



پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: شهرستان سمنان)

علی شهیدی^{۱*}، عباس خاشعی سیوکی^۱ و احمد عربی^۲

۱- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بیرجند

* نویسنده مسئول: Email: ashahidi@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۰

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران‌بهاترین محصول کشاورزی و دارویی جهان از جمله گیاهانی است که با توجه به مقاومت در برابر خشکی نقش قابل توجهی در زمینه صادرات غیرنفتی ایران دارد. از طرفی، شرایط اقلیمی از مهمترین متغیرهای محیطی تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. همچنین اساس توسعه کشاورزی آگاهی دقیق از ویژگی‌های محیطی در هر منطقه می‌باشد. در نتیجه شناسایی مناطق مستعد جهت کشت، زمینه را برای برنامه‌ریزی‌های لازم جهت گسترش کشت این محصول فراهم می‌کند. در این تحقیق، سعی شده است که با ارزیابی شرایط اقلیمی مناطق مستعد کشت زعفران در شهرستان سمنان پهنه‌بندی شوند. بدین منظور چهار ایستگاه هواشناسی استان در یک دوره آماری ده ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۵) انتخاب و به کمک نرم‌افزار Arc GIS 9.3 مدل‌سازی و تحلیل اطلاعات صورت گرفت. با توجه به شرایط اقلیمی مناسب هر مرحله از رشد، لایه‌های اطلاعاتی کلاس‌بندی و وزن‌دهی شدند. به منظور تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده گردید. در نهایت، نقشه پتانسیل اقلیمی کشت زعفران در شهرستان سمنان تهیه گردید. مقایسه دو روش نشان داد که در روش AHP مساحت منطقه خوب ۵۹/۵ درصد، منطقه متوسط ۳۴/۵ درصد و منطقه ضعیف ۶ درصد از سطح شهرستان را شامل می‌شود، اما در روش ANP مساحت منطقه خوب ۳۲ درصد، منطقه متوسط ۴۸ درصد و منطقه ضعیف ۲۰ درصد از سطح شهرستان را در بر می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اقلیمی کشت، تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل شبکه‌ای

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل مؤثر در فعالیتهای انسان‌ها به‌ویژه در بخش کشاورزی، آب و هوا است؛ به‌طوری‌که کاشت گیاهان در هر منطقه‌ای باید با توجه به شرایط اقلیمی انجام شود (Mohamadi, 2006). یکی از راه‌های اساسی برای تولید و ارتقاء فعالیت‌های زراعی، استفاده بهینه از اراضی متناسب با شرایط اکولوژیک آنها است (Farajzade & Taklobighash, 2001). به عبارت دیگر، با توجه به تنوع اقلیمی و شرایط محیطی، محصولاتی برای کشت انتخاب شود که توسعه اقتصادی آن را در پی داشته باشد (Nokandi, 1990).

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. و نام عمومی Saffron گران‌بهارترین گیاه زراعی و ادویه‌ای است و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به جای تن و کیلوگرم، مثقال و گرم می‌باشد. زعفران از خانواده زنبق است و 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-توران دارای زمستان سرد و تابستان گرم، گسترش دارد. زعفران گیاهی چندساله است که از طریق پیاز ازدیاد حاصل نموده و محصولی استراتژیک برای ایران است. علی‌رغم وجود سوابق طولانی زعفران در فرهنگ‌ها و تمدن‌های بشری، امروزه کشت این گیاه در دنیا بسیار محدود است، به‌طوری‌که بیش از ۹۵ درصد زعفران جهان در ایران تولید و عرضه می‌شود (Kafi et al., 2002).

زعفران به دلایلی مثل ارزش اقتصادی بالا و اینکه دوره رویشی و زمان محصول‌دهی آن منطبق بر فصل گرم سال نبوده و متفاوت از سایر محصولات زراعی است، دارای اهمیت خاص می‌باشد. این ویژگی ممتاز سبب می‌شود تا از نظردوره زمانی بکارگیری نیروی انسانی و تخصیص آب زراعی با سایر محصولات تفاوت داشته باشد. بنابراین، امکان سنجی کشت آن به کاهش مصرف آب در دوره گرم سال کمک می‌کند (Jafabeyglu & Mobaraky, 2008).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱ را تکنولوژی اطلاعات فضایی می‌نامند که امکان آزمون و تجزیه و تحلیل دامنه وسیع‌تری از منابع مرتبط با کشاورزی را بطور دقیق فراهم می‌آورد. مدل‌سازی فضایی از مهمترین راهکارهایی

است که با روش علمی شرایط بهتری را برای سنجش تناسب اراضی بوجود آورد. با توجه به اینکه سنجش تناسب اراضی نیاز به لحاظ نمودن معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۲ (MCDA) استفاده شود (Jafabeyglu & Mobaraky, 2008). در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از روش سلسله مراتبی^۳ (AHP) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۴ (ANP) استفاده شده است.

فرآیند سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌ها برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا امکان فرموله کردن را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد (Qodsipor, 2005).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل‌دهنده این ساختار که اجزاء تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. بنابراین، یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی موارد صادق نباشد و در چنین شرایطی، نتیجه روش AHP ممکن است موجب برعکس شدن رتبه‌ها شود. به عبارت دیگر، با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییر کند. بنابراین، باید در استفاده از روش AHP اندکی محتاط بود، زیرا کلیه مسائل و مشکلات برنامه‌ریزی لزوماً دارای ساختار سلسله مراتبی نیستند (Zebardast, 2002). این محدودیت عمده AHP باعث شد تا روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ارائه و معرفی شود که در آن ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر گرفته می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و

2- Multi criteria decision making

3- Analytical hierarchy process

4- Analytic Network Processes

1- Geographic information systems

درصد دارای شرایط متوسط برای کشت و ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ده درصد از اراضی دارای وضعیت ضعیف هستند (Rashid Sorkhabadi et al., 2014). نتایج مطالعه دیگر رشید سرخ‌آبادی و همکاران (Rashid Sorkhabadi et al., 2015) روی تعیین مکان‌های مناسب کشت زعفران بر اساس عوامل آب و خاک با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که از مساحت شهرستان تربت حیدریه از نظر پهنه‌بندی، ۸/۵ درصد دارای کیفیت بسیار مناسب، ۴۶/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۱۶/۵ درصد دارای شرایط نسبی، ۱۷ درصد نامناسب و حدود ۱۱/۵ درصد از مساحت منطقه را نقاط کاملاً نامناسب برای کشت زعفران در بر می‌گیرد. این محققان مهمترین عامل محدودکننده تولید زعفران در درجه اول، کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک معرفی نمودند.

بدلیل آنکه تاکنون مطالعه‌ای در مورد پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در شهرستان سمنان صورت نگرفته است، در این مطالعه سعی بر آن است که با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش تحلیل شبکه‌ای، شرایط اقلیمی شهرستان سمنان براساس نیازهای زعفران بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان سمنان در جنوب رشته کوه البرز و شمال دشت کویر قرار گرفته است. آب و هوای آن خشک و معتدل است و از شمال با شهرستان ساری، از شرق با شهرستان دامغان، از غرب با شهرستان آرادان و از جنوب با کویر و استان اصفهان همسایه است. در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۳۰ متر است (شکل ۱). با توجه به نقشه کاربری اراضی شهرستان و قرار گرفتن قسمت جنوبی در دشت کویر، در نقشه بعدی این قسمت حذف شده است. در جدول ۱ الگوی کشت فعلی و عملکرد محصولات در منطقه سمنان نشان داده شده است.

شکل گسترده آن محسوب می‌شود (Saaty, 1999) که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها در حال افزایش است.

در پژوهشی نیازهای اکولوژیکی و محیطی برای رشد زعفران با استفاده از مدل سلسله مراتبی AHP ارزش‌گذاری و سپس در محیط نرم‌افزار Arc GIS مناطق مناسب و مساعد جهت کشت زعفران در استان مرکزی را شناسایی کردند. نتایج نشان‌دهنده کارایی روش سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بوده و تعیین شد که نواحی مرکزی و جنوبی این استان شرایط مناسب‌تری را برای کشت زعفران دارند (Mohammadi et al., 2011).

با استفاده از روش AHP مناطق جدید از نظر اقلیمی برای کشت زعفران در استان اردبیل مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ۴۱ درصد استان دارای شرایط مناسب، ۲۰ درصد دارای شرایط متوسط و ۳۹ درصد دارای شرایط نامناسب برای کاشت این محصول است (Sobhany, 2011).

نتایج تحقیقی روی ارزیابی استعداد اراضی شهرستان تربت‌حیدریه برای کشت زعفران بر اساس پارامترهای اقلیمی با روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که ۹/۹۷ درصد از سطح شهرستان دارای وضعیت بسیار مناسب، ۸۱/۵۶ درصد دارای وضعیت مناسب و بقیه ضعیف و نامناسب بود (Hasanzade & Golkar, 2014).

اطلاعات ماهیانه مربوط به ساعات آفتابی شهرستان‌های دارای کشت زعفران استان خراسان رضوی در یک دوره ۲۰ ساله و نیز عملکرد زعفران در این دوره گردآوری و با استفاده از نرم‌افزار SPSS اقدام به رگرسیون‌گیری شد. نتایج نشان داد که در اکثر این شهرها با کاهش تعداد ساعات آفتابی در اسفند ماه، عملکرد زعفران افزایش می‌یابد (Bashiry et al., 2014).

نتایج تحقیقی روی ارزیابی شرایط اقلیمی کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه با نرم‌افزار GIS مدل سازی و تحلیل فضایی اطلاعات و تهیه نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی زعفران با روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که چهار درصد از اراضی شهرستان دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷

جدول ۱. الگوی کشت و عملکرد محصولات در منطقه سمنان

Table 1. Cropping patterns and yield in the Semnan region

ردیف Row	محصول Plant	تولید (تن) Production (tons)
1	گندم آبی Irrigated Wheat	95918
2	نخود آبی Irrigated chickpea	81
3	پنبه Cotton	15732
4	چغندر قند Sugar beet	79589
5	سیب Apple	24280
6	زردآلو Apricot	52320
7	انگور Grape	64689
8	پسته Pistachios	10055
9	گردو Walnut	105
10	زعفران Saffron	0.2

ماخذ: آمارنامه جهاد کشاورزی (۱۳۹۴)

Reference: Ministry of Agriculture Jihad statistics (2015)

مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی انتخاب و معیارها با استفاده از این روش میان‌یابی شدند.

جهت ترسیم نقشه واقعی و دقیق هم بارش نیز ابتدا بین داده‌های آماری بارش با ارتفاع ایستگاه مورد نظر یک آزمون همبستگی خطی انجام شد. از طریق معادله $y=ax+b$ مقدار a و b تعیین و سپس نقشه مدل ارتفاعی منطقه در ضرایب a و b اعمال شد تا مقدار بارش مورد نظر برای تمامی نقاط ارتفاعی پهنه مورد بررسی مطالعه شود. سپس بر اساس مدل AHP و ANP به ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام گردید. در شکل ۲ فهرست معیارهای مورد بررسی و زیر شاخه‌های آن‌ها نشان داده شده است.

در این تحقیق، برای تعیین وزن کلی و ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی، از نظرات کارشناسی استفاده شد. پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice و نرم‌افزار Super Decision لایه‌های اطلاعات مکانی مورد نیاز به‌وجود آمدند.

به‌طور کلی، نرخ ناسازگاری معیاری است جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های زوجی و مقدار آن باید

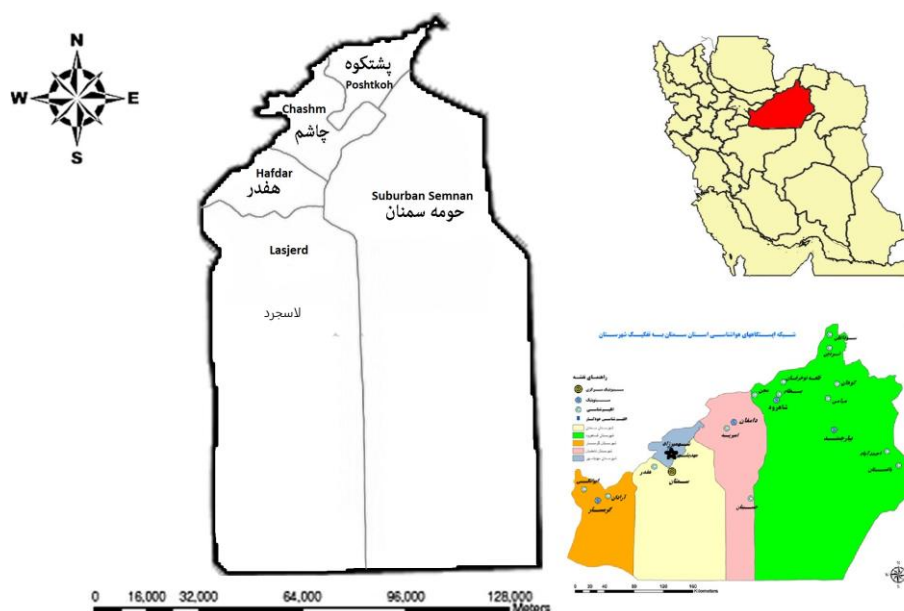
در این تحقیق از یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۵) و اطلاعات چهار ایستگاه هواشناسی (شهمیرزاد، مهدیشهر، امیریه و هفدر) استفاده گردید که موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

به منظور پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران، روش سلسله مراتبی (AHP) و روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) به عنوان مدل انتخاب و با استفاده از آن به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 انجام شد. جهت تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان سمنان برای کشت زعفران، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، به منظور پهنه‌بندی منطقه از روش‌های زمین‌آمار (شامل کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی، کوکریجینگ ساده، کوکریجینگ معمولی، کوکریجینگ معمولی استاندارد شده و میانگین متحرک وزنی به‌صورت عکس فاصله) داده‌های نقطه‌ای معیارهای تصمیم‌گیری در سطح دشت به روش رگرسیون خطی میان‌یابی شدند که کمترین میانگین مربع خطا (RMSE)^۱ به عنوان

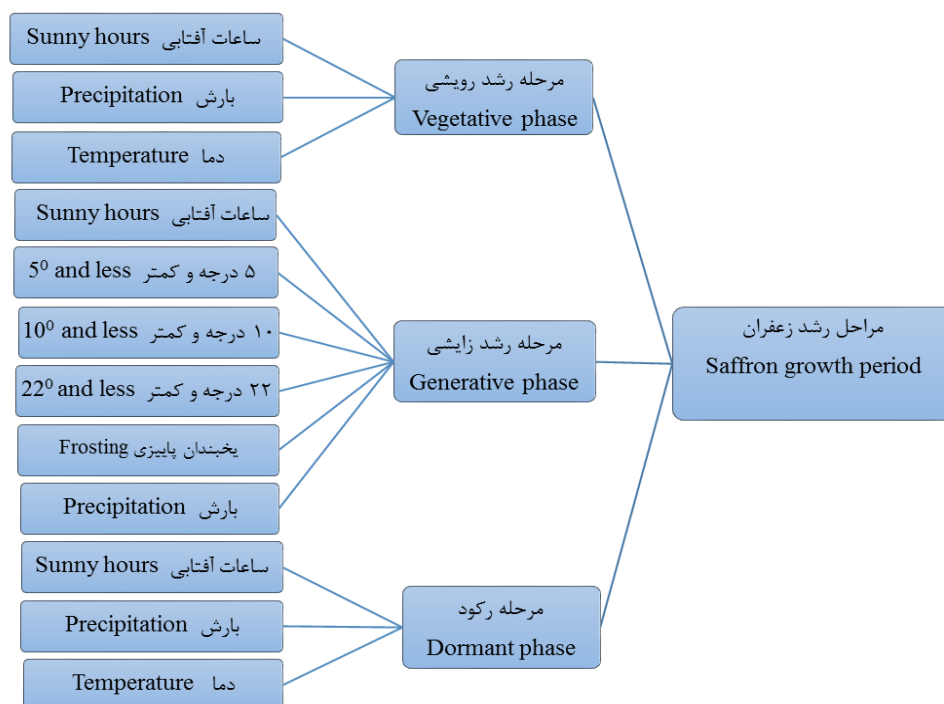
1- Root mean square error

به کمک نرم‌افزار GIS صورت گرفت و پس از انجام مدل-سازی فضایی و هم‌پوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید.

کمتر از ۰/۱ باشد (Dey & Ramcharan, 2000). با توجه به معیارهای مورد نظر نظیر دما، بارش، تعداد ساعات آفتابی و یخبندان (شکل‌های ۳ تا ۱۴) تجزیه و تحلیل‌ها



شکل ۱. موقعیت قرارگیری شهرستان سمنان در ایران
Fig. 1. Position of Semnan city in Iran



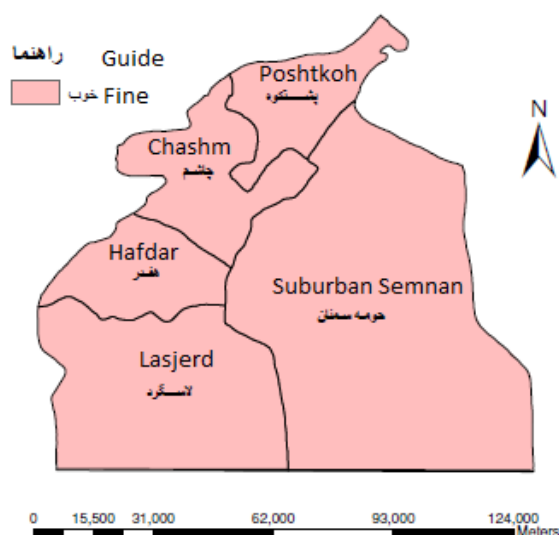
شکل ۲. عوامل مؤثر در پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران
Fig. 2. Effective factors in climatic zonation for saffron cultivation

نتایج و بحث

توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب در مراحل رشد زعفران

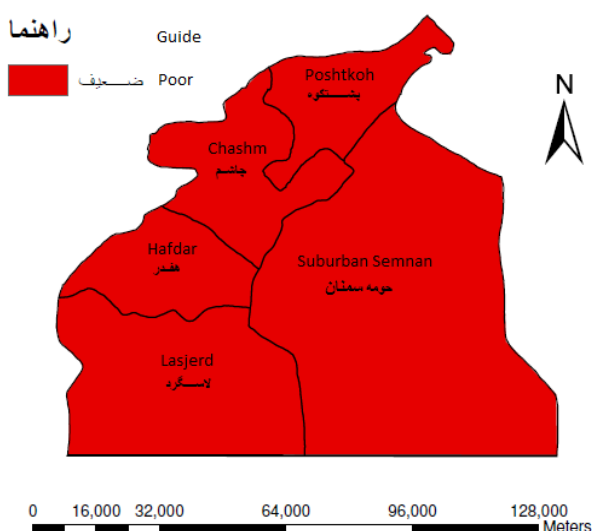
با توجه به شکل‌های ۳ تا ۸ از نظر احتمال وقوع دمای صفر و ۵ درجه سانتی‌گراد، تمام نقاط شهرستان وضعیت مطلوبی دارند. اگر آستانه‌های دمایی در مرحله گلدهی مقدار پایینی

را داشته باشد، به علت سرمازدگی باعث کاهش شدید عملکرد محصول می‌شود لذا از نظر دمای کمینه درخصوص رشد و عملکرد در منطقه بابت کشت زعفران مشکلی وجود ندارد که نتایج رشید سرخ‌آبادی و همکاران (Rashid Sorkhabadi et al., 2014) نیز این مطلب را تایید می‌کند.



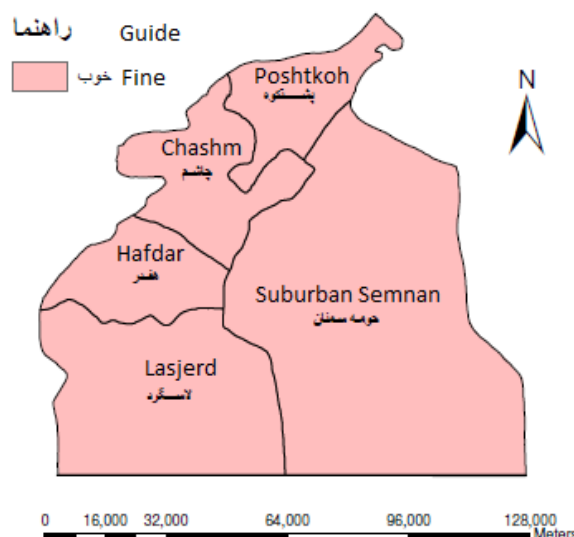
شکل ۴. توزیع جغرافیایی احتمال وقوع یخبندان پاییزی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 4. Geographical distribution of probability of autumnal glacial in reproductive stage for saffron crop



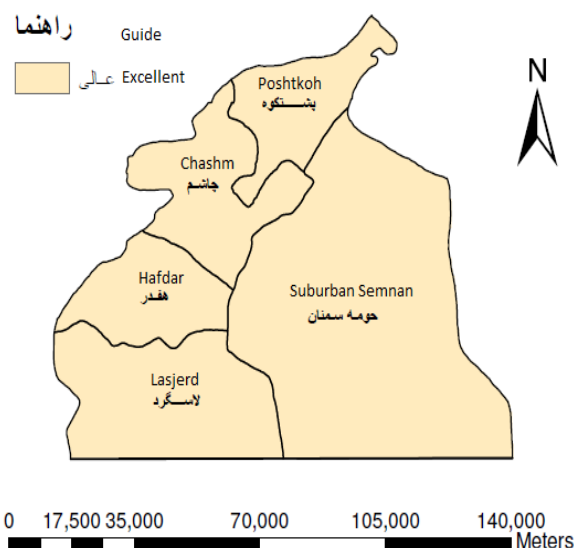
شکل ۶. توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 6. Geographical distribution of probability of 10°C temperature and less in reproductive stage for saffron crop



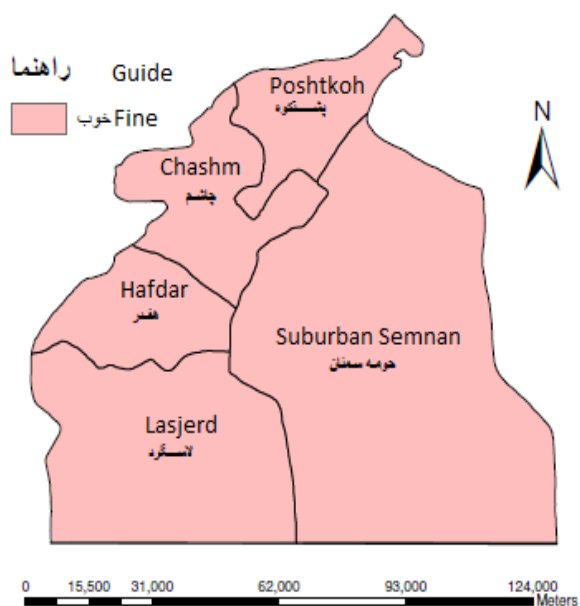
شکل ۳. توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 3. Geographical distribution of probability of 5°C temperature and less in reproductive stage for saffron crop



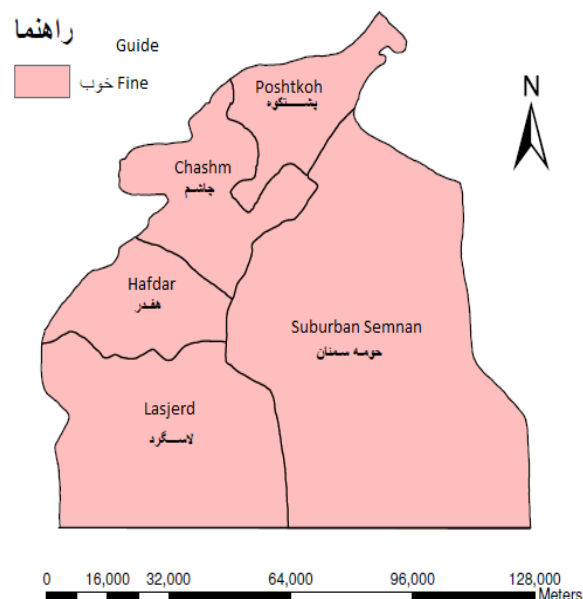
شکل ۵. توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 5. Geographical distribution of probability of 22°C temperature and less in reproductive stage for saffron crop



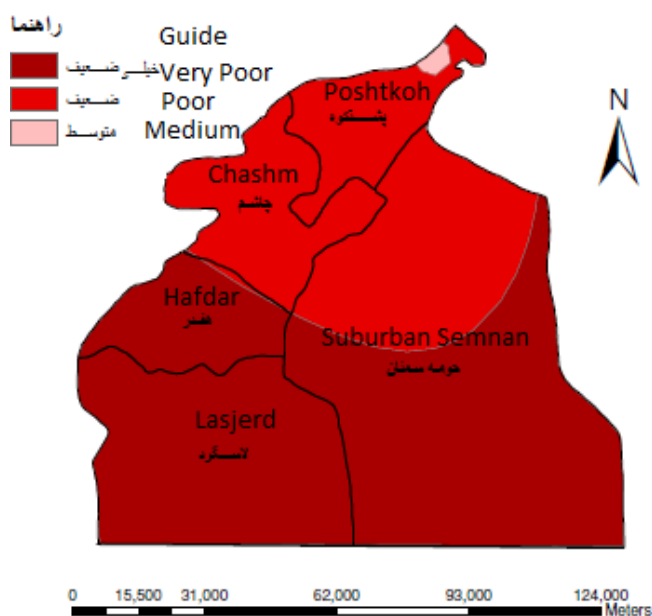
شکل ۸. توزیع جغرافیایی حداکثر دما در مرحله رکود زعفران

Fig. 8. Geographical distribution of maximum temperature in dormancy stage for saffron crop



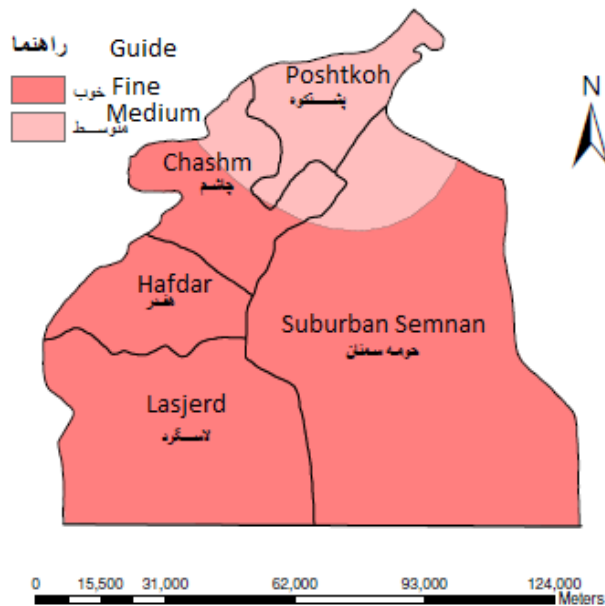
شکل ۷. توزیع جغرافیایی حداقل دما در مرحله رویشی زعفران

Fig. 7. Geographical distribution of minimum temperature in vegetative phase for saffron crop



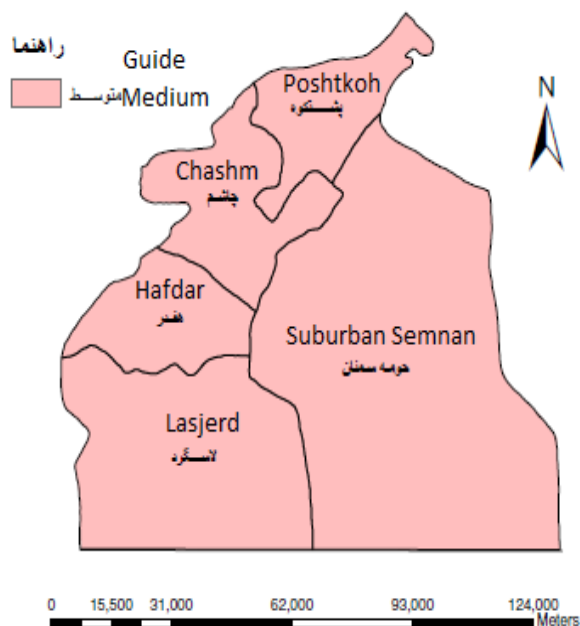
شکل ۱۰. توزیع جغرافیایی بارش در مرحله رویشی زعفران

Fig. 10. Geographical distribution of precipitation in vegetative stage for saffron crop



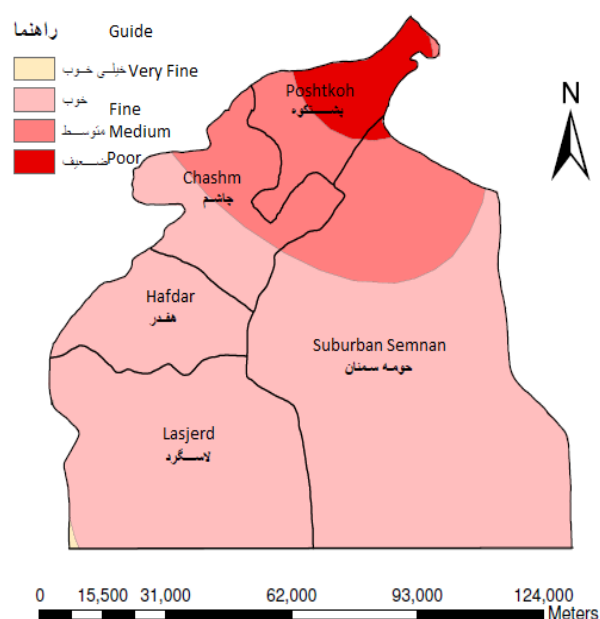
شکل ۹. توزیع جغرافیایی بارش در مرحله زایشی زعفران

Fig. 9. Geographical distribution of precipitation in reproductive phase for saffron crop

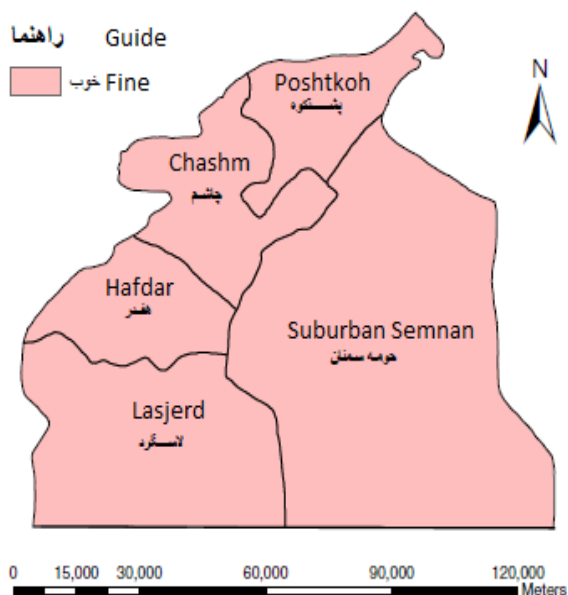


شکل ۱۲. توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 12. Geographical distribution of sunny hours in reproductive stage for saffron crop

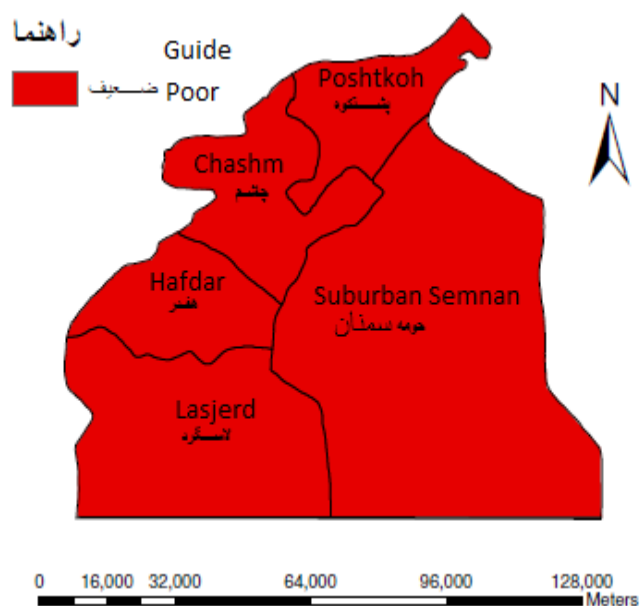


شکل ۱۱. توزیع جغرافیایی بارش در مرحله رکود زعفران
Fig.11. Geographical distribution of precipitation in dormancy stage for saffron crop



شکل ۱۴. توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی در مرحله رکود زعفران

Fig. 14. Geographical distribution of sunny hours in dormancy stage for saffron crop



شکل ۱۳. توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی در مرحله رویشی زعفران

Fig. 13. Geographical distribution of sunny hours in vegetative stage for saffron crop

2008) می‌بایست نسبت به تامین آب در این مرحله اقدام کرد. همانگونه که در شکل ۱۱ نیز مشاهده می‌شود، قسمت اعظم شهرستان دارای وضعیت خوب و متوسط می‌باشد و با در نظر گرفتن این نکته که بارندگی در مرحله رکود برای گیاه مضر است (Mohammadi et al., 2011)، محدودیتی از این نظر در شهرستان دیده نمی‌شود.

توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی در مراحل رشد زعفران

با توجه به شکل‌های ۱۲ و ۱۴ در کلیه مناطق شهرستان تعداد ساعات آفتابی مورد نیاز (در مرحله رشد زایشی ۱۰ ساعت، در مرحله رشد رویشی ۱۲ ساعت و در مرحله رکود نه ساعت) تأمین شده است. در شکل ۱۳ وضعیت ضعیفی مشاهده می‌شود، اما با توجه به این مسئله که تأثیر تعداد ساعات آفتابی در مرحله رشد رویشی کمتر از مرحله رشد زایشی است (Koozehgaran et al., 2011) محدودیت خاصی وجود ندارد.

امتیاز نهایی برای هریک از پارامترها و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در مکان‌یابی توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد که نتایج در شکل‌های ۱۵ تا ۱۷ نشان داده شده است. ANP در جدول ۲ نشان داده شده است.

با اعمال وزن‌های AHP در نقشه‌های ۳ تا ۱۴، پهنه بندی مناطق مستعد کشت زعفران باتوجه به پارامترهای اقلیمی برای مراحل مختلف رشد انجام گرفت که نتایج در شکل‌های ۱۸ تا ۲۰ نشان داده شده است.

در مورد احتمال وقوع دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و کمتر تمام نقاط شهرستان دارای وضعیت عالی می‌باشند، اما در مورد احتمال وقوع دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و کمتر کلیه نقاط شهرستان دارای وضعیت ضعیف می‌باشند. پایین بودن آستانه دمایی در این دو مرحله که از شرایط آغاز دوره گلدهی می‌باشد، می‌تواند باعث شود تا گیاه سبزینه دهد (Nokandi, 1990). با توجه به این‌که گلدهی زعفران توسط دما کنترل می‌شود (Kafi et al., 2001) و دوره گلدهی حساس در عملکرد می‌باشد، در صورتی‌که سایر شرایط فراهم باشد، می‌توان عملکرد خوبی را در این مناطق انتظار داشت.

با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ و با در نظر گرفتن این نکته که حداکثر بردباری زعفران به سرما در مرحله رشد رویشی ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای قابل تحمل به گرما در مرحله رکود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد است (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008) از این نقطه نظر نیز کلیه نقاط شهرستان دارای شرایط خوبی هستند.

توزیع جغرافیایی میزان بارندگی در مراحل رشد زعفران

با توجه به شکل ۹، اکثر مناطق شهرستان در وضعیت مطلوبی از نظر مقدار بارش در مرحله گلدهی (مرحله رشد زایشی) می‌باشند و از این نظر محدودیتی ندارند. همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، تمام مناطق شهرستان دارای وضعیت ضعیف و خیلی ضعیف می‌باشند و با توجه به این نکته که بارندگی بیشترین تأثیر را در رشد زعفران در مرحله رشد رویشی دارد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008)،



شکل ۱۵. امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 15. The final score and inconsistency rate of climatic parameters in reproductive stage for saffron crop



شکل ۱۶. امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رویشی زعفران

Fig. 16. The final score and inconsistency rate of climatic parameters in vegetative stage for saffron crop



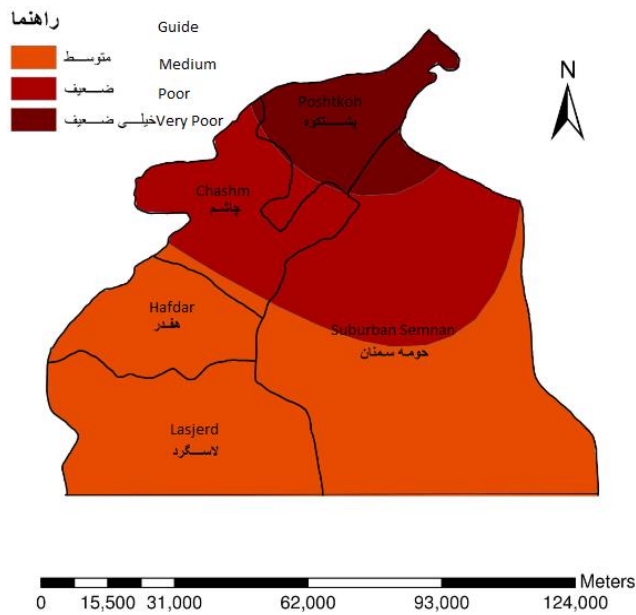
شکل ۱۷. امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رکود زعفران

Fig. 17. The final score and inconsistency rate of climatic parameters in dormancy stage for saffron crop

جدول ۲. وزن نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش ANP

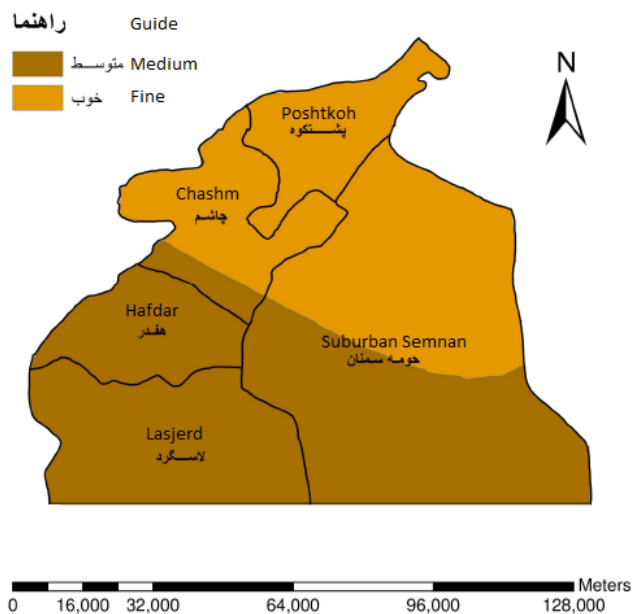
Table 2. The final weigh using ANP

مرحله رشد Growth Phase	گزینه‌ها Options	وزن نهایی The Final Weigh
مرحله زایشی Generative Phase	بارش Precipitation	0.043
	یخبندان پاییزی Autumnal Glacial	0.044
	۱۰ درجه و کمتر 10 ⁰ and less	0.043
	۲۲ درجه و کمتر 22 ⁰ and less	0.051
	۵ درجه و کمتر 5 ⁰ and less	0.043
	ساعت آفتابی Sunny Hours	0.042
	دما Temperature	0.046
مرحله رویشی Vegetative Phase	بارش Precipitation	0.075
	ساعت آفتابی Sunny Hours	0.042
	دما Temperature	0.046
	دما Temperature	0.059
مرحله رکود Dormant Phase	بارش Precipitation	0.07
	ساعت آفتابی Sunny Hours	0.048
	دما Temperature	0.059
	دما Temperature	0.059



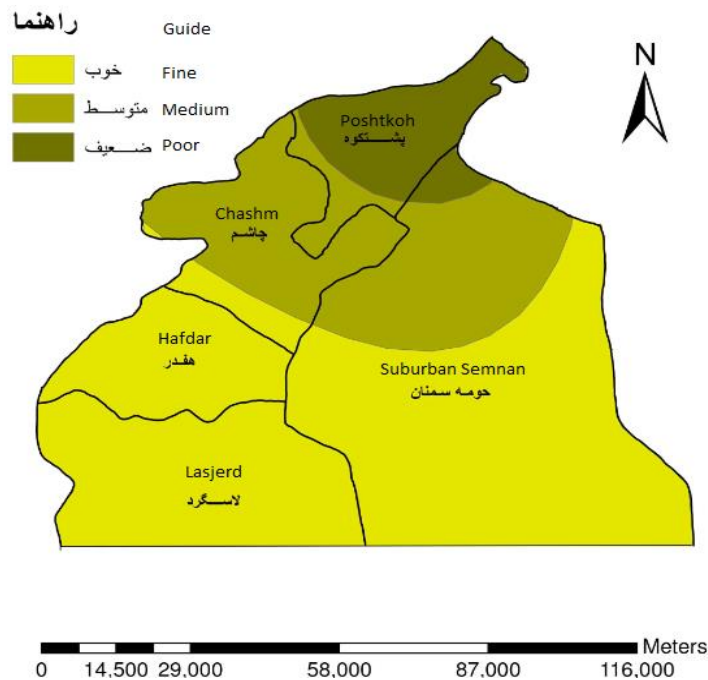
شکل ۱۹. نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رشد رویشی

Fig. 19. Climatic potential in vegetative stage for saffron



شکل ۱۸. پتانسیل یابی اقلیمی کشت زعفران در مرحله رشد زایشی

Fig. 18. Climatic potential in reproductive stage for saffron plant



شکل ۲۰. نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رکود

Fig. 20. Climatic potential of saffron cultivation in dormancy stage

شکل ۲۰ نتایج پهنه‌بندی شرایط اقلیمی برای مرحله رکود را نشان می‌دهد. بر این اساس:

- مساحت منطقه مناسب حدود ۷۰/۵ درصد می‌باشد که تمام نیمه جنوبی و قسمتی از نیمه شمالی شهرستان اعم از منطقه لاسگرد، هفدر و قسمت میانی و جنوبی شهر سمنان می‌باشد.

- منطقه متوسط در نیمه شمالی شهرستان شامل منطقه چاشم و شمال شهر سمنان می‌باشد که ۲۲ درصد از مساحت شهرستان را شامل می‌شود.

- حدود ۷/۵ درصد از مساحت شهرستان نیز ناحیه ضعیف را که در محدوده منطقه پشتکوه می‌باشد، شامل می‌شود.

با تلفیق نقشه‌های مربوط به مراحل رشد زایشی، رویشی و رکود و نقشه کاربری اراضی شهرستان سمنان، نقشه نهایی پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران (شکل ۲۱ و ۲۲) تهیه شد که شامل سه کلاس می‌باشد. البته شامل مناطق بسیار مناسب (درجه ۱) دارای شرایط اقلیمی مناسب و عملکرد بالا نمی‌باشد.

براساس کلاس‌های تعریف شده و با توجه به نقشه پهنه‌بندی شرایط اقلیمی مرحله رشد زایشی در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود که:

- منطقه مناسب شامل ۲۷ درصد از مساحت شهرستان بوده و در قسمت شمال و شمال شرق شهرستان قرار دارد.

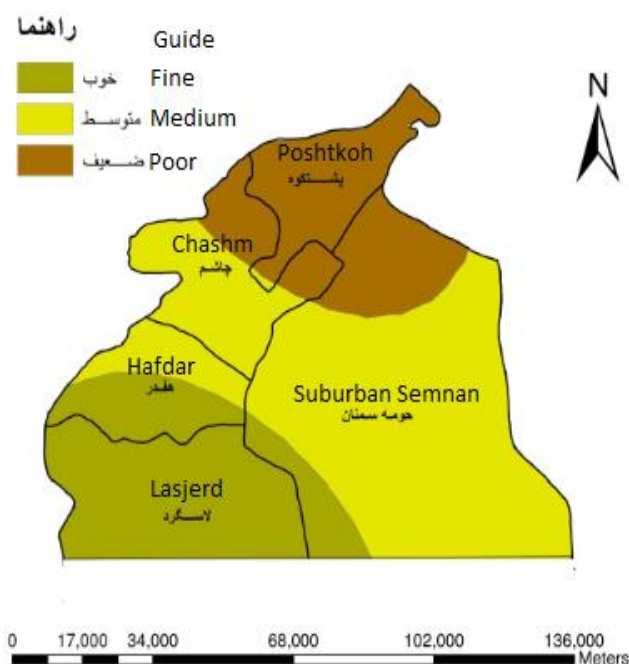
- منطقه متوسط شامل سایر نقاط شهرستان یعنی ۷۳ درصد از مساحت بوده که در نیمه جنوبی شهرستان قرار گرفته است.

در مورد نقشه پهنه‌بندی شرایط اقلیمی در مرحله رویشی و با توجه به شکل ۱۹:

- منطقه متوسط مساحتی در حدود ۷۳ درصدی را به خود اختصاص داده و در نیمه جنوبی شهرستان واقع شده است.

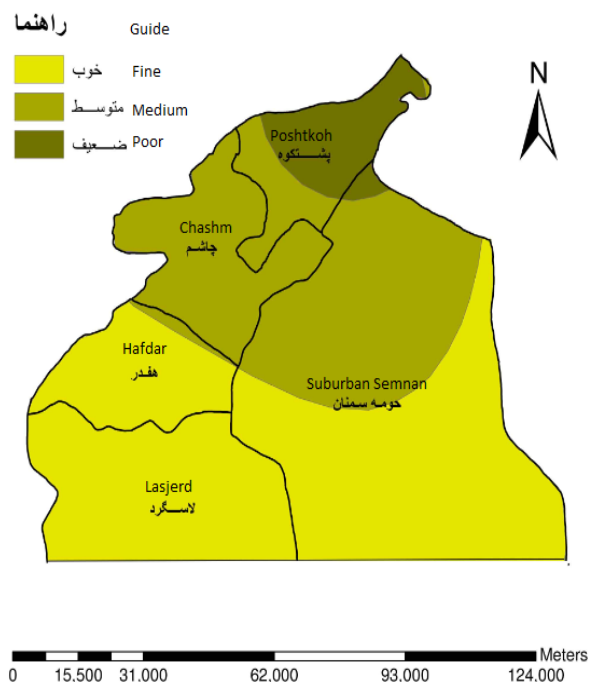
- مساحت منطقه ضعیف ۲۱ درصد بوده که شامل بخش میانی نیمه‌بالایی شهرستان بوده و دربرگیرنده قسمت شمالی شهرستان و قسمت اعظم منطقه چاشم می‌باشد.

- منطقه بسیار ضعیف در قسمت شمالی شهرستان در منطقه پشتکوه واقع شده و مساحت آن ۶ درصد می‌باشد.



شکل ۲۲. پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران شهرستان سمنان به روش ANP

Fig. 22. Climatic potential of saffron cultivation by using ANP in Semnan city



شکل ۲۱. پهنه‌بندی اقلیمی کشت زعفران شهرستان سمنان به روش AHP

Fig. 21. Climatic potential of saffron cultivation by using AHP in Semnan city

نتایج حاصله با هم متفاوت‌اند از آزمون کای‌اسکوئر استفاده شده است. آزمون کای‌اسکوئر با یک فرض صفر و یک فرض یک آغاز شد.

H_0 : نتایج حاصل از هر دو روش AHP و ANP نزدیک به هم و مشابه می‌باشند.

H_1 : نتایج حاصل از هر دو روش AHP و ANP با همدیگر تفاوت معنی‌دار دارند.

در جدول ۳ تعداد پیکسل‌های طبقات مختلف در هر دو نقشه و در جدول ۴ نتایج حاصل از آزمون کای‌اسکوئر نشان داده شده است.

جدول ۳. تعداد پیکسل‌های کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی
Table 3. The number of pixels of different classification classes

کلاس‌های طبقه‌بندی Classification classes	AHP	ANP
خوب Best	422952	226420
متوسط Medium	245241	339630
ضعیف Weak	42651	141512
جمع کل Total	710844	707562

۱- مناطق مناسب (درجه ۲): از نقطه نظر سازگاری اقلیمی این منطقه ضعیف‌تر از منطقه درجه ۱ می‌باشد، اما کشت زعفران در این مناطق می‌تواند عملکرد قابل قبولی را داشته باشد. در روش AHP حدود ۵۹/۵ درصد و در روش ANP، ۳۲ درصد از مساحت شهرستان در این کلاس قرار دارد که نیمه جنوبی و جنوب غرب شهرستان را شامل می‌شود.

۲- مناطق متوسط (درجه ۳): چون این منطقه از لحاظ شرایط اقلیمی کیفیت بالایی ندارد، احتمال کاهش عملکرد وجود دارد. لذا لازم است قبل از کشت برنامه‌ریزی‌های لازم انجام شود. در روش AHP حدود ۳۴/۵ درصد و در روش ANP، ۴۸ درصد از مساحت شهرستان در این منطقه قرار گرفته است.

۳- مناطق ضعیف (درجه ۴): به دلیل شرایط اقلیمی ضعیف در این مناطق کشت زعفران مقرون به صرفه نیست. در روش AHP، ۶ درصد و در روش ANP ۲۰ درصد از مساحت شهرستان که شامل قسمت اعظم منطقه پشتکوه - می‌باشد در این ناحیه قرار گرفته است. علت اصلی محدودیت این منطقه شرایط نامناسب دما و بارش در مرحله زایشی و شرایط نامناسب بارش در مرحله رکود است. در نهایت، برای پاسخ به این سوال که آیا هر دو روش AHP و ANP نتایج مشابه و نزدیک به هم را ارائه کرده‌اند یا اینکه

جدول ۴. نتایج آزمون کای اسکوئر

Table 4. Chi-square test results

متغیر Value	درجه آزادی df	سطح معنی‌داری Asymp. Sig. (2-sided)
کای اسکوئر پیرسون Pearson Chi-Square	12.000 ^a	0.213
نسبت احتمال Likelihood ratio	11.090	0.270
رابطه‌های خط به خط Linear-by-linear association	2.286	0.131
تعداد متغیرها N of variables	4	

نتایج حاصل از هر دو روش تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. مقایسه‌ای از دو روش نشان داد که در روش AHP مساحت منطقه خوب ۵۹/۵ درصد، منطقه متوسط ۳۴/۵ درصد و منطقه ضعیف ۶ درصد از سطح شهرستان را شامل می‌شود، اما در روش ANP مساحت منطقه منطقه خوب ۳۲ درصد،

همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است، با توجه به اینکه مقدار Sig مشخص شده برابر با ۰/۲۱۳ و بیشتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین، فرض H_0 یعنی نتایج حاصل از هر دو روش AHP و ANP نزدیک به هم بوده و پذیرفته می‌شود و لذا فرض H_1 رد می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت، بین

که بخش قابل توجهی از شهرستان سمنان از قابلیت‌های لازم برای کشت زعفران برخوردار بوده و باتوجه به ویژگی‌های خاص این محصول، جایگزینی کشت آن با محصولاتی که مصرف آب بالایی دارند می‌تواند مورد مطالعه مسئولین شهرستان قرار گیرد، زیرا کشت آن در کنار سایر محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطقی که با کمبود آب و افت سطح سفره‌های زیرزمینی مواجهند مفید است. در نهایت براساس نتایج حاصله قسمت‌های مرکزی و جنوبی به عنوان مستعدترین مناطق می‌باشند که با توسعه کشت در این مناطق می‌توان توسعه اقتصادی و ارزش افزوده را برای این منطقه رقم زد. البته علاوه بر عوامل اقلیمی سایر عناصر مانند ارتفاع، شیب، نوع خاک و آب مورد استفاده نیز در کشت زعفران مؤثر می‌باشند و با بررسی این عوامل می‌توان به نتایج دقیق‌تری دست یافت.

منطقه متوسط ۴۸ درصد و منطقه ضعیف ۲۰ درصد از سطح شهرستان را در بر می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر پتانسیل یابی اقلیمی کشت زعفران در شهرستان سمنان با استفاده از داده‌های آماری ۱۰ ساله صورت گرفته است. هدف اصلی این مقاله تعیین نواحی مستعد کشت زعفران با توجه به برخی متغیرهای اصلی در آن در شهرستان سمنان می‌باشد. مقایسه بین دو روش (ANP و AHP) نشان داد که در روش AHP مساحت منطقه خوب ۵۹/۵ درصد، منطقه متوسط ۳۴/۵ درصد و منطقه ضعیف ۶ درصد از سطح شهرستان را شامل می‌شود، اما در روش ANP مساحت منطقه خوب ۳۲ درصد، منطقه متوسط ۴۸ درصد و منطقه ضعیف ۲۰ درصد از سطح شهرستان را در بر می‌گیرد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد

منابع

- Bashiri, M., Seyedi, M., and Tosan, M., 2014. The effect of sunny hours on the performance of saffron in the Khorasan Razavi. The Second National Conference on Science and Research Saffron, Mashhad, Iran. [in Persian].
- Dey, P.K., and Ramcharan, E.K., 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. J. Environ. Manag. 88, 1384-1395.
- Faraj Zadeh, M., and Taklobighash, A., 2001. The agro climatic of Hamedan province by using geographical information system. Geog. Res. J. 41, 44-49. [in Persian with English Summary].
- Hasan zadeh, A., and Golkar, M., 2014. Talent evaluation of city land Torbat for Saffron cultivation based on climatic parameters. The Second National Conference on Science and Research Saffron, Research Saffron, Mashhad, Iran. [in Persian].
- Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z., 2008. The land proportion in Qazvin province for Saffron cultivation based on Multi Criteria Decision making method. J. Natural Geog. Res. 66, 101-119. [in Persian with English Summary].
- Kafi, M., Hemmati Kakhaki, A., and Karbasi, A.R., 2002. History, Economic Importance, Cultivated Area, Production and Saffron Usage. Ferdowsi University of Mashhad, Iran p. 21-38. [in Persian].
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2001. Saffron: Technology of production and processing. Zaban and Adab Publication, Mashhad, Iran 276 pp. [in Persian].
- Koozehgran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, S.H., and Behdani, M.A., 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in South Khorasan to identify relevant area for saffron cultivation using GIS. J. Soil Water 25(4), 892-9040. [in Persian with English Summary].
- Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M., 2011. Climatic, potentials assessment for saffron cultivation in Marvdasht. Geog. Environ. Plann. J. 43(3), 143-158. [in Persian with English Summary].
- Mohammadi, H., 2006. Applied Climatology. Tehran University Press, Tehran, Iran. Pp. 116-129. [in Persian].
- Nokandi, A.K., 1990. Effects of climatic factors on Saffron Cultivation in South Khorasan. Msc Thesis, Isfahan University. Isfahan, Iran. [in Persian with English Summary].
- Qodsi Por, H., 2005. Analytic Hierarchy Process (AHP). Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. [in Persian].

- Rashid Sorkhabadi, M., Shahidi, A., and Khashei, A., 2014. Saffron cultivation zoning based on climatic factors using the AHP. J. Agroecol. 7(2), 235-236. [in Persian with English Summary].
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A., and Khashei-Siuki, A., 2015. Determination of suitable region for saffron cultivation based on water and soil characteristics using hierarchical analysis process method (Case study: Torbate Hydariyeh City). J. Saffron Res. 2(1), 58-72. [in Persian with English Summary].
- Saaty, T.L., 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process, ISAHP, Kobe, Japan.
- Sobhani, B., 2011. Agro climatic zoning cultivation Saffron in Ardabil. The First National Conference on Agricultural Meteorology and Water Management. Tehran University, Tehran, Iran. [in Persian].
- Zebardast, E., 2002. The application of analytic hierarchy process in urban and regional planning. Honar-Ha-Ye-Ziba. 13(10), 12-21. [in Persian with English Summary].



Climatic Zoning Saffron (*Crocus sativus* L.) Cultivation using Analytical Hierarchy Process and Analytic Network Process (A Case Study: Semnan City)

Ali Shahidi^{1*}, Abbas Khashei Siuki¹ and Ahmad Arabi²

1- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, University of Birjand, Iran.

2- Masters Student, Department of Irrigation and Drainage, University of Birjand, Iran.

*Corresponding author E-mail: ashahidi@birjand.ac.ir

Received 3 March 2017; Accepted 30 April 2017

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a valuable crop and medicinal plant, including with respect to withstand drought significant role in Iran's non-oil exports. Climate is one of the most important in environmental variables. In addition, accurate knowledge of the agricultural products characteristics in every area is the basis of agricultural development. Identification of potential areas for cultivation sets the stage for essential planning for expansion of this crop is essential operation. In this study tried to zone potential areas for saffron crop in Semnan city by assessing climatic conditions so, four weather stations were selected in a statistical 10- year period (during 2004-2014). Modeling and data analysis were performed by using Arc GIS software. According to climatic conditions, suitable for each stage of saffron growth cycle, information layers were classified and weighted. Analytical Hierarchy Process (AHP) and Analytic Network Process (ANP) were used for integrating information layers. Finally, climatic zoning map of cultivation saffron in Semnan city was drawn. At this study, AHP and ANP techniques were compared. AHP results showed about 59.5, 34.5 and 6 percent of the city were best, average and weak for saffron cultivation, respectively. But in ANP method 32, 48 and 20 percent of the city were best, average and weak for the crop cultivation, respectively.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Analytic Network Process, Potential climatic culture