

پهنه‌بندی آگروکلیمایی کشت زعفران در استان اردبیل با استفاده از روش AHP

بهروز سبحانی^۱

۱- دانشیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی - اردبیل

* - نویسنده مسئول: E-mail: sobhani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۷

چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه و شناخت قابلیت‌های طبیعی استان اردبیل برای کشت زعفران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در سال ۲۰۱۴ اجرا شد. داده‌های عناصر اقلیمی از قبیل بارندگی سالانه، بارندگی طول دوره رشد، دمای سالانه، دمای طول دوره رشد، دمای حداقل مطلق و تعداد روزهای یخبندان از ۱۴ ایستگاه موجود در منطقه اردبیل بین سال‌های ۱۹۸۸ - ۲۰۱۳ میلادی تهیه گردید. همچنین شیب، خاک و ارتفاع از سطح دریا برای تعیین و شناسایی منطقه مساعد کشت زعفران مورد استفاده قرار گرفتند. با بهره‌گیری از نیاز رویشی (شرایط اقلیمی مطلوب) گیاه زراعی مورد مطالعه، لایه اطلاعاتی تولید و هر سری از داده‌ها ارزش‌گذاری و طبقه‌بندی شدند. به منظور بررسی نقش تأثیرگذاری هریک از عناصر اقلیمی و عوامل فیزیکی زمین در پهنه‌بندی آگروکلیماتیک با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با توجه به نیاز اکولوژیکی، داده‌های مورد مطالعه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS ارزش‌گذاری شدند. سپس با تلفیق کلیه داده‌های عناصر و عوامل اقلیمی بصورت یکجا، نقشه قابلیت اراضی برای کاشت زعفران در استان اردبیل تهیه گردید. نتایج 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 می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آگروکلیم، استان اردبیل، روش تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

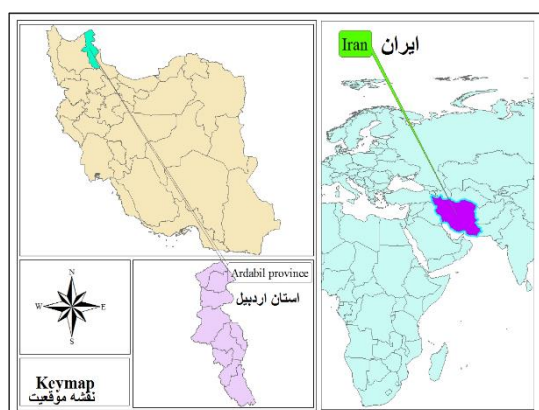
اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به این نتیجه رسیدند که کارآیی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران مناسب است. علیزاده (Alizade, 2003) در مطالعه‌ای تحت عنوان تبخیر و تعرق پتانسیل زعفران، روش‌های آبیاری سنتی را بر اساس دانش بومی مطرح کرده و نیاز آبی این گیاه را با استفاده از لیمیسترها برآورد نموده است. امیدبیگی (Omidbigi, 2003) به منظور مطالعه تأثیر اقلیم در باردهی زعفران، بطور همزمان در مزارع تحقیقاتی دو شهر نیشابور و فردوس (با اقلیم کاملاً متفاوت) تحقیقی انجام داده‌اند. در نهایت، اقلیم نیشابور را از نظر عملکرد کمی و کیفی مناسب‌تر دانسته‌اند. وفابخش (Vafabaksh, 2005) طی مطالعه‌ای روی پتانسیل‌یابی مناطق کشت زعفران در ایران، با تعیین اقلیم فرضی جنوب خراسان بر اساس حداکثر و حداقل‌های دما و بارش مناطق مساعد را برای کشت این محصول، براساس هایت‌گراف مشخص نموده و آذربایجان را به عنوان منطقه ریسک‌پذیر دانسته است؛ در حالی که توسعه کشت زعفران در سال‌های اخیر در شهرستان مرند عکس نظر مطرح شده می‌باشد. احمدیان (Ahmadian, 2006) در تحقیقی با عنوان بررسی مراحل فنولوژیک زعفران در ایران، طی سه سال تحقیق متوالی در جنوب خراسان خصوصیات فنولوژیکی گیاه، خصوصاً در دوره گل دهی را در ارتباط با پارامترهای اقلیمی اندازه‌گیری نموده‌اند و آن‌را بصورت شاخص فنولوژی تعریف کرده‌اند. ساجدی (Sajedi, 2007) در مطالعه مشابهت اقلیمی آذربایجان و خراسان جهت امکان‌سنجی کشت زعفران در آذربایجان، نشان داد که بین اقلیم خراسان و آذربایجان تشابه وجود دارد. همچنین از لحاظ دمایی خراسان برای رشد زعفران مناسب‌تر از آذربایجان است، در حالی که از لحاظ بارندگی آذربایجان مناسب‌تر است و در نهایت، به این نتیجه رسید که کشت زعفران در دشت‌ها و جلگه‌های آذربایجان از نظر اقلیمی امکان‌پذیر است. شیبانی (Sehybani, 2004) کمی نیاز آبی در طول دوره رشد زعفران، صادرات و ارز آوری، اشتغال‌زایی و جلوگیری از مهاجرت و سرانجام کمی آفات و امراض را از علل گسترش و رونق کشت زعفران در سال‌های اخیر دانسته است. مطالعاتی توسط رحیمی لک (Rahimi Lac, 2009)، آمبرشیت (Embrechts, 1998) و مارکیک (Manrique, 1984) در خصوص ارزیابی تناسب اراضی

شرایط خاص کشت گیاه زعفران از جمله تحمل به طیف وسیعی از تنش‌های محیطی، ایجاد اشتغال و ارز آوری باعث شده است که کشت این گیاه به طور ویژه‌ای در بسیاری مناطق کشور مورد توجه قرار گیرد. با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی که زعفران به آن نیاز دارد نیاستی انتظار داشت که این محصول از توزیع جغرافیایی گسترده‌ای در سطح جهان برخوردار باشد. مطابق با برخی مستندات تاریخی، اکثر مناطق زعفران‌خیز دنیا در گذشته و حال در عرض‌های جغرافیایی ۲۹ تا ۴۲ درجه شمالی از آسیای مرکزی در شرق تا اسپانیا در غرب پراکنده شده است. خارج از این محدوده، به دلیل مهیا نبودن شرایط رشد و نمو این گیاه تولید آن بسیار کم و نادر است (Abrishami, 1989). دوره رشد زعفران عمدتاً در فصول سرد سال اتفاق می‌افتد و از طرفی، بیشتر بارش‌های منطقه نیز در ماه‌های سرد سال است، ضمن اینکه خواب فیزیولوژیکی این گیاه در تابستان یعنی مصادف با ماه‌های خشک صورت می‌گیرد. همچنین رویش این گیاه در ماه‌های سرد سال و نیز دوره کوتاه گل دهی (چهار هفته) موجب می‌شود که اولاً نیاز آبی گیاه کم شود، ثانیاً موجب کمی آفات و بیماری‌ها می‌شود (Behnia, 1993). بری ابرقوی (Bari Abargoie, et al, 1999) ارتباط عمر زعفران‌زار با گل دهی در شرایط آب و هوایی کرج را مطالعه نموده است. رشید سرخ‌آبادی و همکاران (Rashid Sorkh Abadi et al., 2014) با تعیین نقشه پراکنش متغیرهای کیفیت آب و خاک جهت کشت زعفران در اراضی شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی نشان دادند که از مجموع مساحت شهرستان تربت حیدریه از نظر پهنه‌بندی کشت زعفران، ۸/۵ درصد دارای کیفیت بسیار مناسب، ۴۶/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۱۶/۵ درصد دارای شرایط نسبی برای کشت، ۱۷ درصد نامناسب و حدود ۱۱/۵ درصد از مساحت منطقه را نقاط کاملاً نامناسب می‌باشد. آنها مهمترین عامل محدود کننده تولید زعفران در درجه اول، کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک معرفی نمودند. جعفر بیگلو و مبارکی (Jafar Bigloo and Mobaraki, 2001) در تحقیقی با عنوان سنجش اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر

منابع آبی کشور استفاده از آب مجازی در کشت زعفران از راهکارهای مهم برای توسعه کشت این محصول در کشور می‌باشد (Pour Salehi et al., 2015). مطالعه دانش بومی زعفران و مقایسه آن با دانش رهیافت جدید برای کاهش خلاء عملکرد این محصول در شهرستان سرایان و سایر نقاط ایران محسوس است برای کاهش عملکرد آن باید تاریخ کشت و تراکم آن رعایت شود (Fallahi et al., 2015). الگوی کشت برای یک منطقه کشاورزی، با مجهولات فراوانی همراه است که با استفاده از الگوریتم فراکاوشی جهشی ترکیبی قورباغه‌ای الگوی کشت بهینه زعفران برای منطقه تعیین گردید (Sadeghi et al., 2015). هدف این پژوهش در راستای بررسی پتانسیل اقلیمی استان اردبیل به منظور بررسی تطابق شرایط اقلیمی برای تعیین مناطق مناسب کشت زعفران می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند راهکارهای اساسی برای توسعه کشاورزی، استفاده بهینه از اراضی متناسب با شرایط اقلیمی در این استان فراهم کند.

مواد و روش‌ها

استان اردبیل در شمال غربی ایران، با مساحت بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع، ۱/۰۹ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. مختصات جغرافیایی آن بین ۳۷ درجه ۲۵ دقیقه الی ۳۹ درجه ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه ۳ دقیقه الی ۴۸ درجه ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع است (شکل ۱).



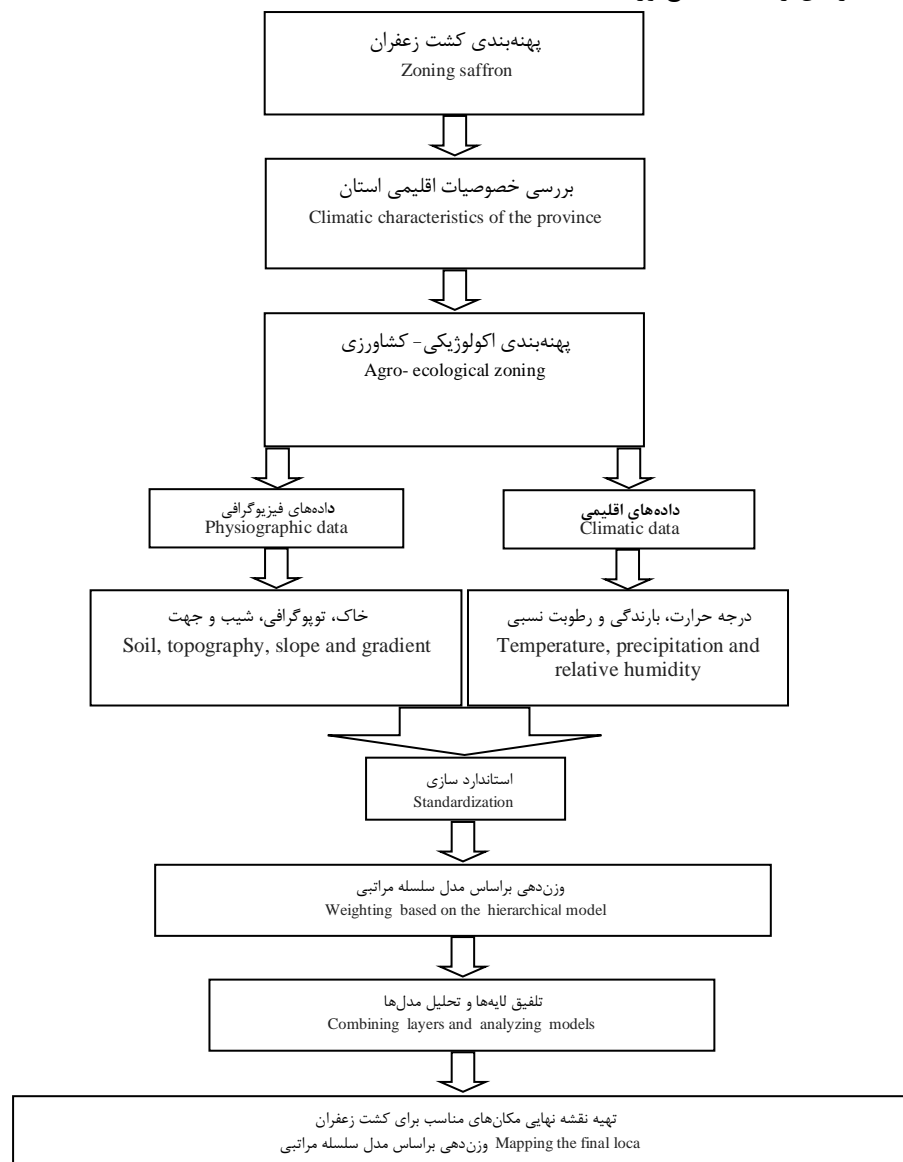
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان اردبیل.

Figure 1- Geographical location of Ardabil Province.

براساس داده‌های اقلیمی انجام گردید (Molina et al., 2005) موقعیت دما را در طول دوره رشد زعفران بررسی کردند و مناسب‌ترین دما را ۲۳ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد برای رشد این محصول گزارش نموده‌اند. عزیزی-زوهان و همکاران (Azizi-Zohan et al., 2008) ضریب گیاهی زعفران را بر اساس مدل‌های نیاز آبی محاسبه کرده‌اند. کوزه‌گران و همکاران (Kozehgran et al., 2011) با استفاده از حداکثر و حداقل دما در محیط GIS مناطق مناسب برای کشت زعفران را در خراسان جنوبی بررسی کرده‌اند. رشید سرخ‌آبادی و همکاران (Rashid Sorkh Abadi et al., 2014) طی مطالعه‌ای روی تعیین مکان مناسب برای زعفران براساس پارامترهای آب و خاک با استفاده از روش سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه به این نتیجه رسیدند که حدود ۵۵ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه برای کشت زعفران مناسب بوده و مهمترین عامل محدودکننده تولید زعفران، کیفیت نامطلوب آبیاری و خصوصیات خاک می‌باشد. در تحقیقی پیش‌بینی عملکرد با استفاده داده‌های هواشناسی با روش شبکه عصبی مصنوعی با نرم‌افزار Wingamma Test 2.1 در استان خراسان‌های رضوی و جنوبی مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیده‌اند که شبکه عصبی مصنوعی مقدار عملکرد زعفران را با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند (Nekouei et al., 2014). بررسی عملکرد زعفران در دو شرایط دیم و آبی در شهرستان خرم‌آباد با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه و سالانه با روش تجزیه واریانس تحلیل گردید و نتایج دیم و آبی به ترتیب ۷/۱۱۹۸ و ۷/۴۹۳ کیلوگرم در هکتار تولید نموده‌اند، لذا تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما توصیه گردید شرایط اقلیمی برای کشت دیم آن در این شهرستان امکان‌پذیر می‌باشد (Khademi et al., 2013). در مطالعه‌ی (Jafarzadeh et al., 2015) مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم روی نیاز آبی زعفران در خراسان جنوبی را انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که نیاز آبی زعفران افزایش ۶۷ میلی متری را در سال ۲۰۴۰ میلادی نشان می‌دهد. لذا استفاده بهینه از منابع آب در افق ۲۰ ساله استان بایستی برنامه‌ریزی گردد. زعفران گیاهی سازگار به اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد که فنولوژی آن براساس رشد اندام‌های زیرزمینی در سال اول دارای شش مرحله رشد می‌باشد (Koocheki & Seyyedi, 2015). به منظور تأمین

توصیفی و رقومی‌سازی داده‌های مکانی و ایجاد فضای توپولوژیک به وسیله نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی، بین اطلاعات توصیفی و لایه‌ها رابطه برقرار شد و سپس بر اساس شرایط کشت زعفران معیارها مشخص گردید. با توجه به تنوع اطلاعات روش سلسله مراتبی بعنوان مدل برای تحلیل مکانی انتخاب شد و بر اساس آن به همپوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد (شکل ۲).

به منظور فراهم کردن داده‌های مورد نیاز، ابتدا عناصر اقلیمی از جمله درجه حرارت (دمای سالانه، دمای طول دوره رشد زعفران و دمای حداقل)، بارندگی (بارش سالانه و بارش طول دوره رشد) و تعداد روزهای یخبندان ایستگاه‌های مورد مطالعه برای دوره آماری ۲۵ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۳ میلادی) جمع‌آوری گردید. سپس نقشه‌های عوامل اقلیمی از قبیل ارتفاع، شیب و خاک استان تهیه شد. در ادامه نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت زعفران تعیین گردید. در این راستا با جمع‌آوری اطلاعات



شکل ۲. مراحل تحقیق در مورد کشت زعفران.

Figure 2. The process of researching the saffron

نیازهای اکولوژی زعفران

زعفران گیاهی علفی، چندساله، بدون ساقه و پیاز دار است (Rashed Mohassel, 1988). مراحل رشد زعفران براساس اندام هوایی آن به سه مرحله تقسیم شده است (Kafi, et al, 2006). که در هر مرحله شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد.

۱- **مرحله رشد زایشی:** در این مرحله که معمولاً ۱۵ تا ۲۵ روز طول می‌کشد، گل‌های زعفران ظاهر می‌شود و زمان برداشت محصول نیز به حساب می‌آید. این مرحله همراه با سرد شدن هوا و تغییرات دمای روزانه در پاییز و معمولاً با افت دما به زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد شروع می‌شود مطلوب‌ترین دما برای تمایز گل‌ها در این مرحله ۹ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این دوره دمای شب از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای روز از ۲۲ درجه سانتی‌گراد نباید تجاوز نماید (Nokandi, 2001) همچنین افت دما به زیر پنج درجه سانتی‌گراد باعث کاهش محصول و وقوع یخبندان باعث از بین رفتن آن می‌گردد، بنابراین، محاسبه وقوع یخبندان در دوره گلدهی اهمیت زیادی دارد.

۲- **مرحله رویشی:** این مرحله پس از ظهور گل شروع می‌شود. شروع و خاتمه آن با توجه به وضعیت اقلیمی مناطق متفاوت بوده و در منطقه خراسان این مرحله از اواخر آبان شروع و خاتمه آن با توجه به وضعیت اقلیمی مناطق متفاوت است و طول آن حداقل ۶ ماه است. حداقل دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره ۱۸- تا ۲۲- درجه سانتی‌گراد بوده و این مرحله به آبیاری یا بارندگی نیاز دارد.

۳- **مرحله رکود:** این مرحله منطبق بر فصل گرم سال است و به عملیات زراعی خاصی نیاز ندارد و طول آن پنج ماه است حداکثر دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره ۴۰ درجه

سانتی‌گراد است. از نظر اقلیمی زعفران بیشترین تطابق را با الگوی بارندگی مدیترانه با میزان بارش ۴۰۰-۳۰۰ میلی‌متر و زمستان‌های پوشیده از برف دارد. زعفران در خاک‌های سبک با ترکیبی از شن و رس و خاک‌های با ساختمان متوسط و کم و بیش نرم با نفوذ خوب و دارای میزان مناسب مواد آلی باشند، بهتر به عمل می‌آید. از نظر توپوگرافی زمین‌های با شیب کمتر از هشت درصد و در ایران سطوح ارتفاعی بین ۱۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر برای کشت این محصول مناسب‌تر است.

مدل تحلیل سلسله مراتبی

این مدل با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود که شامل هدف‌ها، معیارها و گزینه‌های احتمالی که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرآیند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می‌شود که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آنها نشان داده می‌شود. چهار مرحله بعدی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه وزن (ضریب اهمیت) معیارها (زیرمعیارها)، گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود. برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها، آنها دو به دو با هم شدند می‌کنیم. مبنای قضاوت در این مقایسه جدول ۹ کمیتی (جدول ۱) است که بر اساس آن و با توجه به هدف بررسی، تمامی معیارها با یکدیگر دو به دو مقایسه شدند.

جدول ۱. مقیاس کمیته برای مقایسه دودوئی معیارها (Saaty, 2008).

Table 1. Scale quantitative criteria binary clock for comparison (Saaty, 2008).

توصیف Description	شدت اهمیت intensity Importance
1	با اهمیت و ارجحیت مساوی With equal impotence
3	با اهمیت و ارجحیت کمی بیشتر With impotence of slightly favors
5	با ارجحیت و اهمیت قوی With impotence of strongly favor
7	با ارجحیت خیلی قوی With impotence of very strong favors
9	با ارجحیت بی‌نهایت With impotence of extreme favors
2, 4, 6 and 8	ارزش‌های میانی Middle values

به منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی، ابتدا برای هر یک از آن‌ها ماتریس هندسی تشکیل (ماتریس ۱) و وزن نسبی آن‌ها محاسبه شد، سپس به تعیین وزن نسبی زیر معیارها و گزینه‌ها اقدام و وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین گردید (جدول ۲).

نتایج و بحث

در این تحقیق ابتدا اطلاعات مربوط به توپوگرافی، خاک و اقلیم به عنوان عوامل موثر و معیارهای اصلی انتخاب شدند و در ادامه زیر شاخه‌ها با توجه به شرایط کشت زعفران مورد بررسی قرار گرفتند.

ماتریس ۱. محاسبه معیارهای اصلی.

Matrix 1. Calculation of basic indicators.

	توپوگرافی Topography	عمق خاک Soil depth	اقلیم Climate
توپوگرافی Topography	1	1	1.7
عمق خاک Soil depth	1	1	1.9
اقلیم climate	7	9	1

ارتفاع و شیب محاسبه شده است. معیار اقلیم نیز از چهار زیر معیار تشکیل شده است که در ماتریس شماره ۳ محاسبه شده است.

تعیین ضریب اهمیت معیارها

همانطور که مشاهده می‌شود، مجموع ضریب اهمیت معیارهای سه گانه اصلی معادل عدد یک است (جدول ۲) و این نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است. برای بدست آوردن ضریب اهمیت زیرمعیارها براساس ماتریس شماره ۲ محاسبه می‌شود که در زیر برای معیار توپوگرافی دو زیر معیار

ماتریس ۲. محاسبه معیارهای توپوگرافی.
Matrix 2. Calculation of topographic criteria.

	ارتفاع Altitude	شیب Slope
ارتفاع Altitude	1	2
شیب Slope	1.2	1

ماتریس ۳. محاسبه معیارهای اقلیم.
Matrix 3. Calculate the climate criteria.

	بارش Precipitation	دما Temperature	یخبندان Frosts	حداقل دمای مطلق Minimum absolute temperature
بارش Precipitation	1	1.2	1.5	1.5
دما Temperature	1	1	1.5	1.3
یخبندان Frosts	5	5	1	3
حداقل دمای مطلق Minimum absolute temperature	5	3	1.3	1

که در آن J : امتیاز نهایی، W_k ضریب اهمیت معیار K ، W_i ضریب اهمیت زیر معیار و g_{ij} امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i (Zabardast, 2003).

ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیر معیارها در جدول ۲ ارائه شده که براساس نتایج محاسبات حاصل از ماتریس هر یک از داده‌های مورد مطالعه به دست آمده است. در جدول ۲ بر اساس روش AHP ارزش هر یک از شاخص‌های اصلی از قبیل اقلیم (۰/۷۹۸۷)، توپوگرافی (۰/۱۰۴۹) و عمق خاک (۰/۰۹۶۴) از یک محاسبه گردیده است. نقش اقلیم بیشتر از سایر شاخص‌های مورد مطالعه است. جدول ۲ علاوه بر محاسبه شاخص فرعی از قبیل، حداقل دما، یخبندان، دما، بارش، شیب، ارتفاع و عمق خاک زیر شاخه‌های

بعد از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها، ضریب اهمیت گزینه‌ها تعیین می‌شوند (جدول ۲) در این مرحله، ارجعیت هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیر معیارها و اگر زیر معیاری نداشته باشد (مانند عمق خاک) مستقیماً با آن معیار، مورد قضاوت قرار می‌گیرد.

تعیین امتیاز نهایی

در این مرحله از تلفیق ضرایب مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها بر اساس رابطه ۱ تعیین می‌شود که برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی ساعتی استفاده می‌شود که منجر به ایجاد «بردار اولویت» با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود (Saaty, 2008).

$$J = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m W_k W_i (g_{ij}) \quad (1)$$

هریک از داده‌ها را نیز براساس داده‌های عددی تعیین نموده است.

جدول ۲. وزن‌دهی پارامترهای موثر در کشت زعفران بر اساس مدل (AHP).

Table 2. Saffron weighting parameters in the model (AHP).

وزن نهایی Final weight	وزن نسبی Relative weight	عوامل فرعی Subordinate factors	وزن نسبی Relative weight	عوامل Factors	وزن نسبی Relative weight	پارامترهای کشت زعفران Saffron cultivation parameters
0.0548	0.6553	خوب Good				
0.0202	0.2897	متوسط Average	0.6666	ارتفاع Height		
0.0038	0.0548	ضعیف Weak			0.1049	توپوگرافی Topography
0.0229	0.6553	خوب Good				
0.0101	0.2897	متوسط Average	0.3333	شیب Slope		
0.0019	0.0548	ضعیف Weak				
0.0631	0.6553	خوب Good				
0.0297	0.2897	متوسط Average	0.0964			عمق خاک Depth soil
0.0052	0.0548	ضعیف Weak				
0.0298	0.5396	خوب Good				
0.0164	0.2969	متوسط Average	0.0693	بارش Precipitation		
0.009	0.1634	ضعیف Weak				
0.048	0.5369	خوب Good				
0.0264	0.2969	متوسط Average	0.1115	دما Temperature	0.7968	اقلیم Climate
0.0145	0.1634	ضعیف Weak				
0.2762	0.6369	خوب Good				
0.1119	0.2582	متوسط Average	0.5431	یخبندان Frosts		
0.0454	0.1047	ضعیف Weak				

وزن نهایی Final weight	وزن نسبی Relative weight	عوامل فرعی Subordinate factors	وزن نسبی Relative weight	عوامل Factors	وزن نسبی Relative weight	پارامترهای کشت زعفران Saffron cultivation parameters
0.1403	0.6369	خوب Good	0.2759	حداقل	0.2759	
0.0658	0.2582	متوسط Average		مطلق دما Minimum absolute temperature		
0.023	0.1047	ضعیف Weak				

کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد. قضاوت‌ها مورد قبول است در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. شاخص تصادفی با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول شماره ۳ قابل استخراج است.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

به تعداد معیارها (n) از جدول شماره ۳ قابل استخراج است.

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها است. مکانیزمی که برای سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری است (معادله ۲) و شاخص سازگاری (معادله ۳) که از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب قضاوت‌ها مورد قبول است در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. شاخص تصادفی با توجه

جدول ۳. شاخص تصادفی بودن (R.I.).

Table 3. Randomness index (R.I.).

10	9	8	7	6	5	4	3	2	N
1.49	1.45	1.41	1.22	1.24	1.12	0.9	0.58	0	R.I.

$$CI = \frac{L - n}{n - 1} \quad (5)$$

محاسبه ضریب سازگاری (CI) براساس معادله (۶)

$$CR = 0.005 < 0.1 \quad (6)$$

نتایج بررسی سازگاری‌ها در جدول ۴ ارائه شده است به طوری که مشاهده می‌شود شاخص سازگاری در همه موارد کمتر از ۰/۱ بوده که در نتیجه سازگاری در تمام قضاوت‌ها مورد قبول است. براساس روش AHP اگر میزان شاخص سازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، نتایج حاصل برای وزن‌دهی مناسب نیست. معیارهای اصلی، زیر معیارها و گزینه‌های مربوطه در این تحقیق که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد کمتر از شاخص سازگاری تعریف شده است.

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه حداکثر (λ_{max}) از L براساس معادله (۴) استفاده شد.

$$L = \frac{1}{n} [\sum_{i=1}^n (AW_i / W_i)] \quad (4)$$

$$L = \frac{1}{3} \left[\frac{0.3153}{0.1049} + \frac{0.29}{0.964} + \frac{2.4005}{0.7986} \right] = 3.0065$$

AW_i برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دو دوئی معیارها در بردار W_i محاسبه شاخص سازگاری (CI) براساس معادله (۵) انجام می‌شود.

جدول ۴. نتایج بررسی سازگاری معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در استان اردبیل.

Table 4. The results of the compatibility criteria, the criteria and options in Ardabil province.

شاخص سازگاری Index compatibility	گزینه Option	شاخص سازگاری Index Compatibility	زیر معیار following criteria	شاخص سازگاری Index Compatibility	
0.06	ارتفاع Height	0.01	توپوگرافی Topography	0.005	معیار Criterion
0.06	شیب Slope				
0.007	بارش Precipitation				
0.007	دما Temperature	0.04	اقلیم Climate	0.005	معیار Criterion
0.03	یخبندان Freezing				
0.03	حداقل دمای مطلق Absolute M T				
	0.06		عمق خاک Depth soil		

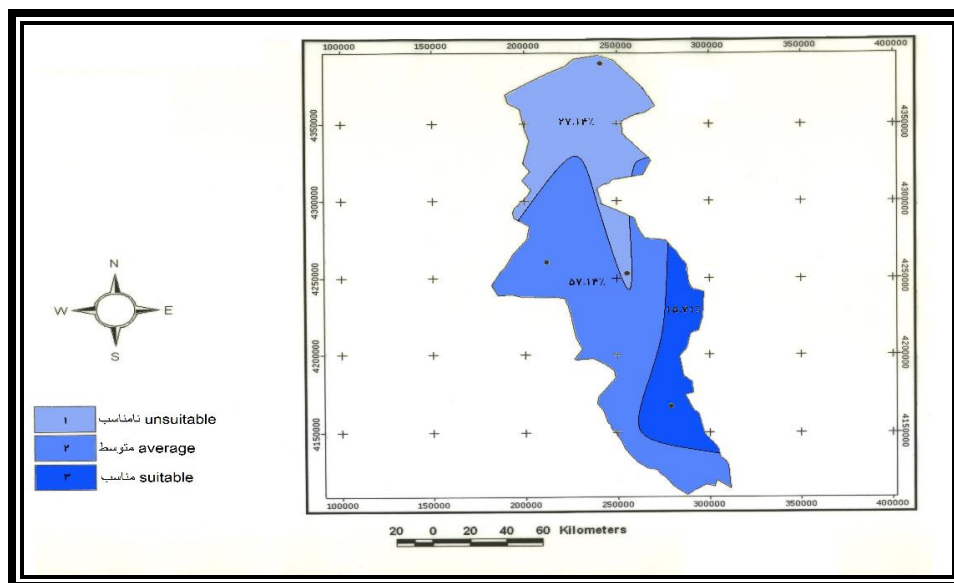
تلفیق داده‌ها

پهنه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کشت زعفران بر اساس

مقادیر بارش

با استفاده از مقادیر بارش سالانه و طول دوره رشد زعفران (اکتبر تا آوریل) نقشه قابلیت کشت زعفران بر اساس تلفیق نقشه‌های بارش سالانه و دوره رشد تهیه گردید (شکل ۳). نیاز

آبی این گیاه در طول دوره رشد ۳۰۰ میلی‌متر بوده که بالاترین نیاز آبی آن در فروردین و اوایل اردیبهشت است. با شروع بارندگی‌های پاییزه رشد گیاه شروع و با اتمام بارندگی‌های بهاره رشد آن پایان می‌یابد، در نتیجه بارندگی بیشترین تأثیر را بر رشد این گیاه دارد.



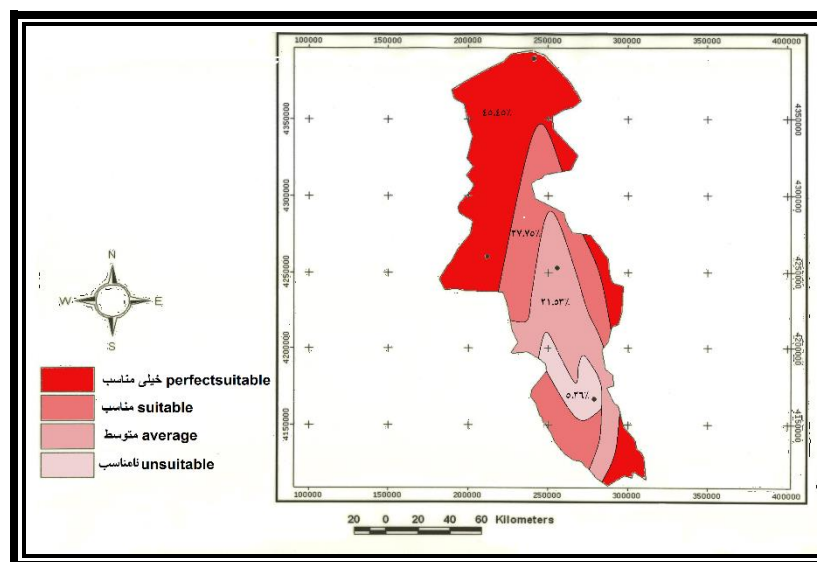
شکل ۳. پهنه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کاشت زعفران بر اساس مقادیر بارش در استان اردبیل.

Figure 3. The zoning of land for the cultivation of saffron capability based on rainfall amounts in Ardabil province.

نیز بالا بودن احتمال به وقوع پیوستن حداقل دمای مطلق می‌باشد. با تحلیل مکانی دمای ایستگاه‌ها با توجه به نیاز رویشی زعفران طول دوره رشد این گیاه زراعی حاصل شد (شکل ۴). نقشه رقومی توزیع دما از تلفیق دمای سالانه و دمای طول دوره رشد و دمای حداقل تهیه شده است.

پهنه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کشت زعفران بر اساس توزیع دما

در مطالعه دمای منطقه در ارتباط با کاشت زعفران مشخص شد که در برخی از نقاط استان اردبیل خطر ریسک‌پذیری برای کاشت زعفران بالا است و علت این محدودیت در مواقعی بالا بودن تعداد روزهای یخبندان به ویژه در دوران گلدهی و



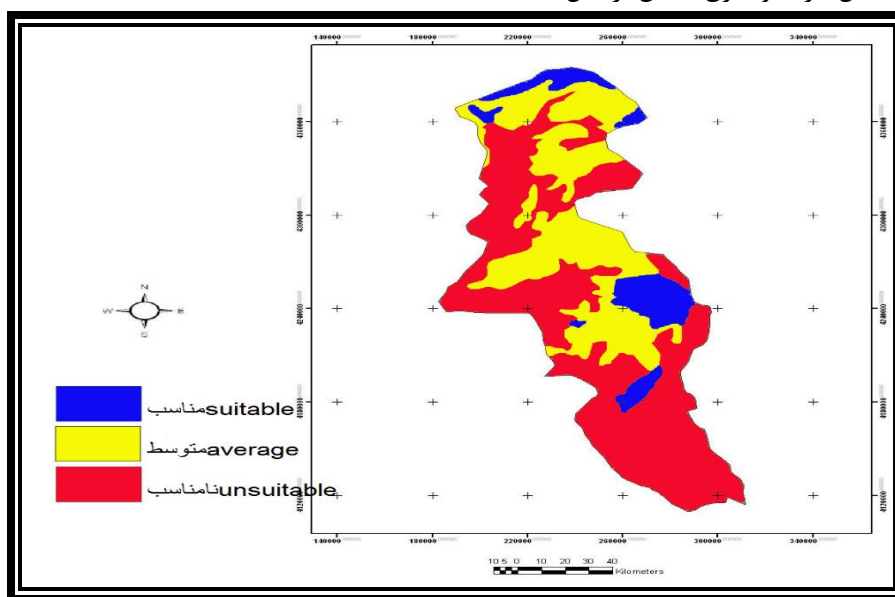
شکل ۴. پهنه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کاشت زعفران بر اساس مقادیر دما در استان اردبیل.

Figure 4. The zoning of land for the cultivation of saffron on temperature capability in Ardabil province.

ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر و شیب بیش از ۸ درصد و خاک کم عمق برای کاشت این محصول امکان‌پذیر نیست. همچنین در بعضی از نواحی که شیب کمتر است و ارتفاع آن نیز کمتر از ۲۵۰۰ متر است، اما بعلت خاک نامناسب برای کاشت این محصول با محدودیت شدیدی مواجه است و کشت آن اقتصادی نمی‌باشد. در نتیجه حدود ۱۶ درصد از نواحی شمال و مرکز استان براساس عوامل اقلیمی برای کشت زعفران میسر می‌باشد.

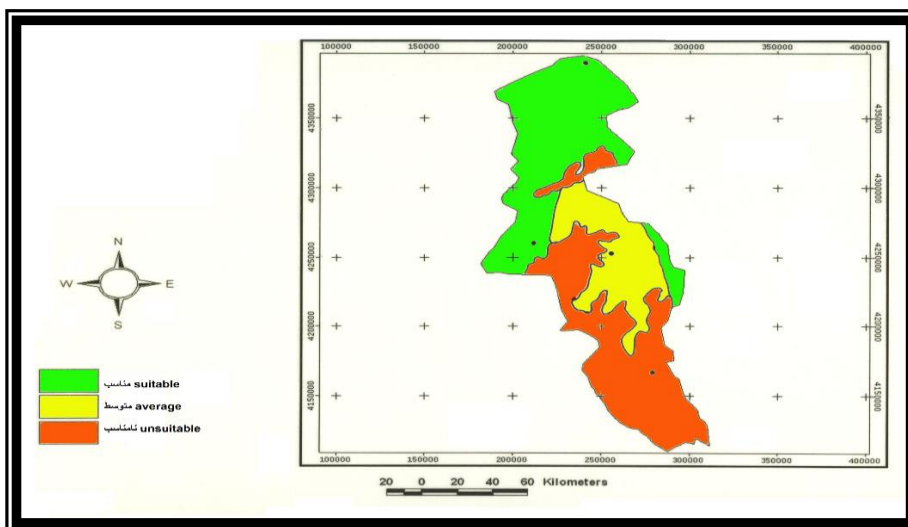
پهنه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کشت زعفران بر اساس عوامل اقلیمی

عوامل اقلیمی مورد استفاده در این تحقیق؛ ارتفاع، شیب و خاک می‌باشد که بعد از تهیه نقشه در محیط GIS و وزن‌دهی آنها براساس روش AHP با همدیگر تلفیق و نقشه پهنه‌بندی اراضی براساس عوامل اقلیمی تهیه گردید (شکل ۵). نتایج حاصل نشان می‌دهد که ارتفاع، شیب و خاک نقش محدود کننده در پهنه‌بندی زراعی دارند چنان‌که مشاهده می‌شود نواحی جنوب، غرب، شمال غرب و شرق استان اردبیل بعلت



شکل ۵. پهنه‌بندی کاشت زعفران بر اساس عوامل اقلیمی در استان اردبیل.

Figure 5. The zoning of saffron capability based on climatic factors in Ardabil province.



شکل ۶. نقشه پتانسیل کاشت زعفران در استان اردبیل.

Figure 6. Potential Map of saffron cultivation in Ardabil province.

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی منابع در اصل شامل تقسیم‌بندی عوامل محیطی به قسمت‌های قابل فهم و سپس ترکیب آن‌ها به نحوی که ارزیاب بتواند پتانسیل یا محدودیت منابع سرزمین برای کاربردی مورد نظر پی ببرد. در این تحقیق پس از وزن‌دهی به پارامترهای مؤثر در کشت زعفران براساس مدل AHP و انجام مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی به کمک GIS نقشه پهنه‌های مستعد کشت زعفران در استان اردبیل تهیه گردید (شکل ۶). در این نقشه سطح استان از نظر پتانسیل کشت زعفران به سه گروه طبقه بندی شده است. گروه اول شامل مناطق قابل کشت زعفران که حدود ۴۱ درصد از استان را در برمی‌گیرد. این گروه عمدتاً منطبق بر مناطق کشاورزی استان است و در صورت تأمین آب زراعی محدودیت عمده محیطی برای کشت زعفران وجود ندارد گروه دوم مناطقی هستند که از نظر کشت زعفران از شرایط نسبی برخوردارند و شامل مناطق کوهپایه‌ای است محدودیت محیطی عمده در این مناطق در درجه اول شیب زمین و نوع خاک و در درجه دوم محدودیت اقلیمی به ویژه عامل برودت در مراحل رشد زایشی و رویشی این گیاه است که حدود ۲۰ درصد استان را تشکیل می‌دهد. گروه سوم پهنه‌هایی از استان را در بر می‌گیرد که فاقد شرایط لازم برای کشت زعفران می‌باشند. براساس نتایج حاصل از تحلیل‌های فضایی عوامل مختلفی سبب نامناسب بودن این مناطق شده است. در نواحی مرتفع کوهستانی محدودیت عمده محیطی به

علت شیب زیاد، ارتفاع زیاد و در نتیجه برودت شدید هوا و عدم وجود خاک مناسب می‌باشد که ۳۹ درصد استان را در بر می‌گیرد. در ارزیابی توان محیط زیست برای کشت یک محصول، تمامی معیارها هم‌وزن نیستند. برخی از معیارها به عنوان عامل کلیدی عمل می‌نمایند، یعنی نبودن آنها یا آماده نشدن شرایط مناسب برای آنها، حتی اگر سایر پارامترها نیز وجود داشته باشند، باعث خواهد شد که منطقه مورد بررسی نامناسب ارزیابی گردد. به همین دلیل جهت حصول رتبه‌بندی اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌های مناسب برای کشاورزی، فاکتورها وزن‌دهی می‌شوند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، تأثیر مقادیر دما و یخبندان در مراحل رشد زعفران در استان اردبیل نسبت به سایر عوامل مؤثر است، زیرا دماهای پایین در دوره رشد، بخصوص در زمان گلدهی این گیاه زراعی، در عملکرد و کیفیت بسیار مهم بوده و حتی در میزان محصول در سال بعد هم اهمیت بسزایی دارد. پارامتری دیگری که نقش مهم در مراحل فنولوژی زعفران دارد. مقادیر بارش در طول دوره رشد است که در استان اردبیل با توجه به بالا بودن بارندگی و نیز همسو بودن زمان بارندگی با دوره رشد زعفران، می‌توان کشت زعفران را از لحاظ بارندگی در تمامی نقاط آن انجام داد، ولی از آنجا که زعفران در طول دوره رشد به حداکثر ۳۰۰ میلی‌متر آب نیاز دارد، مشاهده می‌شود که هرچه از شمال به سمت جنوب و جنوب شرقی حرکت کنیم شرایط مطلوب‌تری از نظر بارندگی برای کاشت این گیاه وجود خواهد داشت.

- Alizadeh, A., 2001. Evapotranspiration saffron. *Geographical Research Quarterly*. 54, 29-43. [In Persian]
- Azizi-Zohan, A.A., Kamgar, H., Sepaskhah, A.R., 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi arid region of Iran. *Journal of Arid Environments*. 72(3), 270-278. [In Persian with English Summary]
- Bari, Abargiie., Ghalavand, A., Mazaheri, D and Normohamadi, G., 1999. Connction life of with flowering saffron climate condition in Karaj. *Journaj Nivar*, 41, 20-35. [In Persian with English Summary]
- Barry, A.G.H., 2001. Lifetime relationship with flowering meadow saffron in Karaj weather conditions. *Nyvar Journal*. 41, 56-68. [In Persian]
- Behnia, M., 1993. *Saffron Agriculture*, Tehran University Press, Tehran, Iran. [In Persian]
- Bigelow, J.M., Zahra, M., 2001. Evaluation of Qazvin land for saffron cultivation methods based on multi-criteria decision. *Geography Research*. 66, 119-101.
- Kafi, M., Ghangali, A., Nezami, A., Shareatmadar, F., 2004. *Saffron Production and Processing Technology*. Publishing Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [In Persian]
- Embrechts, J., 1988. Physical land evaluation using a parametric method application to Oil palm plantation in north – Sumatra, Indonesia. *Regional Pedology and Land Evaluation*. 8, 111-122.
- Fallahi, H.R., Alami, S., Behdani, M.A., Aghhavani Shajari, M., 2015. Evaluation of local and scientific knowledge in saffron agronomy (Case study: Sarayan). *Journal of Saffron Research*. 3(1), 31-50. [In Persian with English Summary]
- Jafarzadeh, A., Khashei-Siuki, A., Shahidi, A., 2015. Modeling of climate change effects on saffron water requirement in south Khorasan province by GIS. *Journal of Saffron Research*. 3(2), 163-174. [In Persian with English Summary]
- Jiagin Y.H., 1997. An AHP decision model for facility location selection. *Journal of the Facilities*. 15, 58.
- Khademi, K., Sepahvand, A., Siahmansour, R., Mohammadian, A., Ahmadi, S., 2014. Study of saffron yield in dry land farming and irrigated conditions in a period of six years in the city of Khorramabad Province. *Journal of Saffron Research*. 1(2), 110-119. [In Persian with English Summary]
- Kilic, S., 2005. Developing a suitability index for land uses and agricultural land cover: case study in Turkey. *Environment*. 102, 323-335.
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., 2015. Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) during growing period. *Journal of Saffron Research*. 2, 163-174. [In Persian with English Summary]
- Kozehgran, S., Mousavi B.M., Behdani, M.A., 2011. Investigation of the temperature minimum, mean and maximum in south Khorasan saffron to identify suitable area using GIS. *Journal of Soil and Water*. 25, 892-904. [In Persian with English Summary]
- Manrique, L., 1984. Proposed land suitability classification for potato. *Soil Science of American Journal*. 48, 843-847.
- Mohammad, H., 2007. The feasibility of saffron climate in the southern city of Sabzevar, Tehran. *Desert*. 10, 223-250. [In Persian with English Summary]
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., 2005. Temperature effect on flowers formation in saffron. *Scientia Hoticulture*. 103, 361-379.
- Nekouei, N., Behdani, M.A., Khashei-Siuki, A., 2014. Predicting saffron yield from meteorological data using expert system, Razavi and South Khorasan Provinces. *Journal of Saffron Research*. 2(1), 15-33.
- Osie, B.A., 1993. Evaluation of some soil in south western Nigeria for arable crop production. *Soil Science and Plant Analysis*. 24, 757-773.
- Qodse Poor, Q. H., 2007. *Analytical Hierarchy Process AHP*. Amirkabir University of Technology., Tehran, Iran. [In Persian]
- Pour Salehi, F., Khashei Siuki, A., Bidokhti, Z., 2015. Changes in pattern and cultivation intensity based on virtual water with the saffron centrality (Case Study: Birjand plain). *Journal of Saffron Research*. 3(1), 18-30. [In Persian with English Summary]
- Rahimi Lake, H., Taghizadeh, R., 2009. Qualitative and quantitative land suitability evaluation for olive production in Roodbar, Region, Iran. *Agricultural Journal*. 2, 52-62.
- Rashed Mohassel, M.H., 1988. Identification and Distribution of gender saffron in Iran, the first seminar of saffron, Cain city.
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A., Khashei S.A., 2014. Determination of suitable region for saffron cultivation based on water and soil characteristics using hierarchical analysis process method (Case Study: Torbate Hydariyeh City). *Journal of Saffron Research*.

- 2, 58-72. Iran. [In Persian with English Summary]
- Saaty, T.L., 2008. Hierarchies and Priors in Saaty, with Models: Mathematical Models in Physical and Social Sciences, Oxford. Pergamon Press.
- Sadeghi Tabas, S., Khashei Siuki, A., Pourreza Bilondi, M., Hashemi, S.R., 2015. Effects of social, political and economic criteria on optimization of saffron cropping pattern by using shuffled frog leaping algorithm. *Journal of Saffron Research*. 3(2), 122-133. [In Persian with English Summary]
- Sajedi, S.A., 2007. Study the feasibility of the similarity of climate in Azerbaijan and Khorasan saffron in Azerbaijan, MS Thesis, School of Humanities and Social Sciences. University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]
- Sheibani, D., 2004. History of saffron in the world, *Bulletin of the Institute of Regional Studies*. 4, 12-6.
- Waf Baceh, C., 2005. The potential issue of Iranian saffron, saffron festival, Cain.
- Zabardast, A., 2003. Application of Analytical Hierarchy Process in Urban and Regional Planning, Faculty of Fine Arts Magazine, Tehran University. 10, 21-13. [In Persian]



Agroclimatic Zoning cultivation Saffron in Ardabil Province using of method AHP

Behrouz Sobhani^{1*}

1- Associate Professor of Climatology, Faculty of Agriculture and Natutral Resource, University of Mohaghegh Ardabili - Ardabil

*- Corresponding author E-mail: sobhani@uma.ac.ir

Received 13 February 2015; Accepted 28 September 2015

Abstract

Weather is one of the important effective factors on life of all exists that effects human and him activities. In last decades very scientific and principled methods related to climate and its use has been invited that one of these usages is in agriculture. In present research has been tried for finding new and suitable environment for planting of Saffron in Ardabil province. For this purpose has been used statistics data of annual raining, the rain of growing period, annual temperature, the temperature of growing period, the temperature of least (minority), the temperature of iced, high, steep, aspect of saffron physiology. In the beginning ecologic needs of agricultural plant saffron, have been supplied and so have been studied with standard decision methods for example step by step exploration. With these methods some informations have been produced and their assessment have been accomplished with pay attention to ecologic need by AHP method and at last with co incidence method in GIS environment integrated with each other. After that by composing of all climatic factors and elements has been planed the final plane of capacity of lands for saffron planting in Ardabil province. Last results shows that 41% of Ardabil province have suitable conditions for planting, 20% contain average conditions and 39 % have unsuitable conditions for planting of saffron in Ardabil province.

Keywords: Ardabil Province, Analytical Hierarchy Process, Gegraphic Information System.