

## تعیین مکان‌های مناسب کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

مهديه رشيد سرخ آبادی<sup>1\*</sup>، علی شهیدی<sup>2</sup>، عباس خاشعی سیوکی<sup>2</sup>

تاریخ پذیرش: 11 تیر 94

تاریخ دریافت: 4 اسفند 1393

### چکیده

شهرستان تربت حیدریه واقع در استان خراسان رضوی به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران در جهان مطرح می‌باشد. با توجه به تأثیر عوامل محیطی گوناگون بر رشد و عملکرد محصول زعفران، فرآیند سنجش تناسب اراضی برای کشت آن مستلزم استفاده از اطلاعات جامع و متنوع مکانی و توصیفی است. در این تحقیق ابتدا شرایط کشت زعفران مورد مطالعه دقیق قرار گرفت و نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از نقشه‌های سطوح ارتفاعی، شیب، خصوصیات خاک و آب و برخی فاکتورهای اقلیمی تأثیرگذار در کشت زعفران از جمله آستانه-های دمایی مؤثر، بارندگی و ساعات آفتابی شناسایی شدند. بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد و به کمک محیط نرم‌افزاری Arc GIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت و بر اساس آن اراضی شهرستان تربت حیدریه از نظر قابلیت کشت زعفران ارزیابی و پهنه‌بندی شد. با دقت در نقشه نهایی، حدود 43 درصد از مساحت منطقه که عمدتاً در نواحی مرکزی شهرستان تربت حیدریه قرار دارند، از بالاترین قابلیت برای کشت زعفران برخوردار می‌باشند. جهت ارزیابی نتایج به‌دست آمده و اطمینان از صحت اطلاعات نقشه‌های نهایی، عملکرد گیاه و کیفیت محصول با اطلاعات به‌دست آمده از نقشه نهایی مقایسه شد و صحت نتایج به‌دست آمده تأیید گردید که نشان‌دهنده کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** پهنه‌بندی، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، زمین‌آمار، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

### مقدمه

اقتصادی بالا و اینکه دوره رشد و زمان گلدهی آن منطبق بر فصل گرم سال نبوده و متفاوت از سایر محصولات زراعی است، دارای اهمیت خاص می‌باشد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008). از طرفی برنامه‌ریزی صحیح و عاقلانه به منظور بهره‌برداری بهینه از اراضی، منابع طبیعی و انسانی باید به گونه‌ای باشد که با شناخت توان اراضی، ضمن کسب حداکثر محصول، حفاظت از محیط زیست نیز مورد توجه قرار گیرد (Askari et al., 2009). بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های اراضی قبل از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حایز اهمیت است.

انتخاب کشت صحیح در هر منطقه با سیستم اطلاعات

یکی از راه‌های اساسی برای افزایش تولید و ارتقاء فعالیت‌های زراعی در کشور استفاده بهینه از اراضی متناسب با شرایط اکولوژیک آن‌ها است (Farajzadeh & Tklubyghsh, 2001). با مطالعه عوامل مؤثر در میزان بهره‌وری محصولات، می‌توان برنامه‌ریزی‌ها را با شناختی جامع‌تر انجام و متناسب با توان محیط، امکانات بهره‌وری را فراهم نمود. در این راستا محصول زعفران به دلیل داشتن ارزش

1- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بیرجند.

2- دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند.

(\* نویسنده مسئول: mahdiehrashid@gmail.com)

تئوری مجموعه فازی، برای اولین بار توسط لطفی زاده معرفی گردید (Lotfizadeh, 1965) که پیشرفت تئوری و عملی از آن زمان تا-کنون بسیار زیاد بوده است. پارامترهای دخیل در مکان‌گزینی می-توانند ماهیت فازی داشته باشند. برای هر یک از این پارامترها در نقشه‌های رقومی تهیه شده توسط نرم‌افزارهای اطلاعاتی چون GIS می‌توان مجموعه‌های فازی را تعریف کرد که در آن‌ها هر سلول به‌عنوان عضوی از این مجموعه، با توجه به نقشی که در مکان‌گزینی دارد درجه عضویت متفاوتی به خود گیرد. اگر تمام پارامترهای مورد نظر به‌صورت مجموعه‌های فازی با مقادیر عضویت صحیح تعریف شوند، می‌توان برای تلفیق پارامترها از عامل‌های مناسب فازی استفاده کرد و در انتها مکان‌های مناسب در رابطه با موضوع را مشخص نمود (Haghyzadeh, 2010). به منظور استفاده از مزایای هر دو تکنیک فازی و AHP همچنین غلبه بر نقاط ضعف آن‌ها، ونلاوهون و پیدریز<sup>5</sup> (1983) اولین بار اصول منطق فازی را در تحلیل سلسله مراتبی بکار بردند.

برخی از مطالعات انجام شده در راستای امکان‌سنجی نواحی مستعد کشت زعفران به شرح زیر می‌باشند:

مطالعه‌ای با عنوان تعیین مکان‌های مناسب کشت زعفران بر اساس پارامترهای آب و خاک با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه انجام شد. بر طبق نتایج حدود 55 درصد منطقه از شرایط مناسبی جهت کشت زعفران برخوردار بود (Rashid Sorkh Abadi et al., 2014). در مطالعه‌ای در دشت نیشابور، نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از نقشه‌های ارتفاع، شیب، قابلیت اراضی، عمق خاک، دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی و آستانه‌های دمایی مؤثر در کشت زعفران شناسایی شده است. نتایج حاصل نشان داد که 2146 کیلومتر مربع از اراضی دشت دارای استعداد بسیار خوب برای توسعه کشت زعفران می‌باشند که در حال حاضر کاربری این اراضی به کشت دیم، کشت آبی، مراتع نیمه متراکم و مراتع متراکم اختصاص دارد. تغییر این اراضی به کاربری کشت زعفران موجب توسعه اقتصادی در این منطقه خواهد شد (Farajzadeh & Myrzabyati, 2007). مطالعه‌ای با عنوان سنجش

جغرافیایی<sup>1</sup> و نیز سایر تکنولوژی‌های جغرافیایی از طریق فراهم نمودن اطلاعات ویژه (از قبیل عمل‌آوری و کشت محصول) در دستیابی به حداکثر محصول علاوه بر کاهش هزینه‌های نگهداری مفید خواهد بود (Limpisathian, 2011). با توجه به اینکه سنجش تناسب اراضی در سطح یک منطقه وسیع نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چند معیاره<sup>2</sup> (MCDA) استفاده شود (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008). بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>3</sup> (AHP) یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad & Sushil, 2004). این روش در برگزیده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است، به طوری که می‌توان گفت این روش از یک‌طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله است و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Khashei-Siuki et al., 2011).

با وجود مزایای بسیار AHP به‌کارگیری این روش دارای کمبودهایی است: این روش اساساً در کاربردهای تصمیم‌گیری غیر فازی<sup>4</sup> استفاده شده است؛ مقیاس نامتعادل قضاوت را مورد بررسی قرار می‌دهد؛ عدم اطمینان‌های موجود در قضاوت‌های فردی را در نظر نمی‌گیرد؛ قضاوت‌های ذهنی، انتخاب و عملکرد تصمیم‌گیران تأثیر بسیار زیادی در نتایج آن دارد. به‌علاوه موضوع قابل قبول این است که ارزیابی‌های افراد از شاخص‌های کیفی اغلب ذهنی و غیر دقیق است. بنابراین AHP متعارف و کلاسیک، در دستیابی دقیق نیازمندی‌های تصمیم‌گیران ناکافی و ناکارآمد به نظر می‌رسد و قادر به انعکاس کامل تفکر بشری نیست (Zebardast, 2001). به‌منظور مدلسازی عدم اطمینان‌ها در ترجیحات افراد بشر، تئوری مجموعه‌های فازی با مقایسات زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب میشود. بدین ترتیب درک دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری ارائه شده حاصل می‌گردد (Ayag & Ozdemir, 2006). مفاهیم اساسی

1- GIS  
2- Multi Criteria Decision Making  
3- Analytical Hierarchy Process  
4- crisp

5- Van Laarhoven & Pedrcyz

برای کشت زعفران بر اساس معیارهای کیفیت آب و خاک، اقلیم و توپوگرافی با روش فازی انجام نشده است. بنابراین هدف این تحقیق تهیه‌ی نقشه پراکنش متغیرهای مذکور جهت کشت زعفران، در اراضی شهرستان تربت حیدریه می‌باشد تا نقشه قابل اطمینانی را ارائه نماید.

### مواد و روش‌ها

شهرستان تربت حیدریه با وسعت 9570 کیلومتر مربع در مدارهای 59 درجه و 12 دقیقه طول شرقی و 34 درجه و 17 دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا 1333 متر می‌باشد (شکل 1).

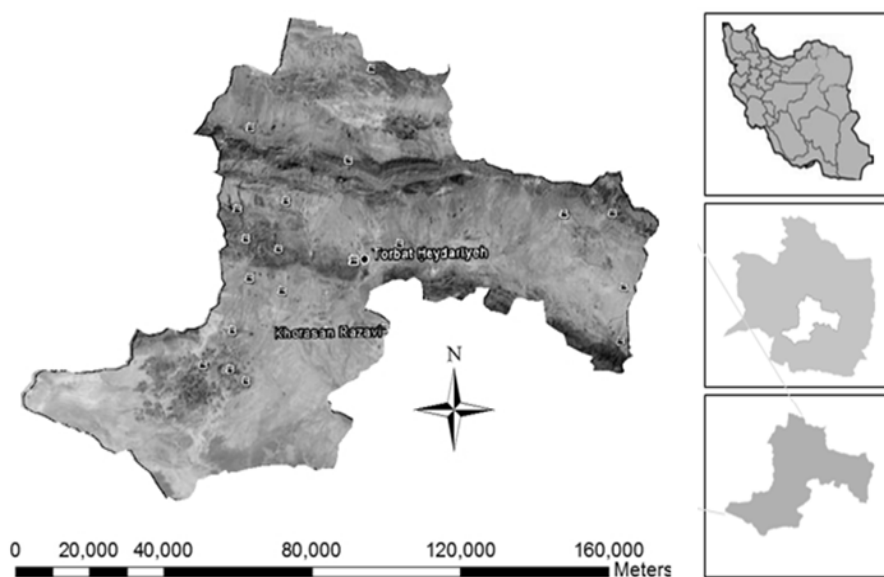
در پژوهش حاضر با توجه به تنوع اطلاعات، به منظور تحلیل‌های مکانی معیارهای مورد نیاز برای کشت زعفران از جمله شرایط اقلیمی، توپوگرافی، کیفیت خاک و کیفیت آب منطقه، از تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شده و با استفاده از آن‌ها به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد. بدین منظور از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc GIS 9.3 استفاده گردید. در این پژوهش از داده‌های موجود در یک دوره آماری دوازده ساله (2000-2012) استفاده شده است. به منظور بررسی شرایط اقلیمی منطقه از اطلاعات آماری 12 ایستگاه که شامل 8 ایستگاه سینوپتیک و 4 ایستگاه تبخیرسنجی می‌باشند، استفاده گردید. جهت بررسی وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی از اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی و جهت بررسی خصوصیات خاک منطقه از داده‌های کیفی آزمایشگاه خاک شهرستان تربت حیدریه با عمق نمونه‌برداری 30 سانتی‌متر استفاده گردید.

جهت تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان تربت حیدریه برای کشت زعفران، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، به منظور پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه مدل‌های زمین آمار بر روی داده‌ها اعمال شد. سپس بر اساس مدل AHP به ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام گردید و وزن نهایی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی تهیه شد. در این تحقیق برای تعیین وزن کلی و ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی، از نظرات کارشناسی استفاده شد. ماتریس‌های مقایسه زوجی پارامترهای تحقیق به شرح زیر می‌باشند:

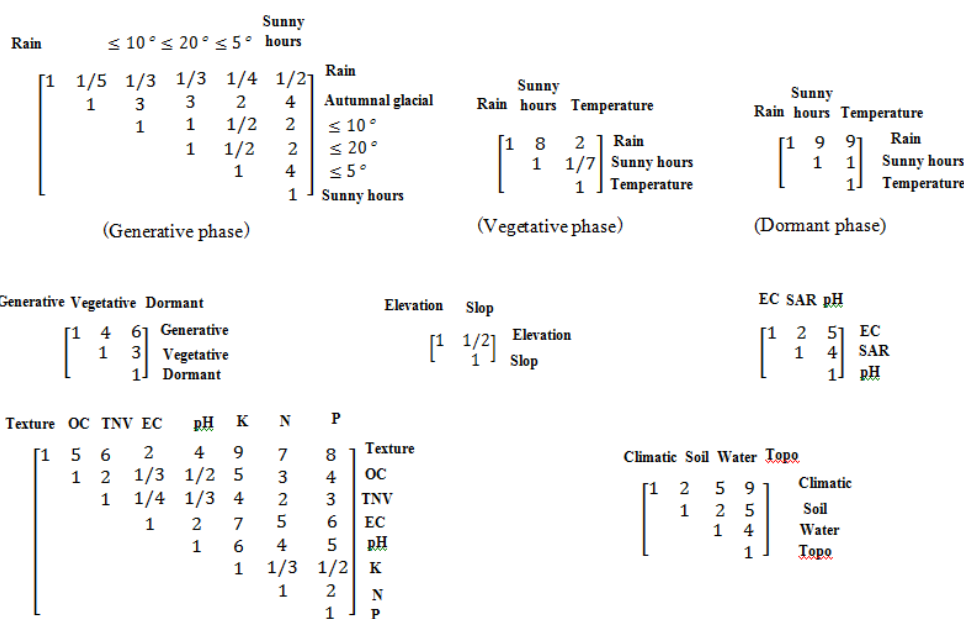
تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، انجام شد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بود و بر اساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

مطالعه‌ای با عنوان سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس معیارهای اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین، انجام گرفت. در این تحقیق شهرستان مرند به سه بخش قابل کشت، نسبتاً قابل کشت و غیر قابل کشت تقسیم‌بندی شد (Yazdchi et al., 2011). در پژوهشی دیگر، پتانسیل‌های اقلیمی کشت زعفران در شهرستان مرودشت ارزیابی شدند. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده در این شهرستان، محدودیتی از نظر شرایط اقلیمی وجود نداشت (Mohammadi et al., 2011). گزارش شده است که درجه حرارت فاکتور اصلی و تعیین‌کننده در رشد زعفران می‌باشد و درجه حرارت مطلوب برای خروج گل از خاک، کمتر از درجه حرارت بهینه برای تشکیل گل می‌باشد (Molina et al., 2005). همچنین در پژوهش دیگری مشخص گردید که علاوه بر درجه حرارت، رطوبت خاک نیز در تنظیم رفتار گلدهی زعفران نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (Gresta et al., 2009). به منظور مطالعه اثرات بافت خاک بر عملکرد گل و بنه زعفران، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار در جعبه اجرا شد. نتایج آزمایش بیانگر اثر معنی‌دار بافت خاک بر تمامی صفات مربوط به عملکرد گل و بنه زعفران بود (Aghhavani, Shajari et al., 2014). در طی انجام پژوهشی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، بهترین مناطق استحصال آب شرب در دشت زاوه واقع در شهرستان تربت حیدریه تعیین شدند. بر طبق نتایج حدود 25 درصد از مناطق شمالی و مرکزی آبخوان دشت، از بالاترین کیفیت آب زیرزمینی برخوردار بودند (Rashid Sorkh Abadi et al., 2014).

از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص مکان‌یابی مناطق مستعد



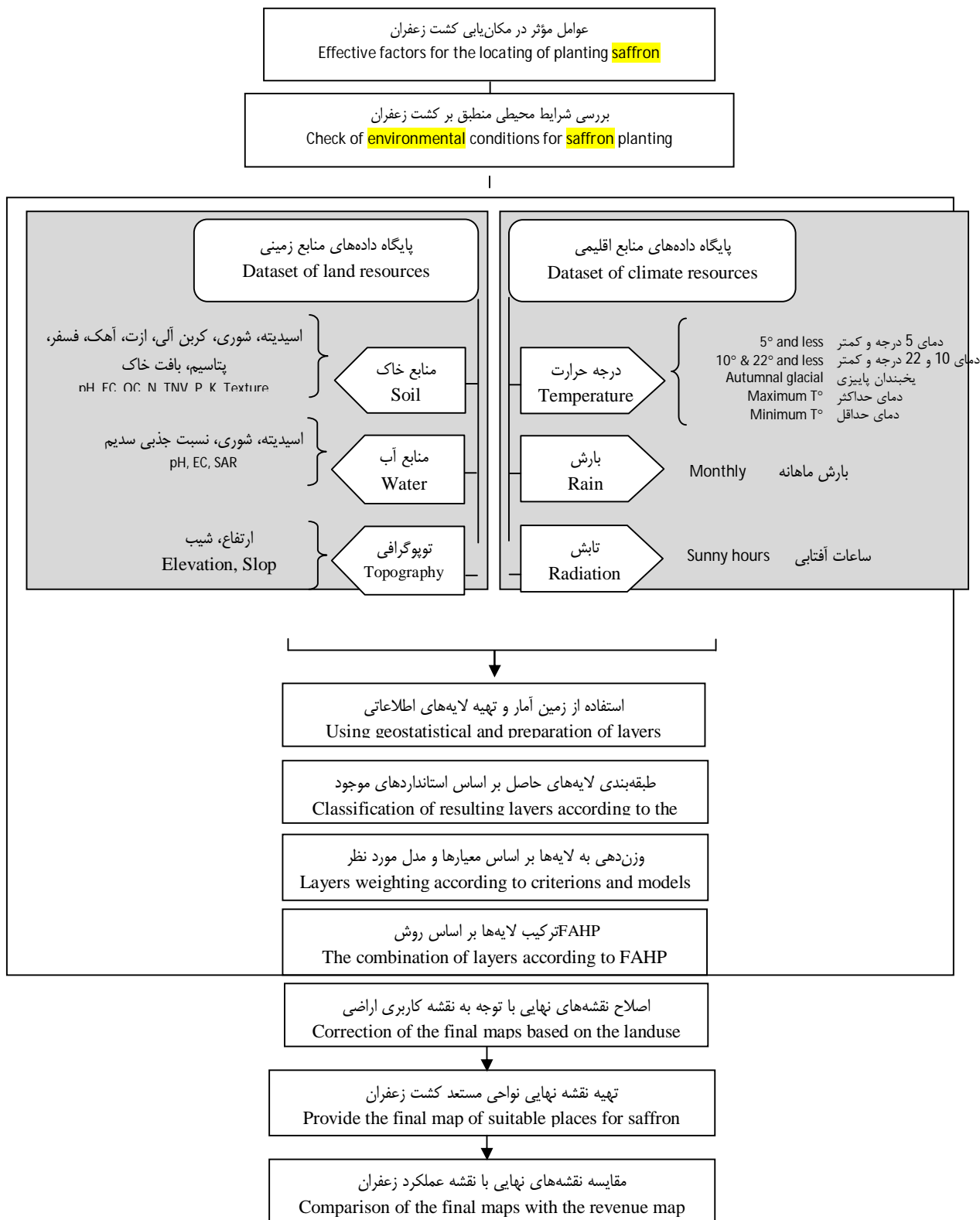
شکل 1- موقعیت قرارگیری شهرستان تربت حیدریه در ایران  
Figure 1- Geographic location of Torbat-e-Heydarieh in Iran.



شکل 2- ماتریس‌های مقایسه زوجی پارامترهای تحقیق  
Figure 2- Paired comparison matrices of research's parameters.

ورودی با استفاده از عملگرهای جمع، ضرب، گاما، اجتماع و اشتراک فازی با یکدیگر تلفیق شده و نقشه خروجی را به وجود می‌آورند. در نقشه خروجی واحدهای مکانی حاوی ارزش 1، مکان‌های مناسب جهت کاربرد موردنظر هستند. شکل 3 مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد:

در مرحله بعد نقشه‌های پهنه‌بندی شده فازی شدند. در مدل فازی ابتدا نقشه‌های ورودی با استفاده از توابع عضویت فازی به صورت صفر و یک تعریف می‌شوند. بدین نحو که در هر واحد مکانی مقدار 1 از یک نقشه ورودی نشان دهنده مناسب بودن و مقدار صفر نشان دهنده نامناسب بودن موقعیت مکانی آن است. در این تحقیق از توابع عضویت کاهشی، افزایشی و دوزنقه استفاده گردید. سپس نقشه‌های



شکل 3- روش انجام تحقیق (اقتباس از فرج زاده و میرزاییاتی، 2007)

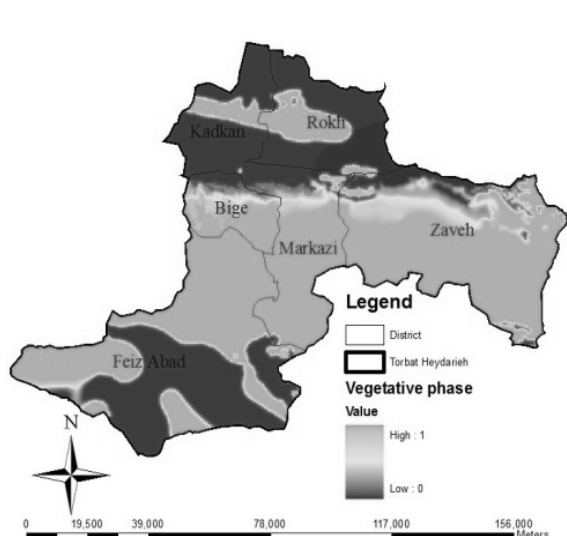
Figure 3- Research methodology.

## نتایج و بحث

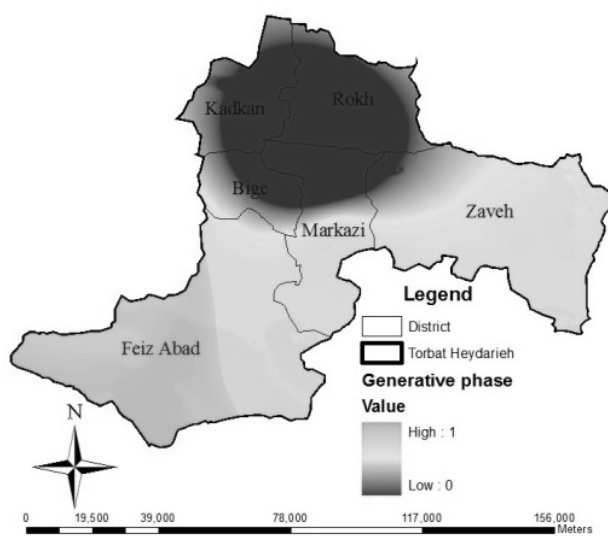
به منظور بررسی تغییرات مکانی که از اهداف اصلی این پژوهش بوده، در گام اول ارزش هر یک از معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی کشت زعفران، از نظر افزایشی یا کاهش‌ی بودن تعیین شد و سپس نقشه‌های فازی هر یک از معیارها رسم گردید و با استفاده از وزن‌های حاصل از عملیات AHP نقشه‌های نهایی ایجاد گردیدند که در ادامه به بررسی این معیارها می‌پردازیم:

## معیار اقلیم

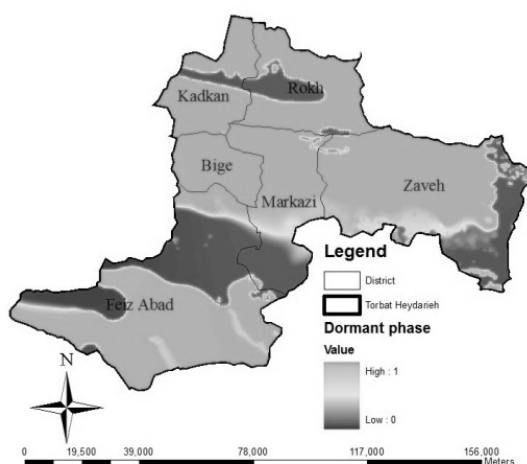
به منظور بررسی تغییرات مکانی که از اهداف اصلی این پژوهش بوده، در گام اول با در نظر گرفتن مراحل رشد زعفران و با توجه به این نکته که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد، نقشه‌های فازی شده اطلاعات مکانی مورد نیاز در هر مرحله از رشد اعم از آستانه‌های دمایی مؤثر، بارش و تعداد ساعات آفتابی، ترسیم شده و با اعمال وزن‌های حاصل از عملیات AHP و با استفاده از تابع عضویت جمع فازی روی هم اندازی شدند (اشکال 4 تا 6).



شکل 5- مکان‌های مناسب کشت زعفران در مرحله رشد رویشی  
Figure 5- Suitable places for saffron planting in vegetative phase.



شکل 4- مکان‌های مناسب کشت زعفران در مرحله رشد زایشی  
Figure 4- Suitable places for saffron planting in generative phase.

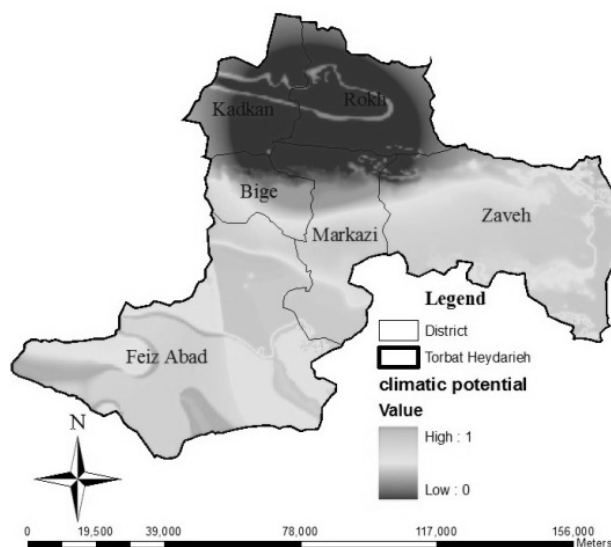


شکل 6- مکان‌های مناسب کشت زعفران در مرحله رکود  
Figure 6- Suitable places for saffron planting in dormant phase.

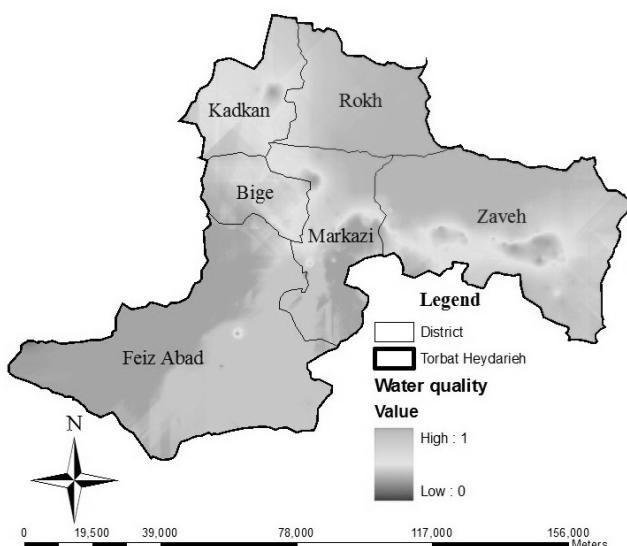
با حرکت به سمت جنوب شهرستان بر ارزش فازی افزوده شده و به جز قسمت‌های محدودی از شرق دشت زاوه، جنوب دشت مرکزی و شمال دشت فیض‌آباد که دارای ارزش فازی بین صفر و یک می‌باشند، سایر نقاط از پتانسیل بالایی برای کشت زعفران برخوردار هستند.

در نهایت با تلفیق نقشه‌های مراحل سه گانه رشد با استفاده از تابع عضویت گامای فازی، نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی زعفران در شهرستان حاصل گردید (شکل 7).

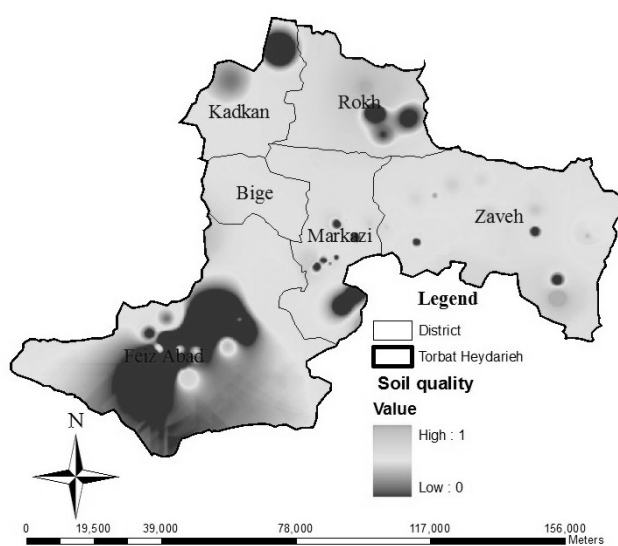
نتیجه نهایی حاصل شده، عبارت است از پتانسیل یابی اقلیمی کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه که مطابق شکل 7 نواحی شمالی شهرستان دارای ارزش فازی صفر و نزدیک به صفر می‌باشند.



شکل 7- مکان‌های مناسب کشت زعفران از نظر اقلیم  
Figure 7- Suitable places for saffron planting regarding climatic.



شکل 9- مکان‌های مناسب کشت زعفران از نظر کیفیت آب  
Figure 9- Suitable places for saffron planting regarding water quality.



شکل 8- مکان‌های مناسب کشت زعفران از نظر کیفیت خاک  
Figure 8- Suitable places for saffron planting regarding soil quality.

### معیارهای خاک و آب

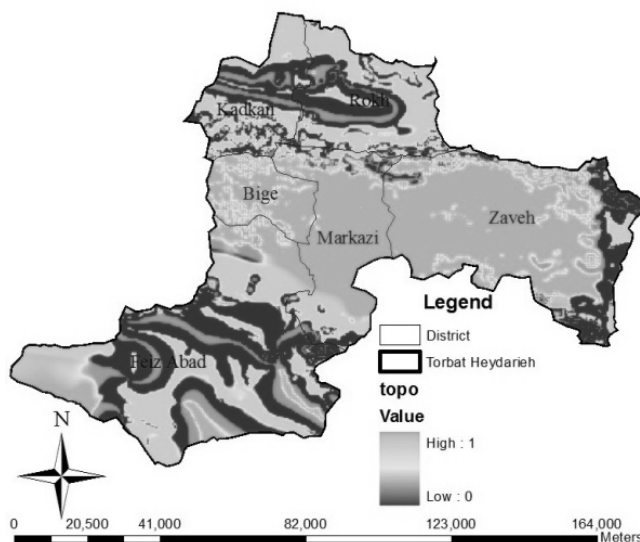
پس از پهنه‌بندی معیارهای کیفیت خاک و آب (شکل 3)، نقشه‌های فازی معیارها به وجود آمدند. با در نظر گرفتن وزن‌های حاصل از عملیات AHP، نقشه نهایی مکان‌های مستعد کشت زعفران از لحاظ کیفیت خاک با استفاده از تابع عضویت جمع فازی و نقشه استعداد منطقه از لحاظ کیفیت آب با استفاده از تابع گامای فازی ایجاد شد که در اشکال 8 و 9 دیده می‌شوند.

با توجه به شکل 8 بیشترین مساحت منطقه از نظر کیفیت خاک دارای ارزش فازی بالایی جهت کشت زعفران بوده، به جز نواحی مرکزی و جنوبی بخش فیض‌آباد و قسمت‌های کوچکی از جلگه رخ، کدکن و جنوب بخش مرکزی که دارای ارزش فازی صفر و نزدیک به صفر می‌باشند که علت اصلی نامناسب بودن این مناطق وجود مقادیر نامطلوب عناصر کیفی خاک از جمله اسیدیته، شوری، کربن آلی، آهک، فسفر و ازت می‌باشد که به‌منظور بهبود عناصر مذکور در تعیین کیفیت خاک و در نتیجه افزایش تولید محصول در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی نظیر مصرف کودهای شیمیایی و دامی

صورت می‌گیرد. شکل 9 که کیفیت آب منطقه را مشخص می‌کند گویای این مطلب است. نواحی شمالی بخش مرکزی، قسمت اعظم دشت زاوه، جلگه رخ و ناحیه محدودی در شمال و شمال شرقی کدکن، دارای ارزش فازی یک بوده و آب زیرزمینی از کیفیت مطلوبی برخوردار می‌باشد. علت نامطلوب بودن آب زیرزمینی در سایر نقاط خصوصاً در بخش فیض‌آباد، در درجه اول شوری آب زیرزمینی می‌باشد که امکان کشت زعفران را با محدودیت جدی مواجه می‌سازد چرا که شوری خاک ارتباط مستقیم با شوری آب آبیاری و وضعیت زهکشی اراضی دارد. به عبارت دیگر شوری آب آبیاری می‌تواند شوری خاک را نیز به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد (Balali, 2000).

### معیار توپوگرافی

نقشه فازی معیار توپوگرافی با در نظر گرفتن پارامترهای ارتفاع و درصد شیب و با اعمال وزن‌های AHP در تابع عضویت جمع فازی، در شکل 10 نشان داده شده است:



شکل 10- مکان‌های مناسب کشت زعفران از نظر توپوگرافی  
Figure 10- Suitable places for saffron planting regarding topography.

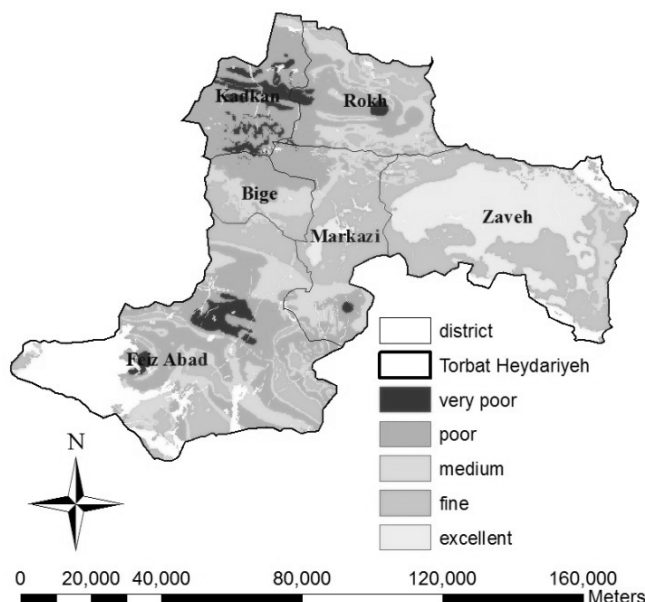
شامل معیار اقلیم، کیفیت خاک و آب و توپوگرافی و جدا کردن اراضی

در نهایت با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر در کشت زعفران



برای ترکیب نقشه‌های فازی شده از روش جمع جبری فازی به همراه وزن‌های به‌دست آمده از روش AHP استفاده شد.

کشاورزی از نقشه کاربری اراضی در سطح شهرستان، پهنه‌های مستعد کشت زعفران در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل 11).



شکل 11- مکان‌های مناسب کشت زعفران در تربت حیدریه  
Figure 11- Suitable places for saffron in planting Torbate Heydariyeh.

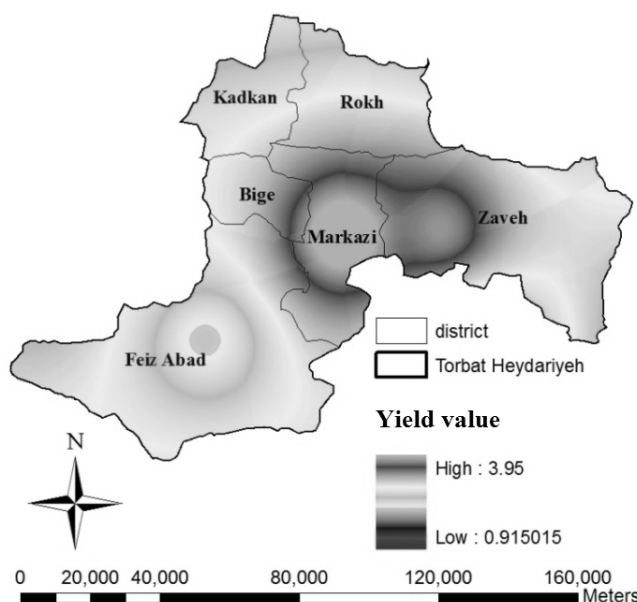
انواع کودها جبران نموده و شرایط مناسبی را در خاک اراضی برای کشت محصول زعفران مهیا کرد. ذکر این نکته نیز ضروری است که در طی سال‌های اخیر به دنبال استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی بحران آلودگی محیط زیست و به‌ویژه آلودگی خاک و آب مطرح شده است که این آلودگی‌ها زنجیروار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (Omidi et al., 2009). بدین منظور در راستای استفاده بجا و مطابق با نیاز اراضی از کودهای شیمیایی و استفاده مطلوب از اراضی کشاورزی مطالعه و شناسایی قابلیت اراضی در سطح شهرستان امری مفید و ضروری می‌باشد.

با مقایسه نتایج نهایی با نقشه پهنه‌بندی شده عملکرد زعفران در سطح شهرستان تربت حیدریه، صحت نتایج حاصل تأیید می‌گردد. جهت ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده و اطمینان از صحت اطلاعات نقشه-های نهایی، با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی شهرستان، عملکرد گیاه و کیفیت محصول با اطلاعات به‌دست‌آمده از نقشه‌های نهایی

با دقت در نقشه نهایی حاصل از عملیات فازی، دیده می‌شود مستعدترین مناطق از نظر کشت زعفران که در حدود 43 درصد مساحت منطقه می‌باشد که به‌صورت نواری در نواحی مرکزی و شرقی شهرستان قرار گرفته است که بخش‌های زاوه و نیمه شمالی بخش مرکزی را شامل می‌شود.

بنابراین با عنایت به جمع‌بندی نتایج و در نظر گرفتن فاکتورهای مورد بررسی و با حذف اراضی که کاربری آن‌ها قابلیت تغییر به کشت زعفران را ندارند که در شکل 11 به‌صورت نواحی سفید رنگ مشخص شده‌اند و با توجه به این نکته که بیشترین مساحت شهرستان از شرایط مناسبی برای کشت زعفران برخوردار است، به نظر می‌رسد با توجه به وزن بالای فاکتور اقلیم در رابطه با کشت زعفران مهم‌ترین فاکتور محدود کننده کشت زعفران، در ابتدا وجود تناقض در شرایط ایده‌آل اقلیمی در این مناطق می‌باشد. در درجه دوم کیفیت نامطلوب آب آبیاری عامل محدودیت در تولید می‌باشد، این در حالی است که کمبود و یا ازدیاد مقادیر نامناسب عناصر خاک را می‌توان با مصرف

مقایسه شد (شکل 12).



شکل 12- عملکرد محصول زعفران در شهرستان تربت حیدریه  
Figure 12- Saffron yield in Torbat-e-Heydarieh

دما، بارش، ساعات آفتابی، ارتفاع، شیب، خصوصیات خاک و کیفیت آب به صورت تلفیقی در تعیین پتانسیل‌های کشت زعفران در مناطق مختلف شهرستان تربت حیدریه تأثیر بسزایی دارند. نتایج حاصل از روش FAHP مشخص نمود که نقاط محدودی از مناطق شمال و جنوب شهرستان، از لحاظ فاکتورهای در نظر گرفته شده برای کشت زعفران شرایط نامطلوبی را دارند. حال آنکه مناطق مرکزی شهرستان به دلیل شرایط مطلوب، مناطق مناسب‌تری برای کاشت زعفران محسوب می‌شوند.

در نهایت با تهیه نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد کاشت زعفران، علاوه بر اینکه استعداد و قابلیت‌های اراضی شهرستان تربت حیدریه برای کاشت زعفران مشخص می‌شود، می‌توان مشخص کرد که پارامترهای در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی در چه نقاطی در حد مطلوب هستند و چه مناطقی دچار کمبود و ضعف از نظر این پارامترها می‌باشند. به‌عنوان مثال می‌توان مشخص کرد که کدام منطقه از بارش کافی و مناسب برای زعفران برخوردار است و کدام منطقه از نظر بارشی دچار ضعف است. پس از مشخص کردن این نقاط ضعف و مثبت می‌توان برای ایجاد بهینه مزارع زعفران در این مناطق برنامه-

با در نظر گرفتن مقیاس و دقت اطلاعات مکانی که در تحقیق مورد استفاده قرار گرفته بود صحت نتایج به‌دست‌آمده تأیید گردید که نشان‌دهنده کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد. یافته‌های تحقیق نشان داد که بخش قابل توجهی از اراضی زراعی شهرستان تربت حیدریه از قابلیت‌های لازم برای کشت زعفران برخوردار بوده و بیشترین عملکرد در نواحی مرکزی منطقه شامل بخش‌های زاوه و مرکزی می‌باشد و اندکی محدودیت در بخش‌های فیض‌آباد، رخ و کدکن وجود دارد که بیانگر سازگاری بیشتر با نتایج حاصل از عملیات فازی می‌باشد، لذا این ادعا که روش فازی از دقت بالایی برخوردار است اثبات می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق پس از وزن‌دهی به پارامترهای مؤثر در کشت زعفران بر اساس مدل سلسله مراتبی (AHP) و انجام مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی به کمک GIS، نقشه پهنه‌های مستعد کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه تهیه گردید.

متعلق به مناطق مرکزی شهرستان می‌باشد که بیانگر وجود ارتباط منطقی و معقول بین عملکرد محصول و پارامترهای زمینی و اقلیمی است.

ریزی و مدیریت لازم را اعمال نمود. برای بررسی صحت نتایج به دست آمده در خصوص نقشه قابلیت کشت زعفران، از عملکرد واقعی زعفران در شهرستان استفاده شده است. همان‌طور که شکل 11 نشان می‌دهد، بیشترین میزان عملکرد

## منابع

- Aghhavana Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., koocheki, A.R., Fallahi, H.R., and TaherpourKalantari, R. 2014. Evaluation of the effects of Soil texture on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 311-322. (In Persian with English Summary).
- Askari, M.S., Sarmadian, F., Khodadadi, M., and Noruzi, A.A. 2009. Agriculture ecological zonation with remote sensing and Geographic Information Systems in Takestan. Iranian Soil and Water Research 2 (40): 93-104. (In Persian).
- Ayag, Z., and Ozdemir, R.G. 2006. A fuzzy ahp approach to evaluating machine tool alternatives. Intelligent manufacturing 17: 179-190.
- Balali, M.R., MhagerMilani, P., Khademi, Z., Drudi, M.S., Mashayekhi, M.H., and Malakuti, M.J. 2000. Chemical and organic fertilizer recommendations towards sustainable agricultural production. Agricultural Education of Publication, Karaj, Iran 63 pp. (In Persian).
- Farajzadeh, M., and Mirzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Sciences Modares 50 (1): 67-91. (In Persian with English Summary).
- Farajzadeh, M., and Tklubyghsh, A. 2001. Agroclimatological zonation of dryland wheat in Hamedan province with Geographic Information Systems. Geographic Research 41: 93-105. (In Persian).
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae 119: 320-324.
- Haghyzadeh, F., 2010. Centers locate of industrial development based on the principles of sustainable development with using fuzzy and AHP methods in GIS (case study: industrial city of Birjand). Master thesis, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. (In Persian with English Summary).
- Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Ghazvin province for Saffron cultivation based on Multi Criteria Decision Making method. Natural Geographic Research 66: 101-119. (In Persian).
- Khashei-siuki, A., Ghahraman, B., and Kouchakzadeh, M. 2011. Evaluation of potential water harvesting aquifer using fuzzy AHP (Case study: Neyshabur Plain). Water Research 9 (5): 171-180.
- Limpisathian, P. 2011. Geographic Information System in Agriculture and Precision Farming. Earth and Mineral Sciences First-year Seminar- EM SC 100S, The Pennsylvania State University.
- Lotfizadeh, A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8: 338-353.
- Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M. 2011. Climatic Potentials Assessment for Saffron Cultivation in Marvdasht. Geography and Environmental Planning Journal 43 (3):143-158. (In Persian with English Summary).
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcí'a-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 361-379.
- Omidi, H., NaghdiBadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotukian, M.H. 2009. Effects of Nitrogen biological and chemical fertilizers on saffron qualitative and quantitative yield. Medicinal Plants 2 (33): 98-109. (In Persian).
- Omkarprasad, V., and Sushil, K. 2004 Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of Operational Research 169: 1-29.
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A., and Khashei-Siuki, A. 2014. Spatial analysis of groundwater quality for drinking

- use on Zaveh plain with Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process combination. *Engineering Irrigation and Water* 5 (17): 96-109. (In Persian with English Summary).
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A., and Khashei-Siuki, A. 2014. Determining suitable region of saffron cultivation based on water and soil characteristics using hierarchical analysis process method (Case Study: Torbate Hydariyeh City). *Saffron Research* 1: 73-84.
- Yazdchi, S., Rasuli, A.A., Mahmoudzadeh, H., and Zrrinbal, M. 2011. Land Capability Evaluation of Marand County Intended for Saffron Cultivation Using Multi Criteria Decision Analysis Systems. *Soil and Water Science* 1 (3): 151-170. (In Persian with English Summary).
- Zebardast, A. 2001. Application of analytical hierarchy process (AHP) in urban and regional planning program. *Fine Arts Journal* 10: 13-21. (In Persian).

## Determining Suitable Places for Saffron Planting Using Fuzzy Hierarchical Analysis Process in the City of Torbat Heydarieh

*Mahdieh Rashid Sorkh Abadi<sup>1\*</sup>, Ali Shahidi<sup>2</sup> and Abbas Khashei-Siuki<sup>3</sup>*

*1,2 and 3. M.Sc. of Irrigation & Drainage, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Irrigation (Water Engineering), Faculty of Agriculture, University of Birjand.  
(\*-Corresponding author E-mail: [mahdiehrashid@gmail.com](mailto:mahdiehrashid@gmail.com))*

**Received:** 23 February, 2015

**Accepted:** 2 July, 2015

### **Abstract**

The city of Torbat Heydarieh located in the central Khorasan is the largest producer of saffron in the world. According to the influence of various environmental factors on the growth and yield of saffron, the process of assessing land ratio for its cultivation requires the use of various detailed spatial and descriptive pieces of information. In this study, first the conditions of cultivating saffron have been studied in detail and suitable regions for planting saffron have been identified using maps of elevation, slope, soil characteristics, water and some climatic factors influencing the cultivation of saffron including effective threshold temperature, rainfall and sunshine hours. For this purpose, Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method was applied and modeling and spatial analysis were carried out using Arc GIS software environment based on the lands of the city of Torbat Heydarieh which were evaluated for their suitability for cultivation of saffron. It is worth noting that the final map showed that 43 percent of the central parts of Torbat Heydarieh have the highest potential for saffron cultivation. To evaluate the results and ensure the accuracy of the final map data, plant functions and crop qualities were compared with obtained data from final maps and the accuracy of the results was confirmed that shows the effectiveness of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method in assessing the potential of lands for saffron cultivation.

**Keywords:** Earth facts, FAHP, GIS, Zoning.