

سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

سعید یزدچی^{1*}، علی اکبر رسولی²، حسن محمودزاده³، محمد زرین‌بال⁴

تاریخ دریافت: 88/9/3 تاریخ پذیرش: 89/4/29

- 1- مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند
 - 2- استاد، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند
 - 3- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز
 - 4- عضو هیات علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، آذربایجان شرقی
- * مسئول مکاتبه E-mail: yazdchi @marandiau.ac.ir

چکیده

زعفران، با ارزش اقتصادی بسیار بالا نقش ویژه‌ای در صادرات غیر نفتی ایران دارد. در نتیجه شناسایی مناطق مستعد برای کشت زعفران در شهرستان مرند واقع در شمال غرب کشور زمینه را برای برنامه‌ریزی‌های لازم جهت گسترش کشت و تولید این محصول فراهم می‌کند. با توجه به تاثیر عوامل محیطی گوناگون بر رشد و عملکرد زعفران، فرآیند ارزیابی اراضی برای کشت آن مستلزم استفاده از اطلاعات جامع و متنوع مکانی و توصیفی است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) امکان بهره‌گیری از این نوع داده‌ها را فراهم ساخته و تحلیل فضایی اطلاعات را بر اساس مدل‌های شناخته شده تسهیل نموده‌اند. در این تحقیق بر اساس نیازهای اکولوژیکی و محیطی برای رشد زعفران از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد و در محیط نرم‌افزاری ArcGIS مدل‌سازی و تحلیل‌های مکانی لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفت. فرآیند تحقیق شامل مراحل گردآوری و ورود اطلاعات، محاسبات و تحلیل‌های آماری، خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری معیارها، مدل‌سازی فضایی و تلفیق اطلاعات متنوع بود. بر این اساس اراضی شهرستان مرند از نظر قابلیت کشت زعفران ارزیابی و پهنه‌بندی شد. نتایج نهایی تحقیق نشان دهنده کارآیی روش‌های تحلیلی سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بوده و بر اساس آن شهرستان مرند از این نظر به سه بخش قابل کشت، نسبتاً قابل کشت و غیر قابل کشت قابل تقسیم بندی است.

واژه‌های کلیدی: روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل‌سازی سلسله مراتبی، مکان‌یابی کشت زعفران

Land Capability Evaluation of Marand County Intended for Saffron Cultivation Using Multi Criteria Decision Analysis Systems

S Yazdchi¹, AA Rasouli², H Mahmoudzadeh³ and M Zarrinbal⁴

Received: 24 November 2009 Accepted: 20 July 2010

¹ Senior Lecturer, MSc., Dept. of Agriculture, Islamic Azad University, Marand Branch, Iran.

² Prof., Dept. of Geosciences and Geography, Islamic Azad University, Marand Branch, Iran.

³ MSc. in Remote Sensing and GIS Center, Tabriz University, Iran.

⁴ Senior Lecturer, Agric. And Nat. Resour. Res. Center of East Azerbaijan, Tabriz, Iran.

*Corresponding author: E-mail: yazdchi@marandiau.ac.ir

Abstract

Saffron plant with high value of economic rank has an important role in the non-petroleum Iran's foreign exports. Consequently, identifying of suitable areas for expansion of saffron cultivation could be an important task in Marand County, northwest of Iran. In addition, understanding the role of existing environmental factors in growth of saffron needs a comprehensive study and variety of spatial information as well as the associated attributes. With the help of GIS it is possible to supply such information and also to set up different kind of spatial analysis based on renowned models. In this work based on the saffron ecological and environmental requirements, one of the well-known Multi-criteria decision analysis (AHP model) was introduced in ARCGIS software setting. Modelling processes such as statistical and mathematical analysis of the data was sequentially pioneered and the suitable areas for saffron cultivation has been investigated. The results showed that the AHP model is a sufficiently appropriate approach for the evaluating of suitable lands for saffron growth and development throughout Marand County geographic extent.

Keywords: AHP model, Marand county, Saffron plant, Site selection

مقدمه

کشاورزی به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی کشور، نقش مهمی در رسیدن به توسعه پایدار بر عهده دارد. توجه به این امر علاوه بر خودکفایی در تولید مواد غذایی و صادرات آن می‌تواند پاسخگوی مسائل ناشی از افزایش جمعیت کشور بوده و به کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها منجر شود. این مسئله مستلزم

استفاده از اصول و روشهای علمی و شناخت توان‌ها و قابلیت‌های محیطی هر منطقه می‌باشد. یعنی با توجه به تنوع اقلیمی و شرایط محیطی هر منطقه محصولاتی برای کشت انتخاب شود که توسعه اقتصادی آن را در پی داشته باشد (نوکندی 1378). اهمیت این موضوع سبب شده است تا محققان و متخصصان علوم محیطی توجه ویژه‌ای به آمایش سرزمین داشته باشند و در این زمینه

زعفران بر اساس اندام هوایی آن به سه مرحله تقسیم شده است (کافی 1381). هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد.

الف) مرحله رشد زایشی²: در این مرحله که معمولاً پانزده تا بیست و پنج روز طول می‌کشد گل زعفران ظاهر شده و زمان برداشت محصول نیز به حساب می‌آید. البته از نظر فیزیولوژیکی رشد زایشی مدت‌ها قبل از ظهور گل شروع می‌شود (کافی 1381). این مرحله همراه با سرد شدن هوا و تغییرات دمای روزانه در پاییز و معمولاً با افت دما به زیر 15 درجه سانتیگراد شروع می‌شود. عامل محرک شروع این مرحله آبیاری مزرعه زعفران و یا وقوع بارندگی دو هفته قبل از کاهش دما به کمتر از 15 درجه سانتیگراد است. مطلوب‌ترین دما برای تمایز گل‌ها در این مرحله 9 تا 15 درجه سانتیگراد می‌باشد (کافی 1381). در این دوره نپایستی دمای شب از 10 درجه سانتیگراد و دمای روز از 22 درجه سانتیگراد بیشتر باشد (نونکندی 1378). همچنین کاهش دما به کمتر از 5 درجه سانتیگراد باعث کاهش محصول و وقوع یخبندان باعث از بین رفتن آن می‌گردد، بنابراین محاسبه احتمال وقوع یخبندان در دوره گل‌دهی اهمیت زیادی دارد.

ب) مرحله رشد رویشی³: این مرحله بلافاصله 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 تا اواخر اردیبهشت ادامه می‌یابد و طول آن حداقل شش ماه است. در این مرحله برگ‌ها ذخایر لازم برای تغذیه بنه را از طریق فتوسنتز فراهم می‌کنند. در طول زمستان حداقل دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره 18- تا 22- درجه سانتیگراد بوده (کافی و همکاران 2006) و این مرحله به آبیاری یا بارندگی نیاز دارد.

منابع اکولوژیکی زمین را با روش‌های مناسب مورد شناسایی قرار داده و برای استفاده از امکانات موجود راهکارهای بهتری پیشنهاد نمایند. با مطالعه عوامل مؤثر در میزان بهره‌وری محصولات، می‌توان برنامه‌ریزی‌ها را با شناختی جامع‌تر انجام داد و متناسب با توان‌های محیط، امکانات بهره‌وری را فراهم نمود. در این راستا محصول زعفران به دلایلی نظیر داشتن 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 نظر دوره زمانی بکارگیری نیروی انسانی و تخصیص آب زراعی با سایر محصولات تفاوت داشته باشد. بنابراین امکان سنجی کشت آن در شهرستان مرند که در فصل گرم سال با کمبود نیروی کار و برداشت بی‌رویه از ذخایر آب مواجه است اهمیت زیادی دارد. زیرا کشت آن در کنار سایر محصولات در تنظیم فعالیت‌های نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی تأثیر داشته و به کاهش مصرف آب در دوره گرم سال کمک می‌کند. تحقیقات چندی در زمینه شرایط مناسب کشت زعفران صورت گرفته است که در این بحث از نتایج آن‌ها در تعیین نیازهای اکولوژیکی زعفران استفاده شده است. از بین آنها می‌توان به تحقیقات کافی (1381)، کافی و همکاران (2006)، امیر قاسمی (1380)، بهنیا (1370) و کوچکی و خیابانی (1371) اشاره نمود.

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* از خانواده زنبقیان¹، گیاهی علفی چند ساله، بدون ساقه و پیازدار است (راشد محصل 1368). این گیاه دارای ریشه‌های افشان بوده که از قاعده پیاز می‌رویند. پیاز یا بنه زعفران تعداد شش تا نه برگ باریک و تعدادی گل تولید می‌نماید. گل زعفران که از نظر اقتصادی و تجاری مهم‌ترین قسمت آن به حساب می‌آید، اولین اندامی است که در شروع رشد این گیاه ظاهر می‌شود. مراحل رشد

² Generative phase

³ Vegetative phase

¹ Iridaceae

یکی از مزایای مهم این روش آشکارسازی میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم‌گیری می‌باشد. این روش که بر مبنای ارزیابی چند معیاری پایه‌گذاری شده است، ابتدا در سال 1980 به وسیله توماس ال ساعتی (1988) پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل هدف‌ها، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌باشد که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرآیند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می‌شود، ساختن سلسله مراتب نامیده می‌شود. سلسله مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری (گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری) را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد. بنابراین اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد 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 (و زیر معیارها در صورت وجود)، محاسبه وزن (ضریب اهمیت) گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود (قدسی‌پور 1384). هدف نهایی این تحقیق شناسایی و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت زعفران در شهرستان مرند با تاکید بر کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)² در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران در محیط GIS بود.

مواد و روش‌ها

شهرستان مرند در شمال غربی استان آذربایجان شرقی و در ناحیه‌ای با آب و هوای سرد واقع

ج) مرحله رکود¹: این مرحله منطبق بر فصل گرم سال بوده و به عملیات زراعی خاصی نیاز ندارد. طول این مرحله حدود پنج ماه است که با زرد شدن برگ‌ها در بهار شروع شده و تا انجام اولین آبیاری در فصل پاییز ادامه می‌یابد. حداکثر دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره 40 درجه سانتی‌گراد ذکر شده است (کافی 1381). از نظر اقلیمی زعفران بیشترین تطابق را با الگوی بارندگی مدیترانه‌ای با میزان بارش 300-400 میلیمتر و زمستان‌های پوشیده از برف دارا می‌باشد. این گیاه در طول مراحل زایشی و رویشی احتیاج به آبیاری داشته ولی در طول مرحله رکود نیاز به آبیاری ندارد. بنابراین در اغلب مناطق زراعی شهرستان مرند آب کافی برای کشت این محصول وجود دارد.

زعفران در خاک‌های سبک با ترکیبی از شن و رس و خاک‌های دارای ساختمان متوسط و کم و بیش نرم با نفوذ پذیری خوب (کافی 2006) رشد کرده و خاک‌های حاوی کلسیم یا آهک‌دار که pH آن بین 7-8 بوده و دارای میزان مناسب مواد آلی باشند، بهتر به عمل می‌آید. خاک‌های اسیدی و اراضی فاقد زهکشی برای این گیاه نامناسب بوده و در خاک‌های بسیار غنی نیز به علت غلبه رشد رویشی بر رشد زایشی محصول مناسبی نمی‌دهد. از نظر توپوگرافی زمین‌های با شیب کمتر از 8 درصد و در ایران سطوح ارتفاعی بین 1300 تا 2300 متر برای کشت این محصول مناسب‌تر است (کافی 1381 و میرزا بیاتی 1383).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را ایجاد می‌کند (قدسی‌پور 1384)

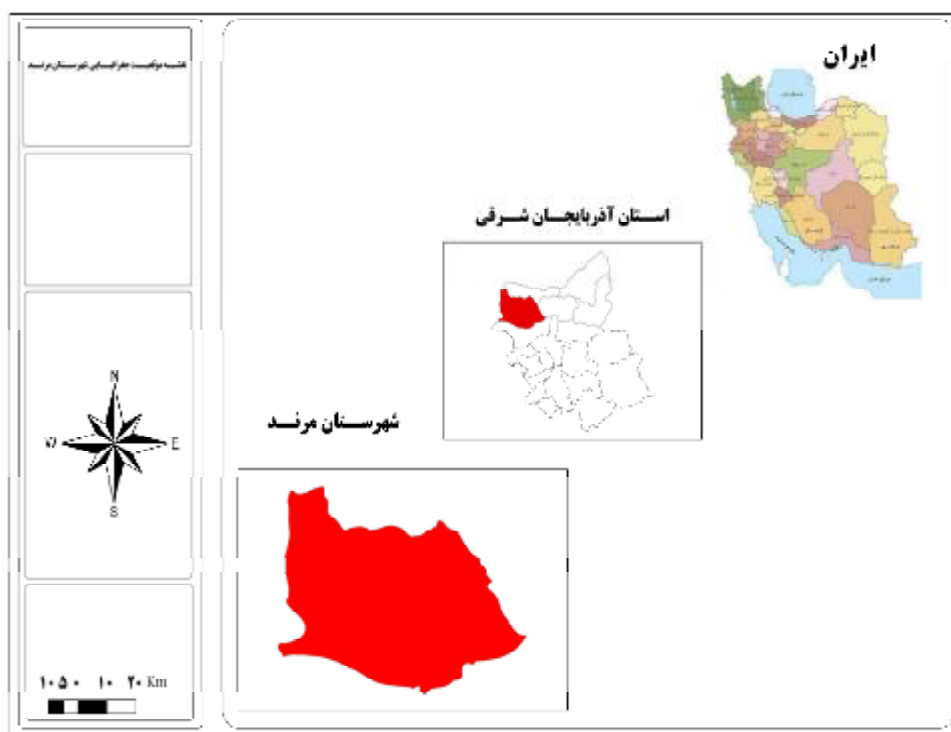
² Multi criteria decision analysis

¹ Dormant phase

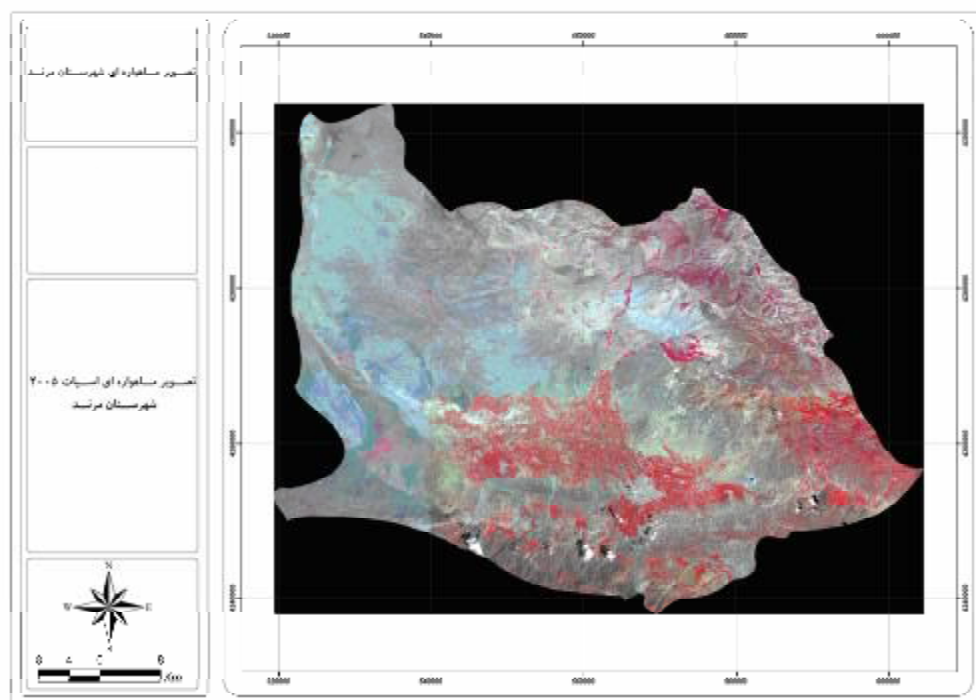
نرم افزارهای GIS، بین اطلاعات توصیفی و لایه‌ها رابطه برقرار شد و سپس بر اساس شرایط کشت زعفران معیارها مشخص گردید (جعفر بیگلو و مبارکی 1387). با توجه به تنوع اطلاعات، روش سلسله مراتبی بعنوان مدل برای تحلیل‌های مکانی انتخاب شد و براساس آن به همپوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام گردید. بدین منظور از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc/GIS استفاده شد (مبارکی 1384).

شکل 1 موقعیت جغرافیایی شهرستان مرند در ایران و استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد. همچنین در شکل 2 تصویر ماهواره‌ای شهرستان مرند که توسط سنجنده SPOT در سال 2005 میلادی گرفته شده است، نشان داده می‌شود.

شده است. این شهرستان بعنوان قطب کشاورزی مطرح بوده و از نظر تولید محصولات زراعی و باغی دارای اهمیت است. در این تحقیق، ابتدا ویژگی‌های طبیعی شهرستان مرند مورد مطالعه قرار گرفت که این مطالعات شامل بررسی وضعیت توپوگرافی، شیب، پوشش گیاهی، استعداد خاک‌ها، کاربری اراضی و ویژگی‌های اقلیمی مانند دما و بارش می‌باشد. سپس شرایط کشت زعفران مورد مطالعه دقیق قرار گرفت و با مشخص شدن نیازهای اولیه کشت زعفران پتانسیل‌های شهرستان مرند در زمینه کشت این محصول بررسی شد. در این راستا، با جمع‌آوری اطلاعات توصیفی و رقومی‌سازی داده‌های مکانی مانند لایه‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و مانند آن و ایجاد فضای توپولوژیک به وسیله



شکل 1- موقعیت جغرافیایی شهرستان مرند در ایران و استان آذربایجان شرقی



شکل 2- تصویر ماهواره‌ای شهرستان مرند با ترکیب باندهای 3، 1 و 4 سنجنده SPOT

مدل‌سازی فضایی از مهمترین راه کارهایی است که می‌تواند با بصورت علمی شرایط بهتری را در زمینه سنجش قابلیت اراضی برای کشت محصول خاص بوجود آورد. با توجه به اینکه سنجش قابلیت اراضی در سطح استان نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های (MCDA) استفاده شود. در تحقیق حاضر از مدل سلسله مراتبی (AHP)¹ استفاده شد. این روش در ایران مورد توجه قرار گرفته و در تحقیقات مختلف از آن استفاده شده است. از جمله فرجی سبکبار (1384) روش سلسله مراتبی را در برنامه‌ریزی شهری و مکان‌یابی خدمات بازرگانی مورد استفاده قرار داده و نتایج به دست آمده از آن را مناسب ارزیابی نموده است. در این تحقیق با توجه به این نکته که معیارهای تصمیم‌گیری به صورت متضاد بوده است، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان مدل در سنجش اراضی شهرستان مرند جهت کشت زعفران استفاده شد (جعفر بیگلو و مبارکی، 1387). برای این منظور ابتدا

در انجام این تحقیق از مواد و ابزار زیر جهت ایجاد پایگاه اطلاعات فضایی استفاده شده است:

- 1) آمار و اطلاعات روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی واقع در محدوده شهرستان مرند و مناطق همجوار، سازمان هواشناسی کشور (دوره آماری 1994-2004).
- 2) مدل رقومی ارتفاع DEM با قدرت تفکیک زمینی 90 متر، تهیه شده بر اساس داده‌های راداری.
- 3) نقشه پوشش زمین (Land cover) شهرستان مرند که با استفاده از تصاویر سال 2005 سنجنده رنگی ماهواره SPOT تهیه شد.
- 4) نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس 1:250000 سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- 5) نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران با مقیاس 1:1000000، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- 6) نرم افزارهای Arc/GIS و Arc/view به منظور رقومی سازی نقشه‌ها و تشکیل پایگاه داده‌های فضایی و مدل‌سازی.

¹ Analytical hierarchy process

افزارهای GIS صورت گرفت و اراضی شهرستان از نظر قابلیت کشت زعفران طبقه‌بندی شد، فرآیند قابلیت سنجی اراضی و مکان‌یابی شامل مراحل زیر بوده است:

ایجاد ساختار سلسله مراتبی

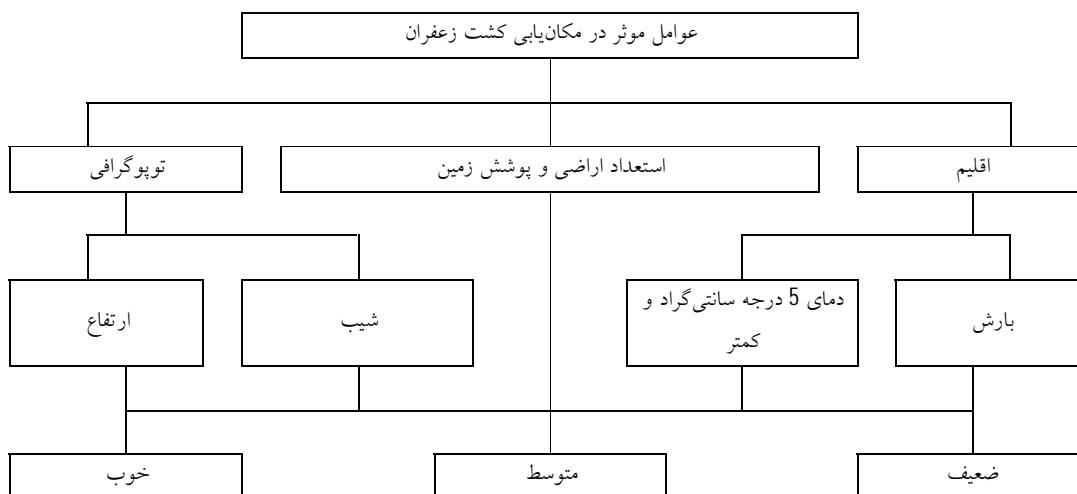
در این مرحله ساختار سلسله مراتبی مربوط به موضوع مشخص گردید، این مرحله مهم‌ترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به حساب می‌آید. زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی آنها را به شکلی ساده که با ذهن انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مسائل پیچیده را از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به صورت سلسله مراتبی به هم مرتبط بوده و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی مشخص است را به شکل ساده‌تری در می‌آورد. در تحقیق حاضر جهت مکان‌یابی کشت زعفران ابتدا اطلاعات مربوط به استعداد اراضی و پوشش زمین، توپوگرافی و اقلیم بعنوان عوامل اصلی انتخاب شدند. هریک از عوامل مذکور بعنوان معیارهای

شرایط کشت زعفران مورد مطالعه قرار گرفت و نیازهای اولیه کشت آن مشخص گردید (نوکندی 1378). سپس اطلاعات پایه گردآوری و محاسبات آماری لازم جهت تعمیم اطلاعات نقطه‌ای به نقشه‌های سطحی صورت گرفت. پس از عملیات ورود اطلاعات به محیط GIS لایه‌های اطلاعاتی تکمیلی بر اساس آنها تولید شدند. در مرحله بعد به مدل‌سازی مکانی و تلفیق اطلاعات اقدام شد. در نهایت اراضی شهرستان مرند از نظر پتانسیل کشت زعفران به طبقات مختلف تقسیم شدند.

نتایج

سنجش قابلیت اراضی و مکان‌یابی کشت زعفران

به منظور تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان مرند برای کشت زعفران ابتدا بر اساس مدل AHP به خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری عوامل موثر اقدام شد و پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها، برای هر یک از عوامل و گزینه‌ها لایه‌های اطلاعات مکانی ایجاد شده و با توجه به معیارهای مورد نظر، تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم



شکل 3 - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به منظور مکان‌یابی کشت زعفران

مورد توجه بوده است. شکل 3 فهرست عوامل اصلی

اصلی از زیرشاخه‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که در انتخاب هریک از زیرشاخه‌ها شرایط کشت زعفران

آنها بدست می‌آید و سپس با استفاده از وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه تعیین می‌گردد. در اصل در این مقایسه‌ها میزان ارجحیت عناصر بر یکدیگر مشخص می‌شود. این مقیاس‌بندی که توسط ساعتی (1980) ارائه شده در جدول 1 آمده است (قدسی‌پور 1384).

و زیرشاخه‌های هریک از آنها را نشان می‌دهد که در مدل بصورت یک لایه مورد استفاده قرار گرفته است.

تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه می‌شوند که بدین صورت وزن نسبی

جدول 1- مقیاس ساعتی به منظور تعیین میزان ارجحیت برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات
1	ترجیح یکسان
3	ترجیح متوسط
5	ترجیح بیشتر
7	ترجیح خیلی بیشتر
9	ترجیح کامل
2, 4, 6, 8	ترجیحات بین فواصل فوق

وزن نسبی زیرمعیارها و گزینه‌ها اقدام شد و در نهایت وزن نهایی هریک از گزینه‌ها تعیین گردید که مراحل محاسبات به شرح زیر است (جدول 2، 3 و 4).

به‌منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی، ابتدا برای هریک از آنها ماتریس میانگین هندسی تشکیل شد و وزن نسبی هر یک از آنها محاسبه و سپس به تعیین

جدول 2- ماتریس اقلیم، توپوگرافی، استعداد اراضی و پوشش زمین به همراه ضرایب مربوط

	استعداد اراضی و پوشش زمین	توپوگرافی	اقلیم
استعداد اراضی و پوشش زمین	1	1	9
توپوگرافی	1	1	7
اقلیم	1/9	1/7	1

$$w_1 = 0/490 \text{ ضریب اهمیت استعداد خاکها و پوشش زمین}$$

$$w_2 = 0/451 \text{ ضریب اهمیت توپوگرافی}$$

$$w_3 = 0/059 \text{ ضریب اهمیت اقلیم}$$

این نشان دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها می‌باشد. برای به دست آوردن ضریب اهمیت زیر معیارها، همان

همانطور که مشاهده می‌شود، مجموع ضریب اهمیت معیارهای سه‌گانه فوق معادل عدد یک است و

به شکل زیر می‌باشد. همچنین پارامتر یا همان معیار اقلیم نیز از دو زیرمعیار تشکیل شده است که ماتریس آن بصورت زیر آورده شده است.

جدول 3- ماتریس‌های شیب، ارتفاع، بارش و حداقل دمای 5 درجه سانتی‌گراد و کمتر به همراه ضرایب مربوط

بارش	حداقل دمای 5 درجه و کمتر	ارتفاع	شیب
2	1	2	1
1	1/2	1	1/2

$w_1 = 0/467$ ضریب اهمیت حداقل دمای 5 درجه
 $w_2 = 0/095$ ضریب اهمیت بارش
 $w_1 = 0/667$ ضریب اهمیت شیب
 $w_2 = 0/333$ ضریب اهمیت ارتفاع

که در آن:

W_k ضریب اهمیت معیار k

W_i ضریب اهمیت زیر معیار i

g_{ij} امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i

به عبارت ساده‌تر از ضرب هریک از پارامترها (معیارها) در زیر معیار مربوط به آن و از ضرب عدد به دست آمده در امتیاز گزینه مربوطه، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها بدست آمد. به عنوان مثال ضریب اهمیت پارامتر (معیار) توپوگرافی عدد 0/451 می‌باشد که در عدد 0/667 که ضریب اهمیت یکی از زیر معیارهای آن یعنی شیب است ضرب شده و عدد به دست آمده ضرب در 0/597 که امتیاز گزینه A مربوط به آن است گردید و با این حساب امتیاز گزینه A برابر 0/180 تعیین گردید.

ضریب نسبی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در شکل 4 و امتیاز نهایی محاسبه شده برای هر یک از گزینه‌ها در جدول 5 ارائه شده است.

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. مکانیزمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در

مراحلی که برای به دست آوردن ضریب اهمیت معیارها طی شده است، انجام گردید. معیار توپوگرافی از دو معیار ارتفاع و شیب تشکیل شده است که ماتریس آن

بعد از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه‌ها تعیین گردید. یک تفاوت که در این مقایسه‌ها وجود دارد این است که مقایسه گزینه‌های مختلف نسبت به زیرمعیارها و یا معیارها (اگر معیاری زیر معیار نداشته باشد) صورت می‌گیرد. درحالی‌که مقایسه معیارها با یکدیگر نسبت به "هدف" مطالعه، که در این تحقیق مکان‌یابی است، صورت می‌گیرد. در ادامه ماتریس‌های دو دوئی گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیر معیارها به تصویر کشیده شده است که در مورد معیار پوشش زمین گزینه‌ها به سبب این که این معیار زیر معیاری ندارد مستقیماً با خود این معیار در نظر گرفته شده‌اند.

تعیین امتیاز نهایی

در این مرحله از تلفیق ضرایب مزبور، امتیاز نهایی هریک از گزینه‌ها تعیین شد. برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی ساعتی (1988) استفاده شده که منجر به ایجاد یک "بردار اولویت" با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی گردید (رابطه 1).

$$\text{امتیاز نهایی (اولویت)} = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m W_k W_i (g_{ij}) \quad [1]$$

گزینه j

شاخص تصادفی بودن حاصل شده است. چنانچه این

$$[3] \text{ شاخص سازگاری } CI = \frac{I_{\max} - n}{n - 1}$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n)

از جدول 6 قابل استخراج است (یاون 1993)

نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب

سازگاری است که از تقسیم شاخص سازگاری به

ضریب کوچکتر یا مساوی 0/1 باشد، سازگاری در

قضاوتها مورد قبول بوده وگرنه باید در قضاوتها

تجدید نظر شود (روابط 2 و 3).

$$[2] \text{ ضریب سازگاری } CR = \frac{CI}{RI}$$

جدول 4- ماتریسهای شیب، دما، ارتفاع، بارش و نوع زراعت به همراه ضرایب مربوط

	A	B	C
A	1	3	9
B	1/3	1	6
C	1/9	1/6	1

$W_A = 0/663$ ارتفاع بین 1300 - 2300 متر

$W_B = 0/278$ ارتفاع کمتر از 1300 متر

$W_C = 0/059$ ارتفاع بیشتر از 2300 متر

	A	B	C
A	1	2	9
B	1/2	1	7
C	1/9	1/7	1

$W_A = 0/597$ شیب کمتر از 8%

$W_B = 0/346$ شیب بین 8-15%

$W_C = 0/057$ شیب بالاتر از 15%

	A	B	C
A	1	2	3
B	1/2	1	2
C	1/3	1/2	1

میانگین بارش سالانه

$W_A = 0/540$ بیشتر از 300 میلی متر

$W_B = 0/297$ بین 250 - 300 میلی متر

$W_C = 0/163$ کمتر از 250 میلی متر

	A	B	C
A	1	2	5
B	1/2	1	3
C	1/5	1/3	1

احتمال وقوع حداقل دمای 5 درجه و کمتر

$W_A = 0/582$ کمتر از 25%

$W_B = 0/309$ بین 25-45%

$W_C = 0/109$ بیشتر از 45%

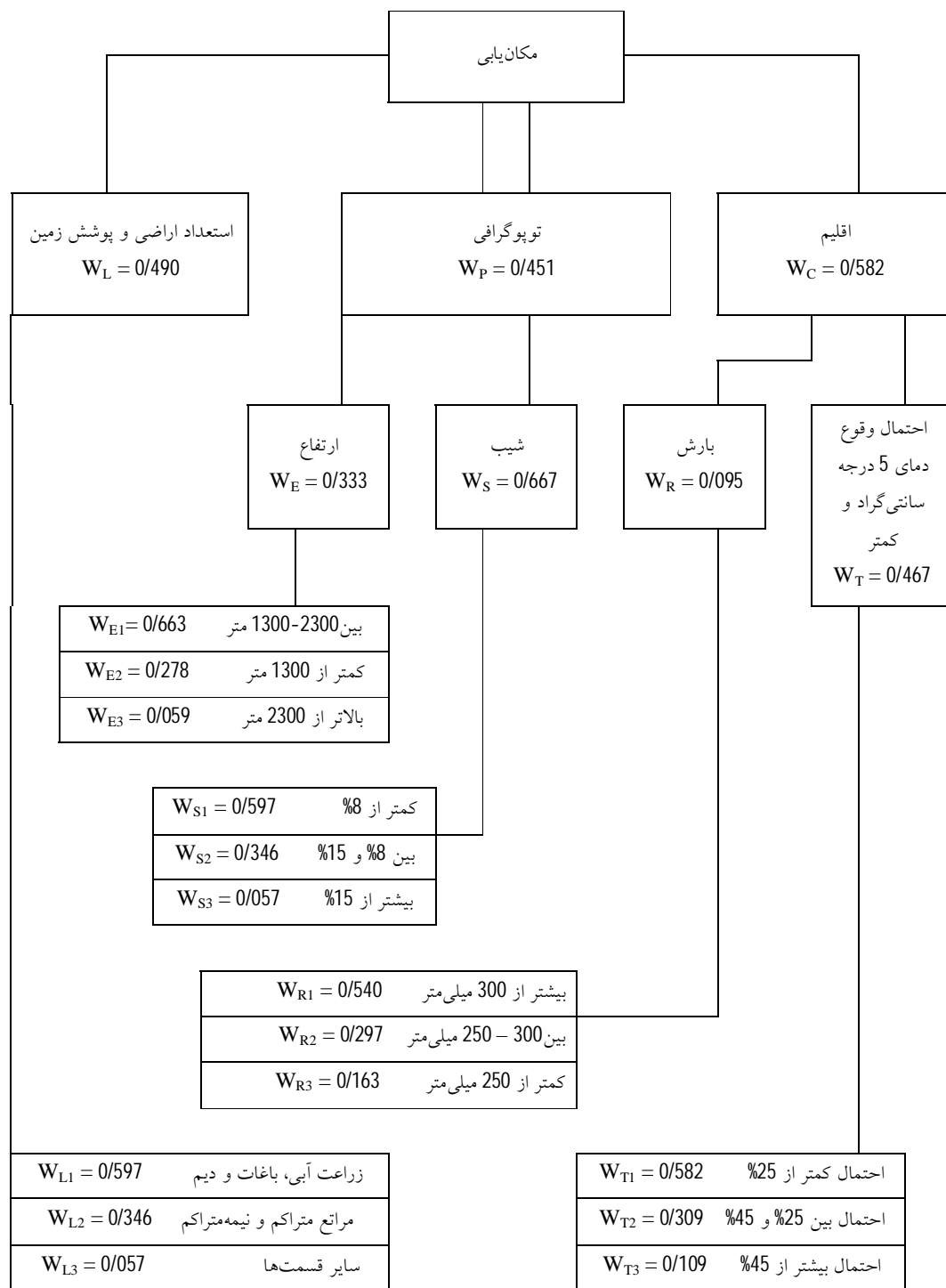
	A	B	C
A	1	2	9
B	1/2	1	7
C	1/9	1/7	1

پوشش زمین

$W_A = 0/597$ زراعت آبی و دیم و باغات

$W_A = 0/346$ مراتع متراکم و نیمه متراکم

$W_A = 0/057$ سایر قسمتها



شکل 4- ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی

جدول 5- وزن دهی پارامترهای موثر در کشت زعفران بر اساس مدل سلسله مراتبی

پارامترهای						
وزن	وزن	عوامل	وزن	عوامل	وزن	موثر در
نسبی	نسبی	فرعی	نسبی	عوامل	نسبی	کشت
زعفران						
0/100	0/663	خوب				
0/042	0/278	متوسط	0/333	ارتفاع		
0/009	0/059	ضعیف			0/451	توپوگرافی
0/180	0/597	خوب				
0/104	0/346	متوسط	0/667	شیب		
0/017	0/057	ضعیف				
0/292	0/597	خوب				
0/169	0/346	متوسط	0/490			پوشش زمین
0/028	0/057	ضعیف				
0/016	0/582	خوب		حداقل		
0/008	0/309	متوسط		دمای 5		
			0/467	درجه		
0/003	0/109	ضعیف		سانتی گراد	0/059	اقلیم
				و کمتر		
0/003	0/540	خوب				
0/002	0/297	متوسط	0/095	بارش		
0/001	0/163	ضعیف				

جدول 6- شاخص تصادفی بودن (R.I.)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0/58	0/9	1/12	1/24	1/32	1/41	1/45	1/49	1/51	1/48	1/56	1/57	1/59

اهمیت) معیارها به دست می آید. نتایج بررسی سازگاری معیارها، زیرمعیارها و گزینه های بکار رفته در مدل در جدول 7 ارائه شده است. به طوریکه مشاهده می شود در تحقیق حاضر شاخص سازگاری در همه موارد کمتر از 0/1 بوده و بنابراین سازگاری در تمام قضاوت های مورد نظر رعایت شده است.

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم ($\lambda \max$) از L به شرح زیر استفاده می شود (رابطه 4).

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

AW_i برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دو دوئی معیارها در بردار W_i (بردار وزن یا ضریب

جدول 7- نتایج بررسی سازگاری معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

شاخص سازگاری	گزینه	شاخص سازگاری	زیر معیار	شاخص سازگاری
0/05	ارتفاع	0	توپوگرافی	
0/02	شیب			
0	احتمال وقوع دمای 5 درجه سانتی گراد و کمتر	0/01	اقلیم	0/01
0/01	میانگین بارش سالانه			
0/02	-		پوشش زمین	

گروه طبقه‌بندی شد که در جدول 8 آورده شده است.

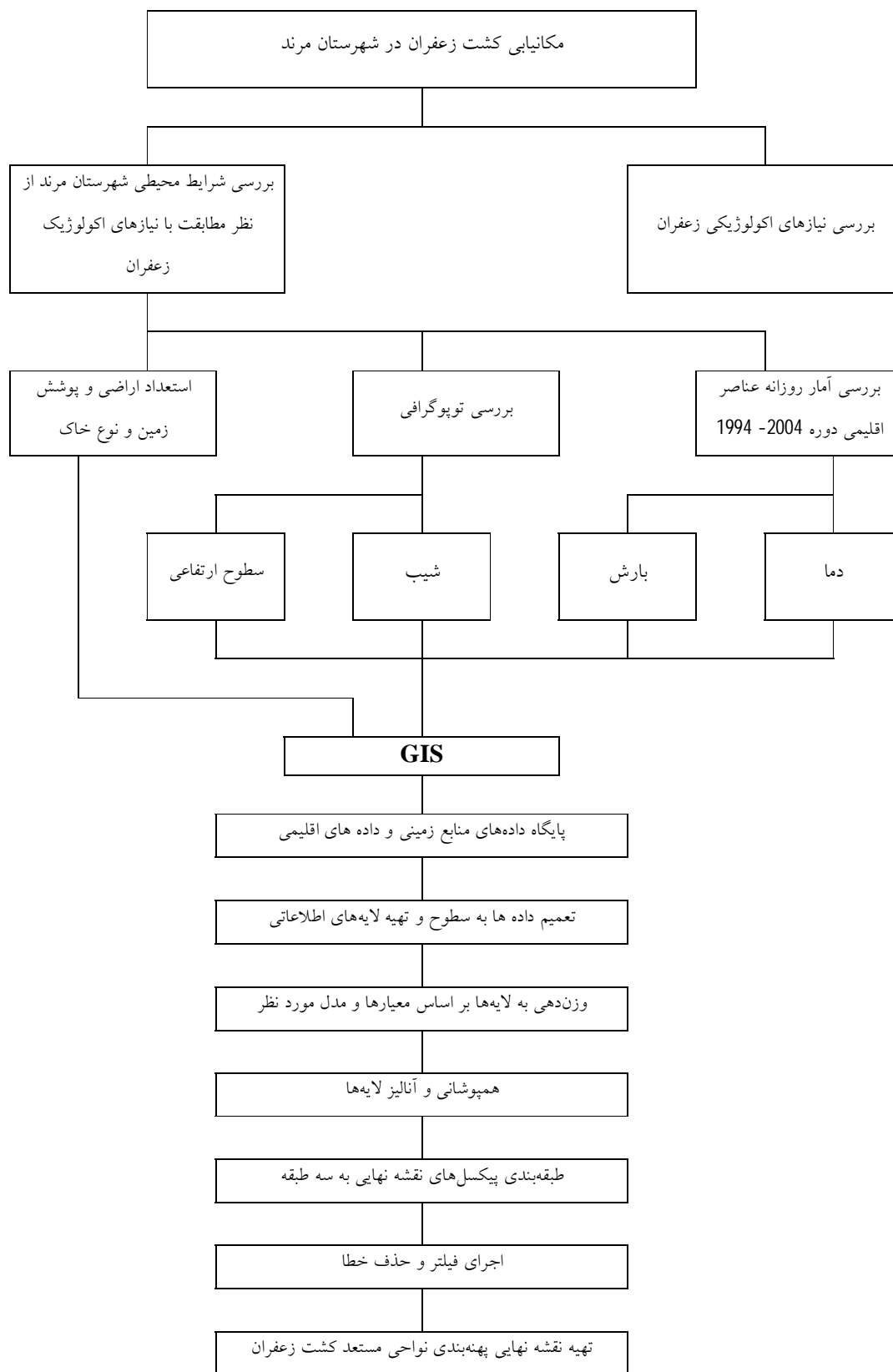
این طبقات عبارتند از:

- الف- مناطق قابل کشت زعفران که تقریباً 6/5% اراضی شهرستان را در بر می‌گیرد .
- ب- مناطق نسبتاً قابل کشت که نزدیک به 5% اراضی شهرستان را تشکیل می‌دهد.
- ج- مناطق غیر قابل کشت زعفران که 89% مساحت شهرستان را در بر می‌گیرد.

مدلسازی فضایی و ترکیب لایه‌ها

در این مرحله اطلاعات مکانی و توصیفی پس از ورود به سیستم GIS و بهره‌گیری از توابع آن مورد پردازش قرار گرفته و بر اساس آن‌ها لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز بوجود آمدند. این لایه‌های اطلاعاتی با توجه به نیازهای اکولوژیکی زعفران و بر اساس معیارهای تعیین شده در مدل تهیه شدند . شکل 5 مراحل مدلسازی، نحوه تلفیق داده‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی را نشان می‌دهد. همچنین در شکل 6 لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مکانیابی مناطق مساعد کشت زعفران در شهرستان مرند نشان داده شده‌اند.

پس از انجام مدلسازی فضایی و همپوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید. در این لایه مناطقی که پیکسل‌های تشکیل دهنده آن از ارزش بالاتری برخوردار باشند برای کشت زعفران مستعد می‌باشند. در نهایت بر اساس ارزش پیکسل‌های این لایه، سطح شهرستان مرند از نظر استعداد کشت زعفران به سه



شکل 5 - مراحل انجام تحقیق و مدل سازی فضایی

جدول 8- توزیع مساحت شهرستان مرند از لحاظ کشت زعفران

گروه	قابلیت	درصد به سطح شهرستان	مساحت بر حسب هکتار
الف	مناسب	6/43	21468/2
ب	نسبتاً مناسب	4/57	15279/5
ج	نا مناسب	89	297007/9

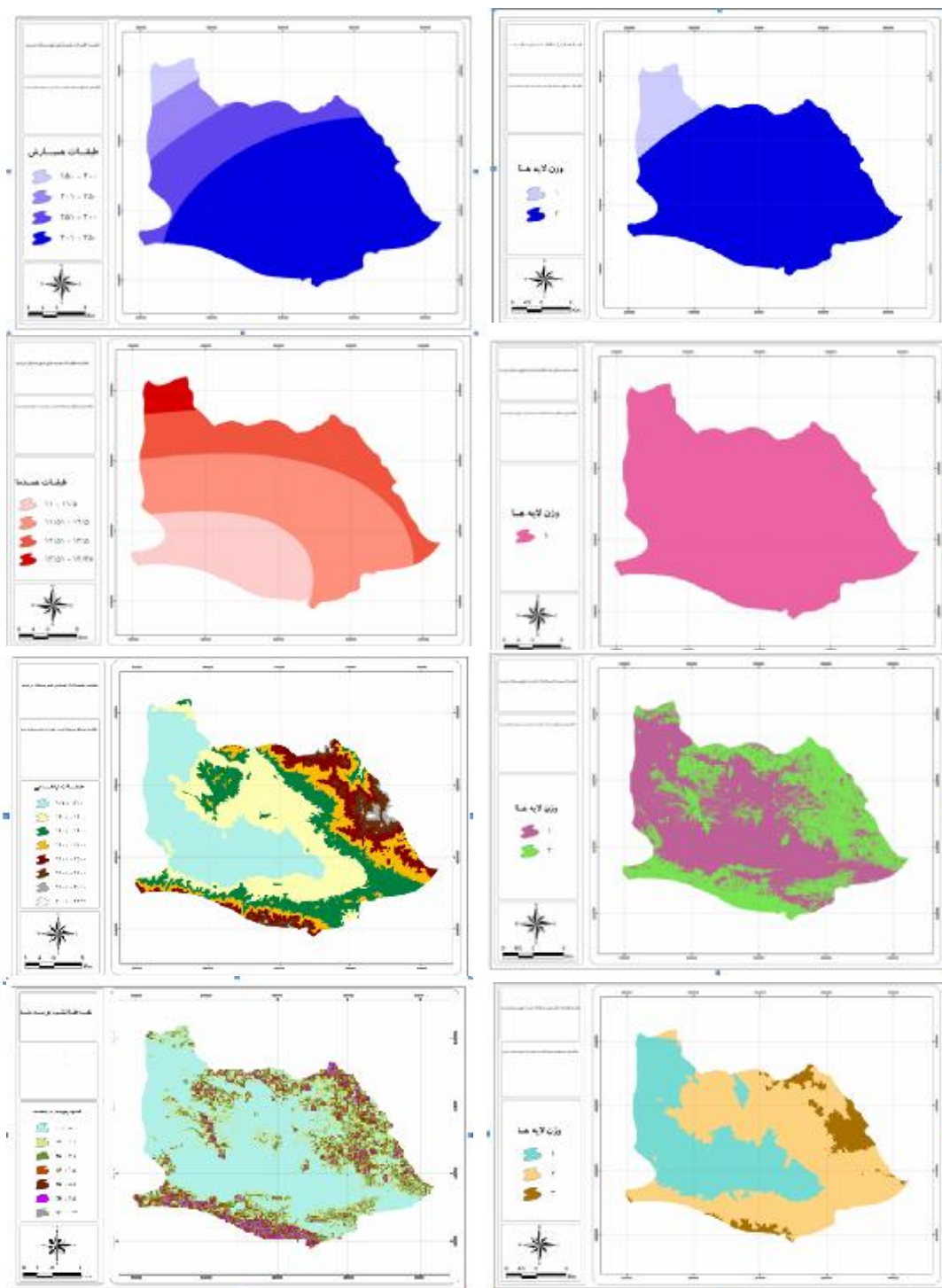
نتیجه گیری

گروه دوم مناطقی هستند که از نظر کشت زعفران از شرایط نسبی برخوردارند و شامل مناطق کوهپایه‌ای و دشت‌های کوهستانی واقع در شمال و جنوب شهرستان مرند می‌باشد. 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.

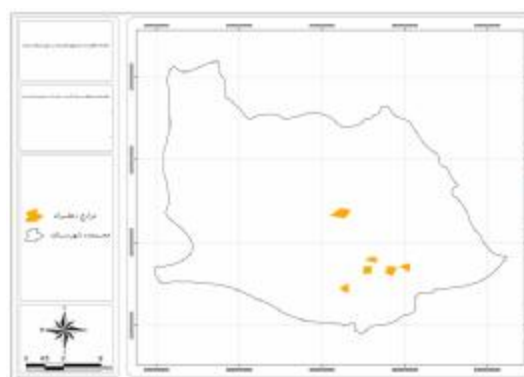
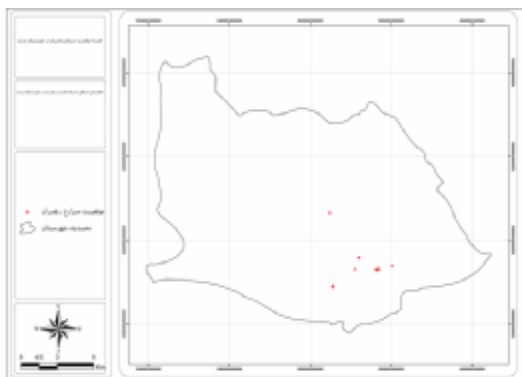
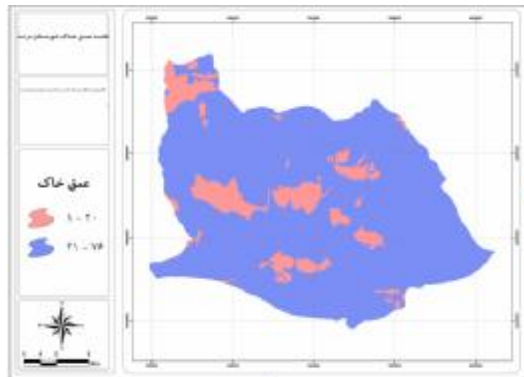
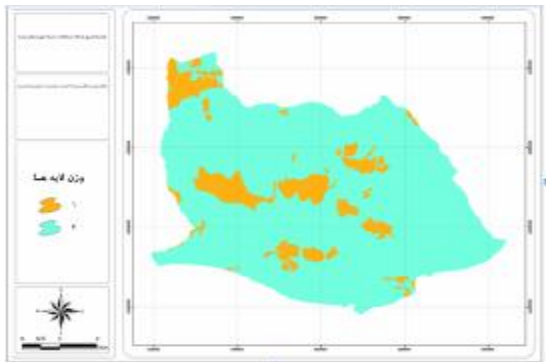
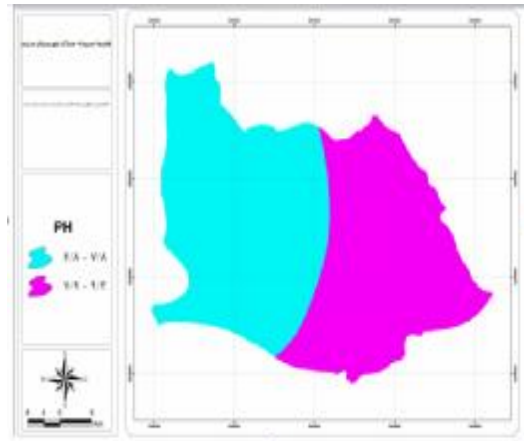
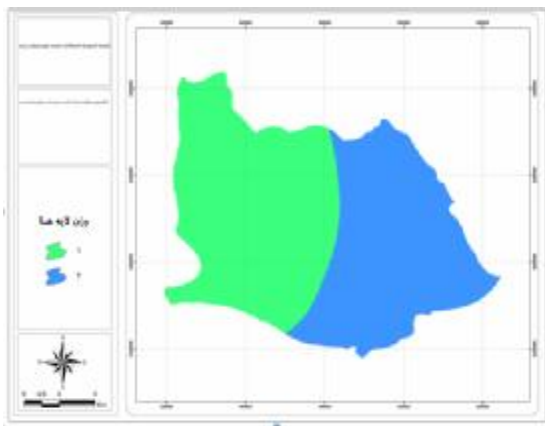
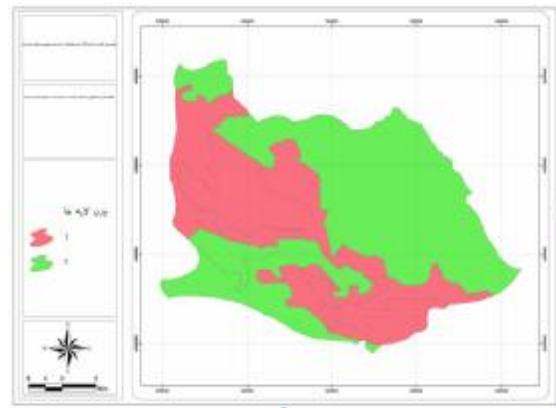
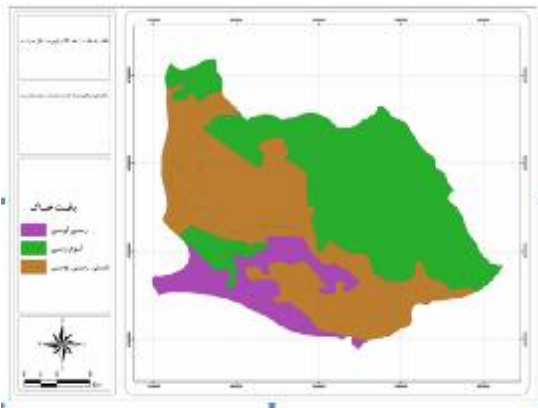
گروه سوم پهنه‌هایی از شهرستان مرند را در بر می‌گیرد که فاقد شرایط لازم برای کشت زعفران می‌باشند. بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل‌های فضایی عوامل مختلفی سبب نامناسب بودن این مناطق شده است. در نواحی مرتفع کوهستانی که در حاشیه شمالی و جنوبی شهرستان واقع شده‌اند، محدودیت عمده محیطی به علت شیب زیاد، ارتفاع زیاد و در نتیجه برودت شدید هوا و نیز عدم وجود خاک مناسب می‌باشد.

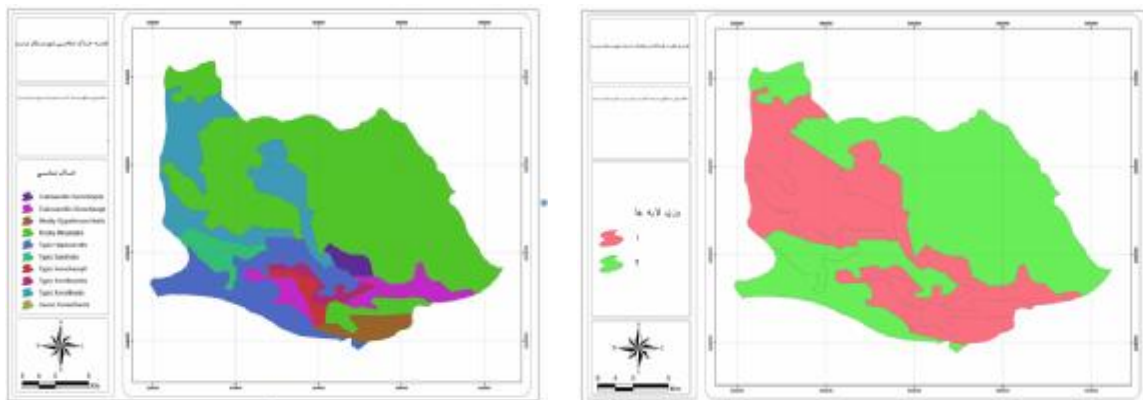
تجزیه و تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی منابع در اصل شامل تقسیم‌بندی عوامل محیطی به قسمت‌های قابل فهم و سپس ترکیب آن‌ها به نحوی است که ارزیاب بتواند به توان یا محدودیت منابع سرزمین برای کاربری مورد نظر پی ببرد. در این تحقیق پس از وزن دهی به پارامترهای مؤثر در کشت زعفران بر اساس مدل (AHP) و انجام مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی به کمک GIS نقشه پهنه‌های مستعد کشت زعفران در شهرستان مرند تهیه گردید (شکل 7). در این نقشه سطح شهرستان از نظر پتانسیل کشت زعفران به سه گروه طبقه‌بندی شده است.

گروه اول شامل مناطق قابل کشت زعفران است که بخش‌های وسیعی از محدوده شهرستان مرند را در بر می‌گیرد. این گروه عمدتاً منطبق بر مناطق کشاورزی شهرستان بوده و در صورت تأمین آب زراعی محدودیت عمده محیطی برای کشت زعفران وجود ندارد.

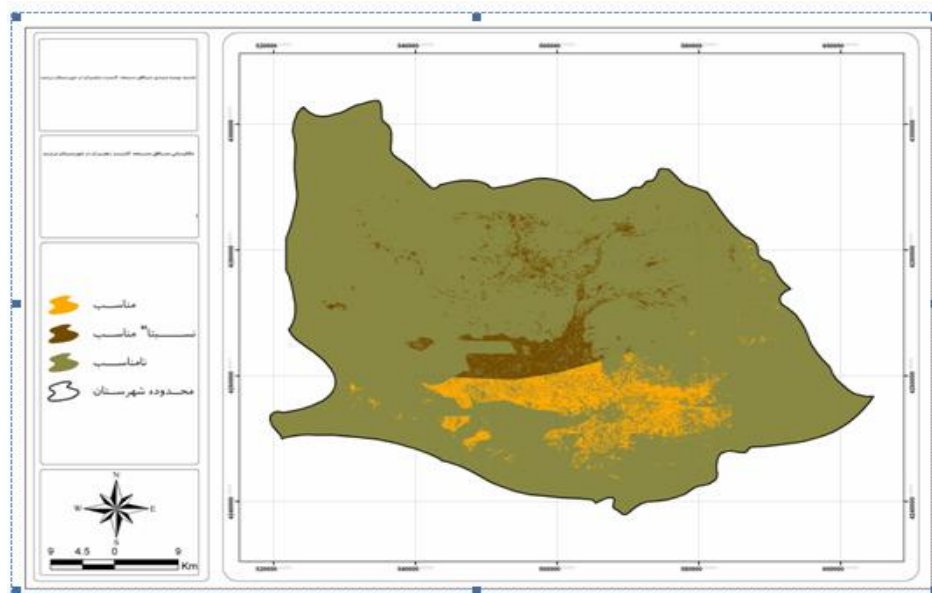


شکل 6- لایه‌های مورد استفاده در مکان‌یابی مناطق مستعد کشت زعفران در شهرستان مرند





شکل 6- (ادامه)



شکل 7- مکان‌یابی پهنه‌های مستعد کشت زعفران در محدوده شهرستان مرند

قابل توجهی از اراضی زراعی شهرستان مرند از قابلیت‌های لازم برای کشت زعفران برخوردار بوده و با توجه به ویژگی‌های خاص این محصول، جایگزینی کشت آن با محصولاتی که مصرف آب بالایی دارند، می‌تواند مورد توجه کارشناسان کشاورزی استان قرار گیرد. زیرا کشت آن در کنار سایر محصولات کشاورزی به ویژه در مناطقی که با کمبود آب و کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی مواجه‌اند مفید بوده و همچنین می‌تواند تراکم فعالیت‌های کشاورزی را در زمان‌های بحرانی نیاز به نیروی کار کاهش دهد.

جهت ارزیابی نتایج بدست آمده و اطمینان از صحت اطلاعات نقشه نهایی، با مراجعه به تعدادی از مزارع آزمایشی کشت زعفران که تحت نظر سازمان جهاد کشاورزی استان فعالیت می‌نمایند، عملکرد گیاه و کیفیت محصول با اطلاعات بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی مقایسه شد. با در نظر گرفتن مقیاس و دقت اطلاعات مکانی که در تحقیق مورد استفاده قرار گرفته بود صحت نتایج بدست آمده تأیید گردید که نشان دهنده کارایی روش‌های MCDM به ویژه مدل تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی جهت کشت زعفران می‌باشد. یافته‌های تحقیق نشان داد که بخش

منابع مورد استفاده

- امیر قاسمی، ت. 1380. زعفران طلای سرخ ایران، نشر آیندگان.
- بنایی، م. ح. 1380. نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- بهنیا، م. 1370. زراعت زعفران. انتشارات دانشگاه تهران.
- جعفر بیگلو، م و مبارکی، ز. 1387. سنجش تناسب اراضی استان قزوین از نظر کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره 66. صفحات 119-101.
- راشد محصل، م. ح. 1368، گزارش علمی بررسی وضعیت زعفران. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. 1382. نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس 1:250000 شهرستان مرند.
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. 1381. نقشه‌های رقومی پوشش سطح زمین (Land cover).
- سازمان هواشناسی کشور. 1994-2004. داده‌ها و اطلاعات روزانه ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان مرند و ایستگاه‌های مجاور.
- فرجی سبکبار، ح. 1384 مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش سلسله مراتبی. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، مؤسسه جغرافیا. دانشگاه تهران، شماره 51. صفحات 138-125.
- قدسی پور، س. ح. 1384 فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

- کافی، م. 1381. زعفران، فناوری، تولید و فرآوری. دانشگاه فردوسی مشهد.
- کوچکی، ع و خیابانی، ح. 1371. مبانی اکولوژی کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- مبارکی، ز، 1384. مکان‌یابی کشت زعفران در استان قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- میرزا بیاتی، ر. 1383. امکان‌سنجی کشت زعفران در دشت نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- نوکندی، ع. ک. 1378. اثرات عوامل اقلیمی بر کشت زعفران در جنوب خراسان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان.
- Bown, WM 1993. AHP, Multiple Criteria Evaluation in Klosterman, Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis. New Brunswick Center for Urban Policy Research. Springer. USA.
- Kafi, M, Koocheki, A, Rashed, MH and Nassiri, M, 2006. Saffron (*Crous sativus*) Production and Processing, USA Science Publishers.
- Saaty, TL, 1980. The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority and Resource Allocation, RWS Publication. USA.
- Saaty, TL, 1988. Hierarchies and Priortiesy In: Saaty, TL and Alexander JM, (Eds), The Thinking with Models: Mathematical Models in Physical and Social Sciences. Oxford Pergamon Press. pp: 148 – 155.