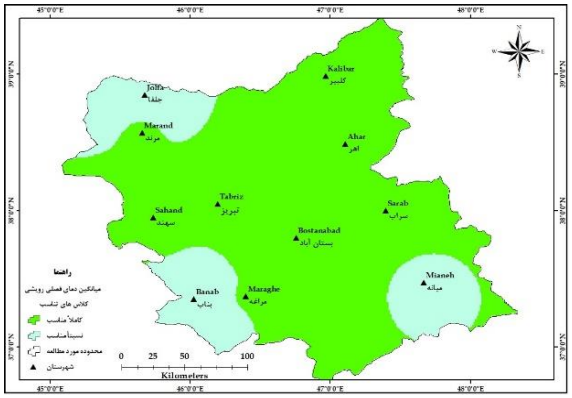
شکل ۵. مناطق مستعد بر اساس کاربری اراضی خاک

Fig. 5 Suitable places based on land use type



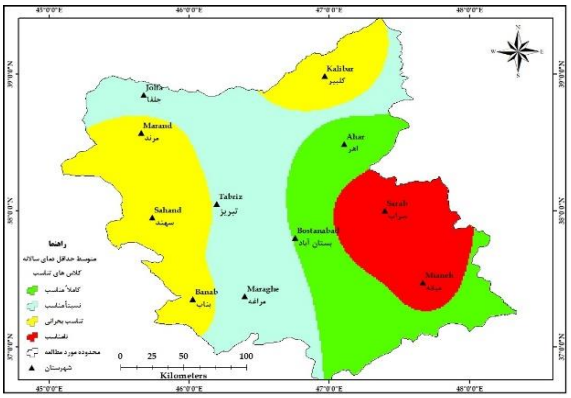
شکل ۶. مناطق مستعد بر اساس تیپ اراضی

Fig. 6. Suitable places based on Soil texture



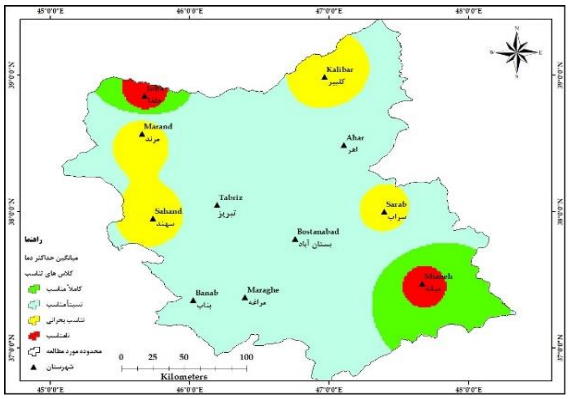
شکل ۷. مناطق مستعد بر اساس دمای حداقل مرحله رویشی

Fig. 7. Suitable places based on vegetative phase



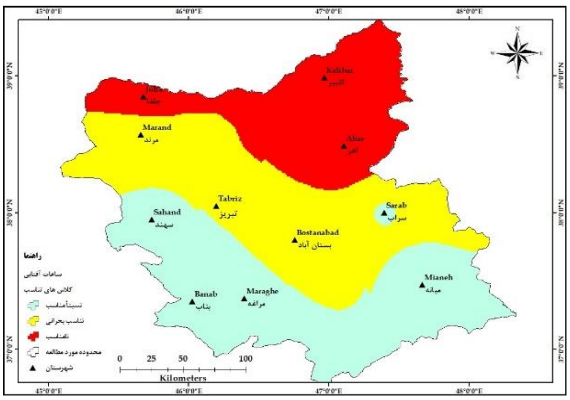
شکل ۸. مناطق مستعد بر اساس میانگین حداقل دما مرحله زایشی

Fig. 8. Suitable places based on Tmin in generative phase.



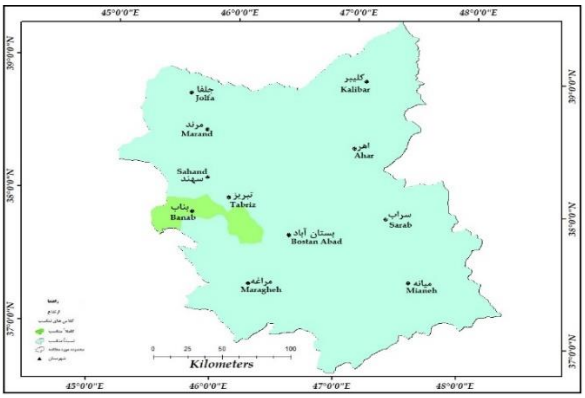
شکل ۹. مناطق مستعد بر اساس دمای حداکثر مرحله دوره رکود

Fig. 9. Suitable places based on Tmax in dormant phase.



شکل ۱۰. مناطق مستعد بر اساس ساعات آفتابی

Fig. 10 Suitable places based on sunshine hours



شکل ۱۱. مناطق مستعد بر اساس تعداد روزهای یخبندان

Fig. 11. Suitable places based on frozen days

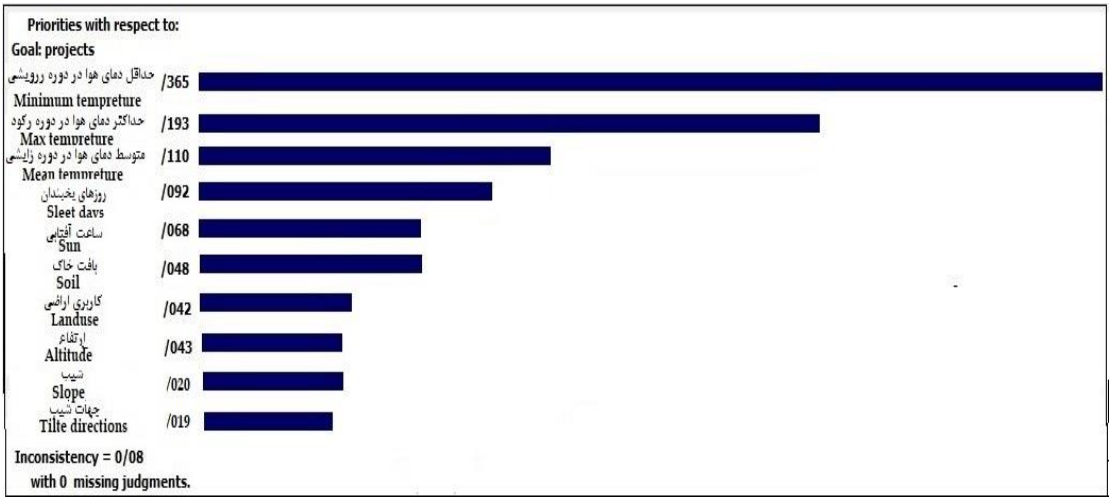
نقشه‌های حاصله در قالب شکل‌های ۲ تا ۱۱ به عنوان لایه‌های ورودی در مدل‌سازی نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. مدل‌سازی به روش همپوشانی وزن‌دار در محیط *ARC GIS*$_{10.3}$ بر مبنای نظرات کارشناسی و تخصیص وزن به هر کدام از متغیرهای اقلیمی و زمینی صورت گرفت و نتیجه آن در شکل ۱۲ ارائه شده است. به منظور رتبه‌بندی عوامل بر اساس نظرات کارشناسان به صورت کلی و با بهره‌گیری از نرم‌افزار *Expert choice* صورت گرفته است.

جدول ۵. ماتریس محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از مدل (AHP) و روش مقایسه زوجی

Table 5. Matrix of weighting indicators using AHP model and paired comparison method

معیارها Criteria	دمای حداقل Min. temperature	دمای حداکثر Max temperature	متوسط دما Mean temperature	ساعت آفتابی Sun shine hours	بافت خاک Soil texture	کاربری اراضی Land use	ارتفاع Altitude	شیب Slope (%)	جهات شیب Aspect slope	حاصلضرب وزن Product of the weight	درصد لایه‌ها Percentage of layers
دمای حداقل *Min temperature*		6	5	5	4	5	4	6	6	0.365	36.5
دمای حداکثر *Max temperature*			5	3	2	4	5	4	3	0.193	19.3
متوسط دمای *Mean temperature*				2	3	4	3	2	2	0.110	11
روزهای یخبندان *Sleet days*					2	3	3	2	2	0.092	9.2
ساعت آفتابی *Sun shine*						2	2	1	3	0.068	6.8
بافت خاک *Soil texture*							2	2	1	0.048	6.8
کاربری اراضی *Land use*								1	2	0.042	4.2
ارتفاع *Altitude*									1	0.043	4.3
شیب (٪) *Slope (%)*									1	0.020	2.1
جهات شیب *Slope aspect*										0.019	2.1
نسبت سازگاری *Incompatibility ratio*	0.08										100

جدول ۵ و شکل ۱۳ ماتریس و رتبه‌بندی نهایی عوامل مؤثر اقلیمی و زمینی برای کشت زعفران در استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود مجموع معیارهای ده‌گانه فوق معادل عدد یک بوده و این نشان-دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است. این اوزان محاسبه شده در لایه‌های ده گانه مربوطه به عناصر و عوامل اقلیمی موثر بر تعیین مطلوبیت اقلیمی و زمینی پهنه‌های مختلف کشت زعفران، اعمال گردید و خروجی آن به صورت ماتریس و نقشه و شکل ۱۲ قابل مشاهده می‌باشد. بر اساس نظر کارشناسان مهم‌ترین عامل کشت زعفران، ارتفاع با ۰/۱۷۱ و بعد از آن شیب با ۰/۱۵۲، بافت خاک و کاربری اراضی با ۰/۱۴۸ و همچنین دمای حداقل هوا با ۰/۱۳۶ می‌باشد. بر اساس این رتبه‌بندی جهات شیب کم‌ترین اهمیت را در بین عوامل داشته‌اند. ضریب ناسازگاری (CI) برابر با ۰/۰۷ محاسبه شده است، لذا نتایج معنی‌دار است.



شکل ۱۳. محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert choice

Fig. 13. Index weight calculation using the software Expert choice

جدول ۶. ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی

Table 6. The coefficient of importance of criteria, sub-criteria and options in a hierarchical structure

معیارها Criterion	وزن معیار Weight	گزینه Option	وزن نهایی The final weight	مساحت (*Ha*) Area(*Ha*)	درصد Percent
حداقل دمای هوا *Min Temp. (^0C)*	*0.365*	*(-18) – (-20)*	*0.56300.*	*1096800*	*24*
		(-15) – (-18)	*172*	*1599500*	*35*
		(-5) – (-15)	*0.143*	*1188200*	*26*
		>5– < (-20)	*0.131*	*685500*	*15*
حداکثر دمای هوا *Max Tem. (^0C)*	*0.193*	*20 –25*	*0.646*	*502700*	*11*
		25 –35	*0.173*	*3336100*	*73*
		35 –40	*0.113*	*594100*	*13*
		<40	*0.070*	*137100*	*3*
متوسط دمای هوا *Mean Temp. (^0C)*	*0.110*	*14 –18*	*0.620*	*1005400*	*22*
		7 –14	*0.185*	*3564600*	*78*
		2 –7	-	-	-
		>2	-	-	-
تعداد روزهای یخبندان *Frozen days*	*0.092*	*>20*	*0.594*	*116400*	*4*
		20-50	*0.430*	*4453600*	*96*
		50-70	-		-
		<70	-		-

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

ساعت آفتابی *Sunlight*	*0.068*	*>255*	-	-	-
		245 –255	*0.63400.*	*1690900*	*37*
		220 –245	*192*	*1376600*	*38*
		<220	*0174*	*1142500*	*25*
بافت خاک *Soil texture*	*0.048*	سنگین *Heavy*	*0.53800.*	*1965100*	*43*
		متوسط *medium*	*223*	*365600*	*8*
		سبک *texture*	*0.14900.*	*594100*	*13*
		خیلی سنگین *Very heavy*	*090*	*1645200*	*36*
کاربری اراضی *Land use*	*0.048*	نواحی و مناطق مستعد کشاورزی و باغ *Areas suitable for farming and garden*	*0.436*	*2467800*	*54*
		زمین بایر، اراضی کشاورزی دیم *Wasteland, dry land agricultural land*	*0.247*	*959700*	*21*
		جنگلهای تنگ، سنگلاخی، مراتع و درختهای پراکنده *Tight forests, rocky grasslands and scattered trees*	*0.159*	*1005400*	*22*
		رودخانه، مردابی و مناطق صخره ای *Rivers, swamps and rocky areas*	*0.159*	*137100*	*3*
ارتفاع *Altitude*	*0.043*	*1300 -1800*	*0.483*	*143273*	*3*
		900 -1300 or 1800 - 2000	*0.257*	*774852*	*17*
		600 – 900 or 2000 – 2300	*0.147*	*913161*	*20*
		> 2300 - <600	*0.043*	*2738714*	*60*
شیب برای آبیاری سطحی *Slope for surface irrigation*	*0.20*	*0 – 2*	*0.419*	*525000*	*11.5*
		2 – 5	*0.190*	*434150*	*9.5*
		5 – 8	*0.192*	*731200*	*16*
		>8	*0.097*	*2879100*	*63*
جهات شیب *Slope aspect*	*0.019*	جنوبی، جنوب‌شرقی، جنوب‌غربی *South, South-East, South-West*	*0.5830*	*1965100*	*43*
		شرقی *Oriental*	*0.185*	*365600*	*8*
		غربی *Western*	*0.125*	*365600*	*8*
		شمالی، شمال‌شرقی، شمال‌غربی *North, Northeastern, North-West*	*0.106*	*1828000*	*41*

بعد از وزن‌دهی و قبل از بکارگیری وزن‌ها، بایستی نسبت به سازگاری مقایسه‌ها، اطمینان حاصل شود و نرخ ناسازگاری محاسبه شود. در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه‌ها از سازگاری قابل قبولی برخوردار است و در غیر این صورت باید در مقایسه‌ها تجدید نظر شود. برای این موضوع سه مرحله طی شد؛ مرحله اول محاسبه بردار ویژه است در مرحله دوم شاخص ناسازگاری بر اساس فرمول (CI) تعیین شد. در مرحله سوم نرخ ناسازگاری بر اساس فرمول (CR) محاسبه شد است در این فرمول RI (عدد ثابت) مقدار شاخص ناسازگاری است که برای ماتریس‌های n بعدی با اعداد تصادفی محاسبه می‌گردد. نرخ ناسازگاری بدست آمده در ۱۰ لایه مورد بررسی کمتر از ۰/۱ می‌باشد. بنابراین مقایسه‌ها از سازگاری مطلوبی برخوردار هستند. برای گزینه‌ها در هر معیار نیز عملیات محاسبه نرخ ناسازگاری صورت گرفت که نتایج در جدول ۷ بیان شده است.

جدول ۷. نرخ ناسازگاری گزینه‌ها در هر معیار

Table 7. Inconsistency rate of options in each characteristic

معیار Criteria	دمای حداقل Min temperature	دمای حداکثر Max temperature	متوسط دما Mean temperature	روزهای یخبندان Sleet days	ساعت آفتابی Sun shine	بافت خاک Soil texture	کاربری اراضی Land use	شیب Slope	ارتفاع Altitude	جهات شیب Slope aspect
نرخ ناسازگاری *Incompatibility ratio*	*0.04*	*0.06*	*0.08*	*0.05*	*0.01*	*0.06*	*0.06*	*0.04*	*0.08*	*0.05*

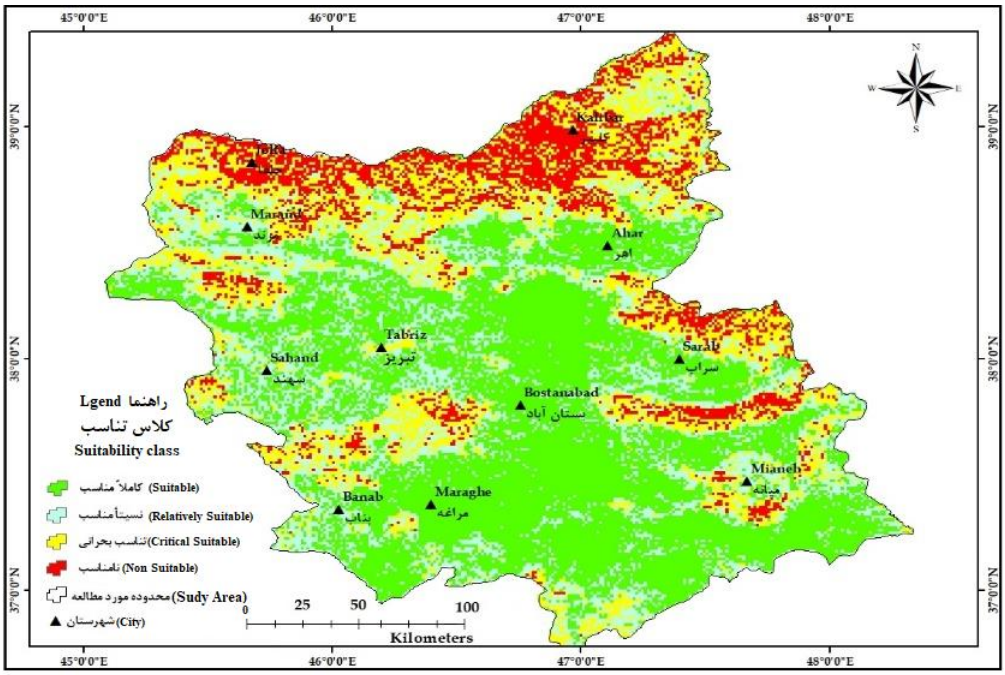
جدول ۸. کلاس‌بندی قابلیت کشت زعفران بر اساس مدل AHP در محدوده مورد مطالعه

Table 8. Classification of saffron cultivability based on AHP model in the studied range

کلاس Class	کلاس‌های تناسب Suitable classes	درصد پوشش محدوده Percent area coverage	مساحت (هکتار) Area (*ha*)
A	کاملاً مناسب *Suitable*	*17*	*776900*
B	نسبتاً مناسب *Moderately suitable*	*25*	*1142500*
C	تناسب بحرانی *Critical suitable*	*14*	*639800*
D	نامناسب *Non Suitable*	*44*	*208001*

نتایج حاصل از وزن‌دهی و کلاس‌بندی معیارها، لایه‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از نظر قابلیت کشت زعفران، با یکدیگر ترکیب شدند تا تناسب مناطق مختلف استان برای کشت زعفران مشخص شود. به این منظور پهنه‌بندی پس از تلفیق لایه‌های مربوط به ۱۰ معیار ذکر شده و با توجه به این که لایه‌های زمینی، خاک و اقلیمی از عوامل تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی هستند انجام شد. همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌گردد این نقشه به چهار کلاس تقسیم شده است. مناسب‌ترین مناطق برای کشت زعفران در استان، شامل دشت‌های تبریز، هریس، مرند، اسکو، آذر شهر، عجب شیر، بناب و ملکان قرار دارند. این شرایط به خاطر ترکیبی از ویژگی‌های اقلیمی نظیر حداقل دمای هوا، حداکثر دمای هوا، متوسط دمای هوا و ساعت آفتابی در طول دوره رشد این محصول و دارا بودن شرایط خوب زمینی، شیب، کاربری اراضی، بافت خاک و همچنین ارتفاع، می‌باشد. مساحت این ناحیه ۷۸۱ هزار هکتار می‌باشد که ۲۳ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. اراضی نسبتاً مناسب با ۱۱۵ هزار هکتار (۳۴ درصد) بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است ۸۶ هزار هکتار (۱۹ درصد) اراضی در کلاس تناسب بحرانی قرار گرفتند. نامناسب‌ترین زمین‌ها نیز در دشت‌های کلیبر، جلفا، بستان آباد، مراغه، اهر، هشترود و

پسکرانه دشت‌های سراب، عجب شیر، میانه و ورزقان قرار دارند. این اراضی با مساحت ۷۹۹ هزار هکتار (۲۴ درصد) منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود (جدول ۷).



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی قابلیت کشت زعفران بر اساس مدل AHP در استان آذربایجان شرقی

Fig. 12. The saffron zoning map based on AHP in East Azerbaijan province

نتایج نشان داد که بر اساس مدل *AHP* حدود ۷۷۷ هزار هکتار که ۱۷ درصد از سطح استان آذربایجان شرقی را شامل می‌شود برای کاشت زعفران در کلاس کاملاً مناسب قرار دارند. این اراضی شامل دشت‌های تبریز، بناب، ملکان، مرند، اسکو، آذر شهر، هریس و بخش‌های از شهرستان‌های هشترود، شبستر، اسکو، ورزقان، اهر، ملکان، عجب شیر و سراب قرار دارند. این شرایط به خاطر ترکیبی از ویژگی‌های اقلیمی و زمینی مستعد کشت زعفران می‌باشد که عمدتاً منطبق بر اراضی کشاورزی استان بوده و در صورت تأمین نیاز آبی محدودیت عمده دیگری برای کشت این محصول ندارند. ۱/۱۴ میلیون هکتار (۲۵ درصد) با داشتن محدودیت کم در کلاس نسبتاً مناسب قرار دارند که شامل بخش‌هایی از شهرستان‌های شبستر، اسکو، آذر شهر، بناب ، عجب شیر، ورزقان، تبریز، اهر، ملکان و سراب واقع شده که با بررسی‌های بیشتر می‌توان آن بخش از عواملی را که قابل اصلاح هستند رفع و کلاس تناسب این اراضی را ارتقا داد. ۶۴۰ هزار هکتار(۱۴ درصد) از سطح استان به دلیل وجود عوامل متعدد محدودکننده رشد این محصول نظیر ارتفاع، شیب، خاک، و عوامل اقلیمی برای کشت زعفران دارای تناسب بحرانی هستند که عمدتاً شامل مناطق کوهپایه‌های و دشت‌های کوهستانی است و پس‌کرانه‌های دشت‌های اسکو، میانه، بناب، مرند، ورزقان و آذرشهر است. حدود ۲/۰۱ میلیون هکتار (۴۴ درصد) در کلاس نامناسب قرار دارند که شامل مناطق کلیبر، بخش‌هایی از شهرستان‌های جلفا و ورزقان است که به دلیل ترکیبی از ویژگی‌هایی نظیر حداکثر دمای هوا، ساعات آفتابی، ارتفاع، شیب، جهات شیب، بافت خاک و همچنین بخش‌هایی از شهرستان‌های سراب و میانه به خاطر ویژگی‌های اقلیمی، حداقل و حداکثر دمای هوا و بخش‌هایی از شهرستان‌های بستان‌آباد، مراغه، اهر، هشترود، عجب شیر به خاطر ویژگی‌هایی نظیر میانگین و حداقل دمای هوا، کاربری اراضی، ارتفاع، شیب، جهات شیب و بافت خاک در این کلاس قرار گرفتند. بر اساس نقشه نهایی می‌توان گفت که هر چقدر از سمت جنوب، جنوب غرب، جنوب شرق و غرب به طرف شمال استان پیش می‌رویم از میزان استعداد مناطق کشت زعفران کاسته می‌شود و این شرایط تا جایی ادامه می‌یابد که به دلیل

محدودیت این عوامل کشت این محصول امکان‌پذیر نیست. به نظر می‌رسد به جز شهرستان‌های مرند، ملکان و تا اندازه‌ای بناب که توانسته از مزیت نسبی خود برای کشت زعفران استفاده لازم را ببرند، سایر دشت‌های مستعد که طبق نتایج استعداد بالایی دارند و کاشت این محصول هنوز در این شهرستان‌ها رایج نشده و یا در مراحل ابتدایی است می‌توان از نتایج این پژوهش استفاده نمود. این نتایج با گزارشات ساجدی (*Sajedi, 2005*) و یزدچی (*Yazdchi, 2010*) همخوانی دارد که گزارش نمودند کاشت زعفران در استان آذربایجان شرقی امکان‌پذیر است. همچنین این تحقیق بیانگر کارایی بالای مدلسازی *AHP* در مکان‌یابی مناطق مستعد کاشت محصولات کشاورزی و کمک به تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری دست‌اندکاران بخش کشاورزی دارد که نتایج سالاری و همکاران (*Salari et al., 2016*)، رشید سرخ‌آبادی و همکاران (*Rashidi Sorkhabadi et al., 015*) و جواهری و همکاران (*Javaheri et al., 2015*) تأیید می‌کند که مدل *AHP* را روشی کارآمد در تعیین مناطق مستعد کشت محصولات مختلف معرفی نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بخش قابل توجّهی از اراضی زراعی استان آذربایجان شرقی از قابلیت‌های لازم برای کشت زعفران برخوردار است. با توجّه به ویژگی‌های خاص این محصول، جایگزینی کشت آن با محصولات با نیاز آبی بالا نظیر پیاز، سیب‌زمینی، گوجه فرنگی و ... موجب صرفه جویی در مصرف آب خواهد شد. از طرف دیگر چون دوره رشد این محصول در فصل پائیز است با زمان آبیاری سایر محصولات زراعی و باغی منطبق نیست و گنجانیدن آن در الگوی کشت از فشار بر منابع آب در زمان اوج مصرف آب می‌کاهد. ضروری است که از کاشت این محصول در اراضی که در این تحقیق در کلاس‌های تناسب بحرانی و نامناسب قرار گرفتند خودداری شود.

منابع

Abrishami, M.H., 2004. Saffron from late to today, Tehran, Amir Kabir Publication, Iran. [in Persian].

Alavizadeh S., Monazam Esmailpour, A., and Hoseinzadeh Kermani, M., 2013. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Kashmar plain using GIS. Saffron Agron. & Technol. 1(1), 71-95. [in Persian with English Summary].

Ahmadian, J., Mohamadian, A.2009. Study for zoning the most appropriate time of irrigation of Saffron (Crocus Sativus) in Khorasan Razavi, north and southern. (1)23, p. 109 To 118. [in Persian].

Amani, I., 2009. Saffron Cultivation, Naberezhnamefar Publications, p. 18. [in Persian].

Anonymos, 2015. Bulletin of Agricultural Statistics of East Azerbaijan Province. East Azarbyjan Jihad Agriculture Organization. [in Persian].

Anonymous, 2004. Preparation of country vegetation map, Organization of forests, pastures and watershed management, Ministry of Agriculture, Iran. [in Persian].

Anonymous., 2015. Statistics of Jihad-e-Agriculture Organization of East Azarbaijan province, Iran. [in Persian].

Anonymous., 2016. East Azarbaijan Meteorology Statistics, East Azarbaijan Meteorology Statistics Department, Iran. [in Persian].

Balyani, S., 2016. A Comprehensive Guide to GIS Applied Models for Urban, Rural and Environmental Planning. Azadeh Payama Publications, Iran. [in Persian].

Behnia, M.R., 2012. Saffron farming. Tehran University Publication, Iran. [in Persian].

Bown, W.M., 1993. AHP, Multiple Criteria Evaluation, in Koysterman, R., (Eds.), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, New Brunswick: Center for Urban Policy Research.

Farajzadeh, M., and Mirzabati, R., 2007. Feasibility of areas susceptible to cultivating saffron in Neyshabour plain using GIS, lecturer in human sciences (planning of space engineering), Tehran, Iran. pp. 67-91. [in Persian].

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agron. Sustain. Dev. 28, 95-112.

Jafarbiglou, M., and Mobaraki, Z., 2008. Land suitability assessment in Qazvin province for cultivating saffron based on multi-

criteria decision making methods. Nat. Geog. Res. (66), 119-110. [in Persian with English Summary].

Javaheri, M., Zomorodi, M., Asgharipur, M., Dahmardi, M., Ghaemi, A., 2015. Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces. Journal of Sugar Beet, 31(1):17- 31. (In Persian, Abstract in English)

Mamat, N., and Daniel, J., 2007. Statistical analyses on time complexity and rank consistency between singular value decomposition and the duality approach in AHP: A case study of faculty member selection. Mathematical and Computer Modeling 46:1099 -1106.

Marinoni, O., 2007. Some words on the analysis and location of educational institutions (secondary school) using GIS: Case Study of Isfahan. Spatial planning (Geography) from 19 to 38. [in Persian].

Nokandi, A., 1988. Climate effects on saffron planting in south of Khorasan, M.A thesis, Isfahan University, Iran. [in Persian with English Summary].

Nouri Dolouei, M.R., 1976. Saffron cytology study and the possibility of planting it in areas other than southern Khorasan, Tehran University Press, Iran. [in Persian].

Rashidi Sorkhabadi, M., Shahidi, A., and Khashihi Siouki, A., 2017. Determination of suitable places for saffron cultivation in Torbat-e Heydarieh city using Fuzzy Hierarchy Process Analysis. J. Saffron Res. 3(4), 272-261. [in Persian with English Summary].

Saaty, Thomas L., 2008. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: The Analytic Hierarchy/Network Process. . Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM). 102 (2): 251–318.

Saeedzadeh, M., Mokhtari, H., and Ahmadi, R., 2017. Saffron of the World, Sokhan Publications, Iran. [in Persian].

Sajjadi, S.I., 2005. Similarities of Azerbaijan and Khorasan for saffron cultivation in Azerbaijan, MSc Thesis, Supervisor: Majid Zahedi, University of Tehran, Iran. [in Persian].

Salari, A., and Bashiri, M., 2017. Application of land statistics in zoning of susceptible mines in saffron cultivation in Khorasan Razavi province based on climatic parameters. J. Saffron Res. 4(2), 55-167. [in Persian with English Summary].

Sheibani. D., Ahmadian, j., Shirmohammadi, R., 2002. Saffron background in the world. Scientific Research Bulletin of the Institute of Climatology. (4)2: 6-12[in Persian with English Summary].

Sobhani, B., 2016. Agroclimatic zoning cultivation saffron in Ardabil province using of method AHP. J. Saffron Res. 4(1), 72-86. [in Persian with English Summary].

Yazdchi, S., Rasouli, A.A., Mahmoudzadeh, H., and Zarrinbul, M., 2010. Land suitability assessment of Marand County for cultivating saffron based on multi-criteria decision making methods. Water Soil Knowl. 20, 31-42. [in Persian with English Summary].

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.7, No.2, Fall & Winter, 2019-2020
p. 251-267
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1445.1057

University of Birjand

Original Article:

Agro climatic Zoning of Saffron Culture in East Azarbayjan Province

Asghar Farajnia[1] , Kamran moravej[*2]
1- PhD student in Soil Resources Management, Zanjan University and Scientific Member of Soil and Water Research Ddepartment, East Azerbaijan Aagricultureal and Natural Rresources Research and Education center, AREEO, Tabriz. Iran.
2- Assistant professor, Department of soil science, Faculty of agriculture, University of Zanjan, Iran.
[*]Corresponding author E-mail: kmoravej@znu.ac.ir

Received 04 April 2018; Accepted 17 October 2019

Abstract
Recent continuous drought and decreasing ground water table led us to improving irrigation schedule and introducing less water-needed plants. Recent study conducted for determining suitable zone for saffron in East Azarbayjan with GIS and model AHP. Parameters like climate data, soil and water for 30 years collected from synoptic and climatologic station such as Tabriz, Ahar, Marand, Jolfa, Mianeh, Sarab, Bostanabad, Bonab, Maraghe, Malekan and Kaleybar around province and from four neighbor provinces like Orumieh, Piranshahr, Ardabil and Zanjan. Then parameters weighted upon AHP in parameter importance each region. Data transferred to Expert choice and clustered, rated, integrated for producing the last layer. The results showed that 42% of province land was suitable and moderate suitable for culturing saffron. But 14% showed critical suitability and 44% was not suitable for Saffron culture. Tabriz, Marand, Osku, Azarshahr, Ajabshir, Bonab, and Malekan plains are suitable places and Sarab, BostanAbad, Maragheh, Ahar, and Hashtrud plains are in critical suitability for Saffron culture. Climatic and geographical indices for saffron cultivation in the region were altitude, slope and temperature.

Keywords: Drought, Suitability, Hierarchical analysis, Land characteristics.