

سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

منصور جعفریگللو* - عضو هیات علمی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

زهرا مبارکی - دانشجوی کارشناس ارشد جغرافیا دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۱/۲۵ تایید نهایی: ۱۳۸۷/۴/۱۲

چکیده

زعفران با ارزش اقتصادی بسیار بالا نقش ویژه‌ای در صادرات غیر نفتی ایران دارد و شناسایی مناطق مستعد کشت آن در سطح کشور، زمینه را برای برنامه‌ریزی‌های لازم در مورد آن فراهم خواهد کرد. با توجه به تاثیر عوامل محیطی گوناگون بر رشد و عملکرد محصول زعفران، فرایند سنجش تناسب اراضی برای کشت آن مستلزم استفاده از اطلاعات جامع و متنوع مکانی و توصیفی است، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امکان بهره‌گیری از این نوع داده‌ها را فراهم ساخته و تحلیل فضایی اطلاعات را بر اساس مدل‌های مورد نظر تسهیل نموده‌اند. در این تحقیق با در نظر گرفتن نیازهای اکولوژیک زعفران از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱ (MCDM) مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی^۲ (AHP) استفاده شده است و به کمک محیط نرم‌افزاری ArcGIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفته و براساس آن اراضی استان قزوین از نظر قابلیت کشت زعفران ارزیابی و پهنه‌بندی شده است. فرایند تحقیق شامل مراحل گردآوری اطلاعات، محاسبات و تحلیل‌های آماری، ورود اطلاعات به GIS، خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری معیارها، مدل‌سازی فضایی و تلفیق اطلاعات بوده است. نتیجه تحقیق نشان دهنده کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بوده و براساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شده است.

واژه‌های کلیدی: زعفران، مکان‌یابی، مدل سلسله مراتبی، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

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 آن‌را در پی داشته باشد اهمیت این موضوع سبب شده است تا محققان و متخصصان علوم محیطی توجه ویژه‌ای به آمایش سرزمین داشته

E-mail: mjbeglo@ut.ac.ir

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۸۷۵۵۶۸

¹ - Multi Criteria Decision Making

² - Analytical Hierarchy Process

باشند و در این زمینه منابع اکولوژیکی زمین را با روش‌های مناسب مورد شناسایی قرار داده و برای استفاده از امکانات موجود راه 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 مثل 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 امکان‌سنجی کشت آن در استان قزوین 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 زیادی در زمینه شرایط کشت زعفران صورت گرفته است که در این مقاله از نتایج آن‌ها در تعیین نیازهای اکولوژیکی زعفران استفاده شده است از بین آن‌ها می‌توان به آثار (کافی و همکاران، ۲۰۰۶)، (کافی، ۱۳۸۱)، (امیر قاسمی، ۱۳۸۰)، (بهنیا، ۱۳۷۰) و (کوچکی، ۱۳۷۱) اشاره نمود.

مدل‌سازی فضایی از مهمترین راه کارهایی است که می‌تواند با روشی علمی شرایط بهتری را در زمینه سنجش تناسب اراضی برای کشت محصول خاص بوجود آورد با توجه به اینکه سنجش تناسب اراضی در سطح استان نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد لازم است از روش‌های تحلیل چندمعیاره^۱ (MCDA) استفاده شود در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که در تحقیق حاضر از مدل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است این روش در ایران مورد توجه قرار گرفته و در تحقیقات مختلف از آن استفاده شده است، از جمله (زبردست، ۱۳۸۰) و (فرجی سبکبار، ۱۳۸۴) روش سلسله مراتبی را به ترتیب در برنامه‌ریزی شهری و مکان‌یابی خدمات بازرگانی مورد استفاده قرار داده و نتایج به دست آمده از آن را مناسب ارزیابی نموده‌اند. در این تحقیق با توجه به این نکته که معیارهای تصمیم‌گیری به صورت متضاد بوده است، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان مدل در سنجش اراضی استان قزوین جهت کشت زعفران استفاده شده است. برای این منظور ابتدا شرایط کشت زعفران مورد مطالعه قرار گرفته و نیازهای اولیه کشت آن مشخص گردید سپس اطلاعات پایه گردآوری و محاسبات آماری لازم جهت تعمیم اطلاعات نقطه‌ای به نقشه‌های سطحی صورت گرفت پس از عملیات ورود اطلاعات به سیستم GIS لایه‌های اطلاعاتی تکمیلی بر اساس آن‌ها تولید شدند در مرحله بعد به مدل‌سازی فضایی و تلفیق اطلاعات اقدام شد و در نهایت اراضی استان قزوین از نظر پتانسیل کشت زعفران به طبقات مختلف تقسیم شدند. در این تحقیق اهداف زیر مورد نظر بوده است:

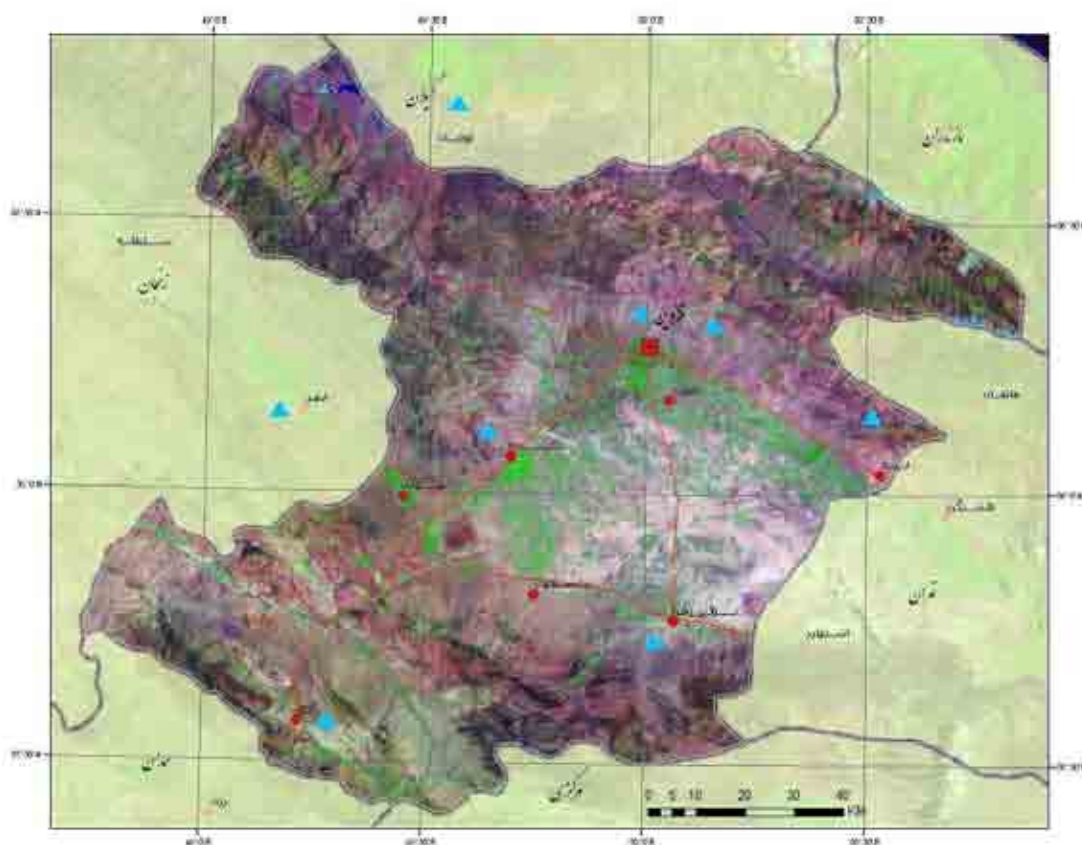
۱. شنا سایی و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت زعفران در استان قزوین
۲. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در سنجش تناسب اراضی برای کشت زعفران
۳. استفاده از نرم‌افزارهای GIS برای تعیین توان اکولوژیکی توسعه کشت زعفران.

¹ - Multi-criteria Decision Analysis

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا ویژگی‌های طبیعی استان قزوین مورد مطالعه قرار گرفت که این مطالعات شامل بررسی وضعیت توپوگرافی، شیب، پوشش گیاهی، استعداد خاک‌ها و کاربری اراضی و ویژگی‌های اقلیمی شامل: وضعیت دما، بارش، تابش خورشیدی و رطوبت نسبی می‌باشد. سپس شرایط کشت زعفران مورد مطالعه دقیق قرار گرفته و با مشخص شدن نیازهای اولیه کشت زعفران پتانسیل‌های استان قزوین در زمینه کشت این محصول بررسی شده است.

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



شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای استان قزوین ترکیب ۲ RV G4 B سنجنده T M

در این تصویر موقعیت نسبی ایستگاه‌های سینوپتیک با علامت مثلث مشخص شده است

- در انجام این تحقیق از مواد و ابزار زیر جهت ایجاد پایگاه اطلاعات فضایی استفاده شده است:
۱. آمار و اطلاعات روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی واقع در محدوده استان قزوین و مناطق همجوار، سازمان هواشناسی کشور (دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۹۴).
 ۲. مدل رقومی ارتفاع DEM با قدرت تفکیک زمینی ۸۶ متر، تهیه شده بر اساس داده‌های راداری.
 ۳. نقشه پوشش زمین (Land cover) استان قزوین که با استفاده از تصاویر سال ۱۹۹۸ سنجنده TM ماهواره لندست تهیه شده و به وسیله تصاویر سال ۲۰۰۲ سنجنده ETM مجدداً بازنگری شده است.
 ۴. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
 ۵. نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
 ۶. نرم افزارهای Arc\GIS و Arc\view به منظور رقومی سازی نقشه‌ها و تشکیل پایگاه داده‌های فضایی و مدل سازی.
 ۷. نرم افزارهای آماری Excel و Smada جهت انجام محاسبات آماری و نرم افزار Expert Choice جهت انجام محاسبات ریاضی.

نیازهای اکولوژیک زعفران

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* از خانواده زنبقیان^۱ گیاهی علفی، چند ساله^۲، بدون ساقه و پیاز دار است (راشد محصول ۱۳۶۷) این گیاه دارای ریشه‌های افشان بوده که از قاعده پیاز می‌رویند. پیاز یا بنه زعفران تعداد شش تا نه برگ باریک از نوع چمنی و تعدادی گل تولید می‌نماید. گل زعفران که از نظر اقتصادی و تجاری مهمترین قسمت آن به حساب می‌آید^۳ اولین اندامی است که در شروع رشد این گیاه ظاهر می‌شود. مراحل رشد زعفران بر اساس اندام هوایی آن به سه مرحله تقسیم شده است (کافی ۱۳۸۱) که هر مرحله شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد.

الف) مرحله رشد زایشی^۴: در این مرحله که معمولاً پانزده تا بیست و پنج روز طول می‌کشد گل زعفران ظاهر شد، و زمان برداشت محصول نیز به حساب می‌آید البته از نظر فیزیولوژیکی رشد زایشی مدت‌ها قبل از ظهور گل شروع می‌شود (کافی ۱۳۸۱) 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 عامل محرک شروع این مرحله آبیاری مزرعه زعفران و یا وقوع بارندگی دو هفته قبل از افت دما به زیر ۱۵ درجه سانتیگراد است. مطلوب‌ترین دما برای تمایز گل‌ها در این مرحله ۹ تا ۱۵ درجه سانتیگراد می‌باشد (وب. سحرخیز، ۱۳۸۵). در این دوره دمای شب از ده درجه سانتیگراد و دمای روز از ۲۲ درجه سانتیگراد نباید تجاوز نماید (نوکندی ۱۳۷۸) همچنین افت دما به زیر ۵ درجه سانتیگراد

^۱ - Iridaceous

^۲ - پنج تا هفت ساله

^۳ - در هر گل سه کلاله همراه با خامه پس از خشک کردن زعفران تجارتي را تشکیل می‌دهد.

^۴ - Generative phase

باعث کاهش محصول و وقوع یخبندان باعث از بین رفتن آن می گردد، بنابراین محاسبه احتمال وقوع یخبندان در دوره گل دهی اهمیت زیادی دارد.

ب) مرحله رویشی^۱: این مرحله بلافاصله پس از ظهور گل شروع می شود. 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 می یابد و طول آن حداقل شش ماه است در این مرحله برگ ها ذخایر لازم برای تغذیه بنه را از طریق فتوسنتز فراهم می کنند. حداقل دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره ۱۸- تا ۲۲- درجه سانتی گراد بوده (کافی، کوچکی و سایرین ۲۰۰۶، ۴۰) و این مرحله به آبیاری یا بارندگی نیاز دارد.

ج) مرحله رکود^۲: 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 برگ ها در بهار شروع شده و تا انجام اولین آبیاری در فصل پاییز ادامه می یابد. حداکثر دمای قابل تحمل برای گیاه در این دوره ۴۰ درجه سانتی گراد ذکر شده است (وب، سحرخیز، ۱۳۸۵). از نظر اقلیمی زعفران بیشترین تطابق را با الگوی بارندگی مدیترانه ای با میزان بارش ۴۰۰-۳۰۰ میلی متر و زمستان های پوشیده از برف دارد. 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 استان آب کافی برای کشت این محصول وجود دارد.

زعفران در خاک های سبک با ترکیبی از شن و رس و خاک های دارای ساختمان متوسط و کم و بیش نرم با نفوذ پذیری خوب (کافی ۲۰۰۶، ص ۴۲) و خاک های حاوی کلسیم یا آهک دار که PH آن ها بین ۸-۷ بوده و دارای میزان مناسب مواد آلی باشند، بهتر به عمل می آید. خاک های اسیدی و اراضی فاقد زهکشی برای این گیاه نامناسب بوده و در خاک های بسیار غنی نیز به علت غلبه رشد رویشی بر رشد زایشی محصول مناسبی نمی دهد. از نظر توپوگرافی زمین های با شیب کمتر از ۸٪ و در ایران سطوح ارتفاعی بین ۱۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر برای کشت این محصول مناسب تر است (وب، سحر خیز، ۱۳۸۵).

مدل تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد این فرایند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (قدسی پور، ۱۳۸۴). یکی از مزایای مهم این تکنیک آشکارسازی میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم گیری می باشد. این روش که بر مبنای

¹ - Vegetative phase

² - Dormant phase

ارزیابی چند معیاری پایه‌گذاری شده است ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی^۱ پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل: هدف‌ها، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرایند 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 فرایند 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 فرایند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه وزن (ضریب اهمیت) معیارها (و زیرمعیارها در صورت وجود)، محاسبه وزن (ضریب اهمیت) گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود (زبردست، ۱۳۸۰، ۱۵).

یافته‌های تحقیق

سنجش تناسب اراضی و مکان یابی کشت زعفران

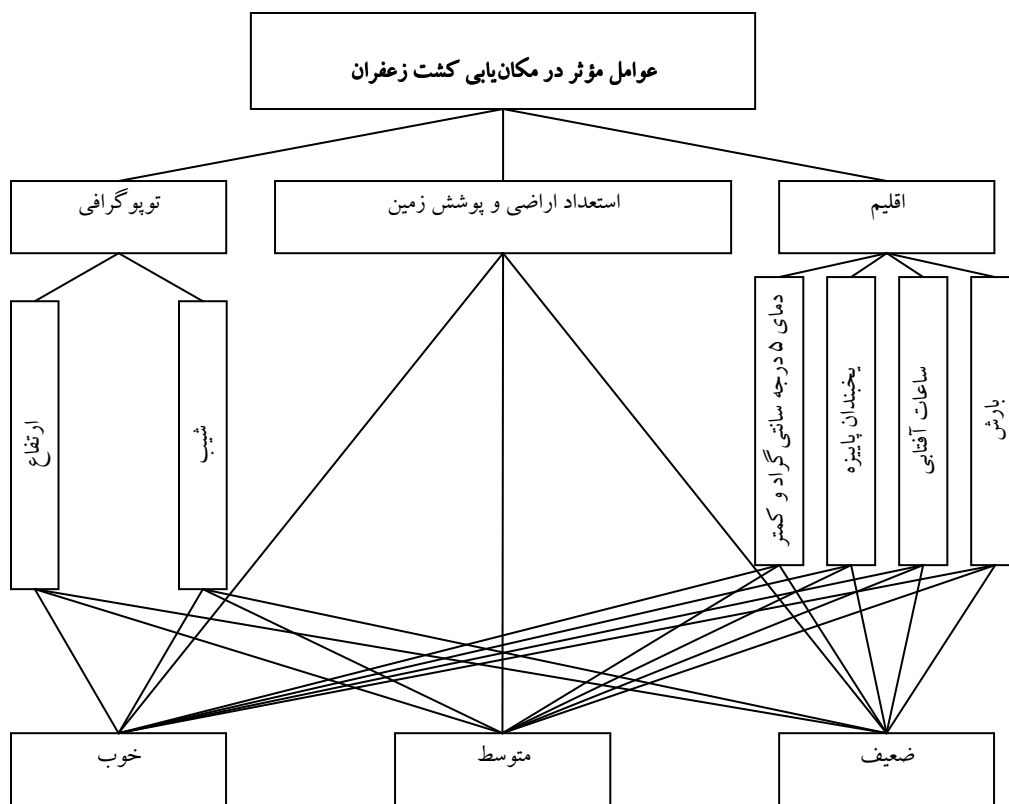
به منظور تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف استان قزوین برای کشت زعفران ابتدا بر اساس مدل AHP به خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری عوامل موثر اقدام شد و پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها، برای هر یک از عوامل و گزینه‌ها لایه‌های اطلاعات مکانی ایجاد شد و با توجه به معیارهای مورد نظر تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم افزارهای GIS صورت گرفت و اراضی استان از نظر قابلیت کشت زعفران طبقه‌بندی شد، فرایند قابلیت سنجی اراضی و مکان یابی شامل مراحل زیر بوده است:

۱. ایجاد ساختار سلسله مراتبی:

در این مرحله ساختار سلسله مراتبی مربوط به موضوع مشخص گردید، این مرحله مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی به حساب می‌آید زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی آنها را به شکلی ساده، که با ذهن انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر، فرایند 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، هر یک از عوامل مذکور بعنوان معیارهای اصلی از زیرشاخه‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که در انتخاب هر یک از زیرشاخه‌ها شرایط کشت زعفران مورد توجه بوده است. شکل

¹ Thomas L. Saaty

شماره ۲ فهرست عوامل اصلی و زیرشاخه‌های هریک از آنها را نشان می دهد که در مدل بصورت یک لایه مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۲ فرایند تحلیل سلسله مراتبی به منظور مکان‌یابی کشت زعفران

۲- تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها

در تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه می شوند که بدین صورت وزن نسبی آنها بدست می آید و سپس با استفاده از وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه تعیین می گردد. در اصل در این مقایسه‌ها میزان ارجحیت عناصر بر یکدیگر مشخص می شود. این مقیاس‌بندی که توسط ساعتی ارائه شده است در جدول یک آمده است.

جدول ۱ مقیاس ساعتی به منظور تعیین میزان ارجحیت برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات
۱	ترجیح یکسان
۳	کمی مرجح
۵	ترجیح بیشتر
۷	ترجیح خیلی بیشتر
۹	کاملاً مرجح
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

منبع: قدسی پور ۱۳۸۴

به منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی، ابتدا برای هر یک از آن‌ها ماتریس میانگین هندسی تشکیل شد و وزن نسبی هر یک از آن‌ها محاسبه گردید؛ سپس به تعیین وزن نسبی زیر معیارها و گزینه‌ها اقدام شد و در نهایت وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین گردید که مراحل محاسبات به شرح زیر است.

اقلیم توپوگرافی استعداد اراضی و پوشش زمین

$$\begin{matrix} \text{استعداد اراضی و پوشش زمین} \\ \text{توپوگرافی} \\ \text{اقلیم} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 9 \\ 1 & 1 & 7 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

$$W_1 = 0/490 \text{ ضریب اهمیت استعداد خاک‌ها و پوشش زمین}$$

$$W_2 = 0/451 \text{ ضریب اهمیت توپوگرافی}$$

$$W_3 = 0/059 \text{ ضریب اهمیت اقلیم}$$

همانطور که مشاهده می‌شود، مجموع ضریب اهمیت معیارهای سه گانه فوق معادل عدد یک است و این نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است. برای به دست آوردن ضریب اهمیت زیر معیارها، همان مراحل را که برای به دست آوردن ضریب اهمیت معیارها طی شد، انجام می‌دهیم. معیار توپوگرافی از دو معیار ارتفاع و شیب تشکیل شده است که ماتریس آن به شکل زیر است.

$$\begin{matrix} \text{ارتفاع} \\ \text{شیب} \end{matrix} \begin{matrix} \text{شیب} \\ \text{ارتفاع} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

$$W_1 = 0/667 \text{ ضریب اهمیت شیب}$$

$$W_2 = 0/333 \text{ ضریب اهمیت ارتفاع}$$

پارامتر یا همان معیار اقلیم نیز از چهار زیر معیار تشکیل شده است که ماتریس آن به شکل زیر است.

$$\begin{matrix} \text{ساعات یخبندان} \\ \text{بارش آفتابی} \\ \text{حد اقل دمای ۵ درجه و کمتر} \\ \text{یخبندان پاییزه} \\ \text{ساعات آفتابی} \\ \text{بارش} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

$$W_1 = 0/467 \text{ ضریب اهمیت حد اقل دمای ۵ درجه و کمتر}$$

$$W_2 = 0/278 \text{ ضریب اهمیت یخبندان پاییزه}$$

$$W_3 = 0/160 \text{ ضریب اهمیت ساعات آفتابی}$$

$$W_4 = 0/095 \text{ ضریب اهمیت بارش}$$

بعد از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه‌ها تعیین می‌شود. 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. درحالی که مقایسه معیارها با یکدیگر نسبت به "هدف" مطالعه، که در این تحقیق مکان‌یابی است، صورت می‌گیرد. در ادامه ماتریس‌های دودوئی گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیرمعیارها 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.

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ A & 1 & 3 & 9 \\ B & \frac{1}{3} & 1 & 6 \\ C & \frac{1}{9} & \frac{1}{6} & 1 \end{matrix}$$

$$W_A = 0/663 \text{ ارتفاع بین } 1300-2300 \text{ متر}$$

$$W_B = 0/278 \text{ ارتفاع کمتر از } 1300 \text{ متر}$$

$$W_C = 0/059 \text{ ارتفاع بیشتر از } 2300 \text{ متر}$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 9 \\ B & \frac{1}{2} & 1 & 7 \\ C & \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1 \end{matrix}$$

$$W_A = 0/597 \text{ شیب کمتر از } 8\%$$

$$W_B = 0/346 \text{ شیب بین } 8\% - 15\%$$

$$W_C = 0/057 \text{ شیب بالاتر از } 15\%$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 5 \\ B & \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ C & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{matrix}$$

احتمال وقوع حداقل دمای ۵ درجه و کمتر

$$W_A = 0/582 \text{ کمتر از } 25\%$$

$$W_B = 0/309 \text{ بین } 25\% - 45\%$$

$$W_C = 0/109 \text{ بیشتر از } 45\%$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 5 \\ B & \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ C & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{matrix}$$

احتمال وقوع یخبندان پاییزه

$$W_A = 0/582 \text{ کمتر از } 15\%$$

$$W_B = 0/309 \text{ بین } 15\% - 30\%$$

$$W_C = 0/109 \text{ بیشتر از } 30\%$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

میانگین ماهانه ساعات آفتابی

$$W_A = 0/637 \text{ بیشتر از } ۲۵۵$$

$$W_B = 0/258 \text{ بین } ۲۴۵-۲۵۵$$

$$W_C = 0/105 \text{ کمتر از } ۲۴۵$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

میانگین بارش سالانه

$$W_A = 0/540 \text{ بیشتر از } ۳۰۰ \text{ میلی متر}$$

$$W_B = 0/297 \text{ بین } ۲۵۰-۳۰۰ \text{ میلی متر}$$

$$W_C = 0/163 \text{ کمتر از } ۲۵۰ \text{ میلی متر}$$

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 9 \\ \frac{1}{2} & 1 & 7 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

پوشش زمین

$$W_A = 0/597 \text{ زراعت آبی و باغات و زراعت دیم}$$

$$W_B = 0/346 \text{ مراتع متراکم و نیمه متراکم}$$

$$W_C = 0/057 \text{ سایر قسمت‌ها}$$

۳- تعیین امتیاز نهایی

در این مرحله از تلفیق ضرایب مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین خواهد شد که برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی ساعتی استفاده می‌شود که منجر به ایجاد یک "بردار اولویت" با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود.

$$g_{ij} \text{ امتیاز نهایی (اولویت) گزینه } j = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i(g_{ij})$$

که در آن:

w_k ضریب اهمیت معیار K

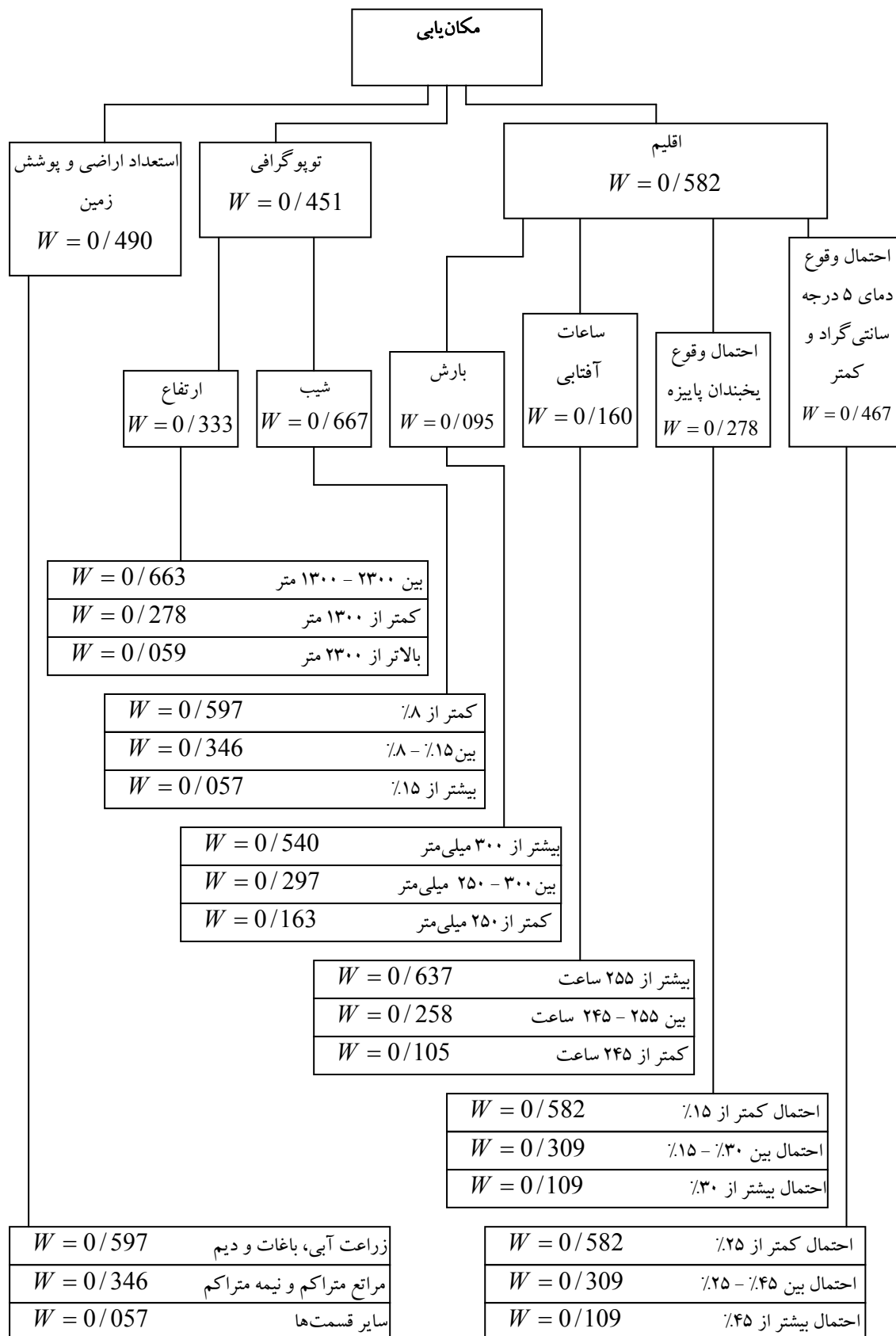
w_i ضریب اهمیت زیر معیار i

g_{ij} امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i (زبردست، ۱۳۸۰)

به عبارت ساده تر 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 هریک از گزینه ها بدست می آید. به عنوان مثال ضریب اهمیت پارامتر (معیار) توپوگرافی عدد ۰/۴۵۱ می باشد که در عدد ۰/۶۶۷ که ضریب اهمیت یکی از زیر معیارهای آن یعنی شیب است ضرب می شود و عدد به دست آمده ضرب در ۰/۵۹۷ که امتیاز گزینه A مربوط به آن است شده و امتیاز نهایی گزینه A به دست می آید.

$$0/451 \times 0/667 \times 0/597 = 0/180 \quad \text{امتیاز نهایی گزینه A}$$

ضریب نسبی معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها در شکل شماره ۳ و امتیاز نهایی محاسبه شده برای هر یک از گزینه ها در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۳ ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی

جدول ۴ وزن دهی پارامترهای موثر در کشت زعفران بر اساس مدل سلسله مراتبی (AHP)

وزن نهایی	وزن نسبی	عوامل فرعی	وزن نسبی	عوامل	وزن نسبی	پارامترهای موثر در کشت زعفران
۰/۱۰۰	۰/۶۶۳	خوب	۰/۳۳۳	ارتفاع	۰/۴۵۱	توپوگرافی
۰/۰۴۲	۰/۲۷۸	متوسط				
۰/۰۰۹	۰/۰۵۹	ضعیف				
۰/۱۸۰	۰/۵۹۷	خوب	۰/۶۶۷	شیب		
۰/۱۰۴	۰/۳۴۶	متوسط				
۰/۰۱۷	۰/۰۵۷	ضعیف				
۰/۲۹۲	۰/۵۹۷	خوب	۰/۴۹۰	پوشش زمین		
۰/۱۶۹	۰/۳۴۶	متوسط				
۰/۰۲۸	۰/۰۵۷	ضعیف				
۰/۰۱۶	۰/۵۸۲	خوب	۰/۴۶۷	حداقل دمای ۵ درجه سانتی گراد و کمتر	اقلیم	
۰/۰۰۸	۰/۳۰۹	متوسط				
۰/۰۰۳	۰/۱۰۹	ضعیف				
۰/۰۰۹	۰/۵۸۲	خوب	۰/۲۷۸	یخبندان پاییزه		
۰/۰۰۵	۰/۳۰۹	متوسط				
۰/۰۰۲	۰/۱۰۹	ضعیف				
۰/۰۰۶	۰/۶۳۷	خوب	۰/۱۶۰	ساعات آفتابی		
۰/۰۰۲	۰/۲۵۸	متوسط				
۰/۰۰۱	۰/۱۰۵	ضعیف				
۰/۰۰۳	۰/۵۴۰	خوب	۰/۰۹۵	بارش		
۰/۰۰۲	۰/۲۹۷	متوسط				
۰/۰۰۱	۰/۱۶۳	ضعیف				

۴- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرایند 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 نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری است که از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی بودن

حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{ضریب سازگاری} \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{شاخص سازگاری}$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول ۲ قابل استخراج است:

جدول ۲: شاخص تصادفی بودن ($R.I.$)

۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	n
۱/۵۹	۱/۵۷	۱/۵۶	۱/۴۸	۱/۵۱	۱/۴۹	۱/۴۵	۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۹	۰/۵۸	۰	R.I.

منبع: Bowen 1993

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم (λ_{\max}) از L به شرح زیر استفاده می‌شود:

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

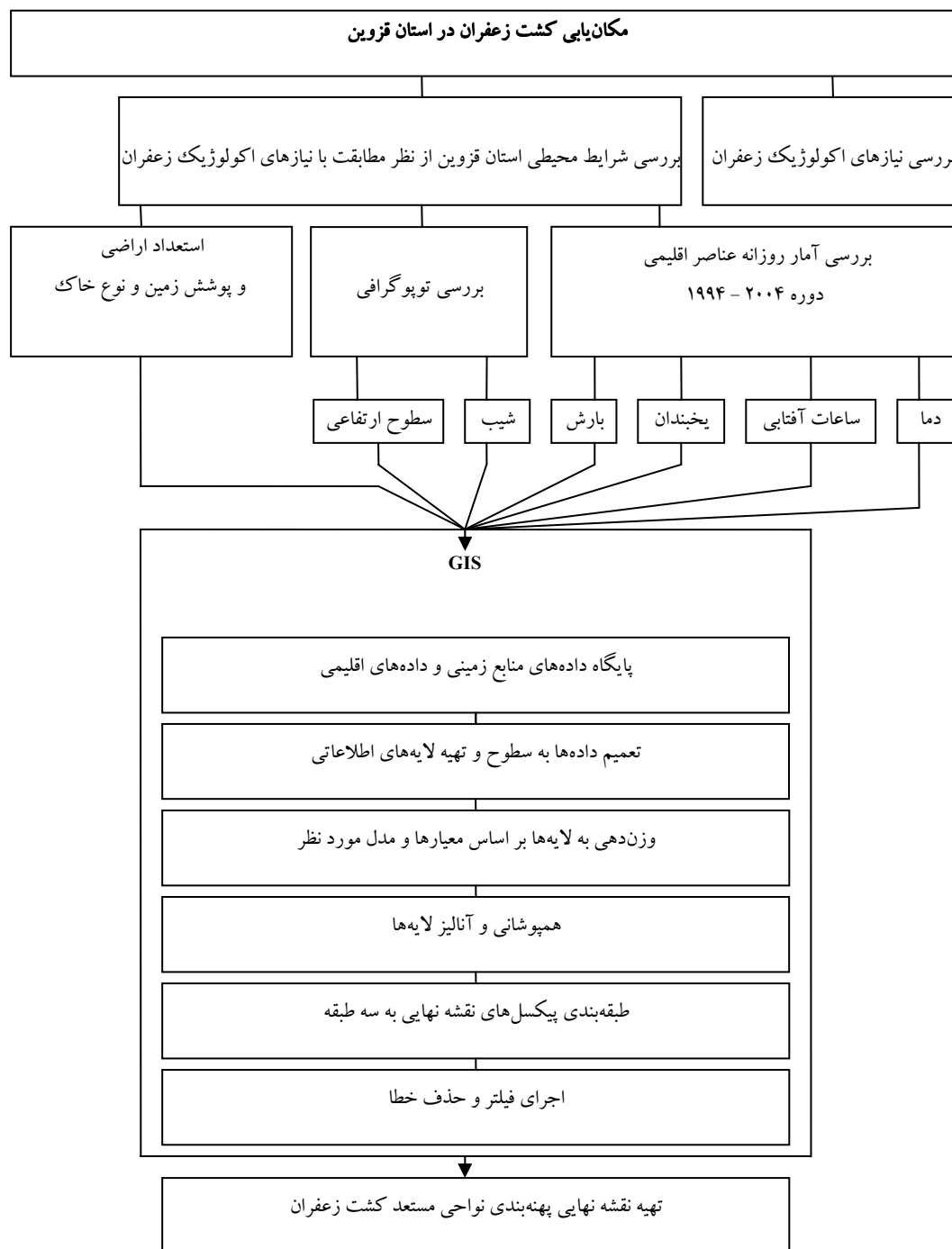
AW_i برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دودوئی معیارها در بردار W_i (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به دست می‌آید. نتایج بررسی سازگاری معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های بکاررفته در مدل در جدول ۳ ارائه شده است به طوری که مشاهده می‌شود در تحقیق حاضر شاخص سازگاری در همه موارد کمتر از ۰/۱ بوده و بنابراین سازگاری در تمام قضاوت‌های مورد نظر رعایت شده است.

جدول ۳: نتایج بررسی سازگاری معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

شاخص سازگاری	گزینه	شاخص سازگاری	زیر معیار	شاخص سازگاری
۰/۰۵	ارتفاع	۰	توپوگرافی	معیار
۰/۰۲	شیب			
۰	احتمال وقوع دمای ۵ درجه سانتی گراد و کمتر	۰/۰۱	اقلیم	
۰	احتمال وقوع یخبندان پاییزه			
۰/۰۴	میانگین ماهانه ساعات آفتابی			
۰/۰۱	میانگین بارش سالانه	۰/۰۲	پوشش زمین	

۵- 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 اکولوژیک زعفران و بر اساس معیارهای تعیین شده در مدل تهیه شدند. شکل ۴ مراحل مدل‌سازی، نحوه تلفیق داده‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ مراحل انجام تحقیق و مدل سازی فضایی

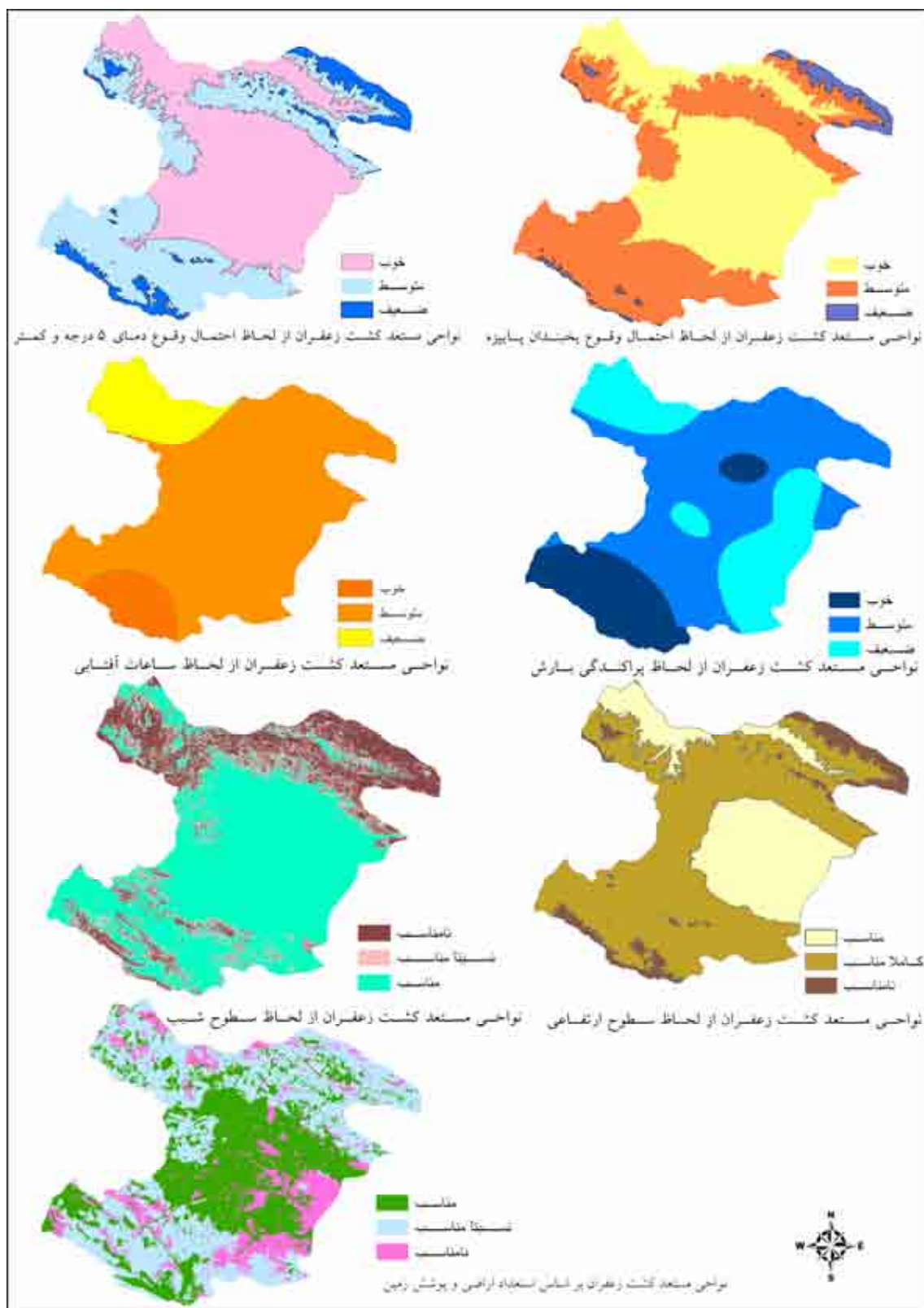
پس از انجام مدل سازی فضایی و همپوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید؛ در این لایه مناطقی که پیکسل‌های تشکیل دهنده آن از ارزش بالاتری برخوردار باشند برای کشت زعفران مناسب‌ترند، در نهایت بر اساس ارزش پیکسل‌های این لایه سطح استان قزوین از نظر استعداد کشت زعفران به سه گروه طبقه‌بندی شد. این طبقات عبارتند از: الف- مناطق مناسب کشت زعفران که تقریباً ۵۲٪ اراضی استان را در بر می گیرد. ب- مناطق نسبتاً

مناسب که ۳۰٪ اراضی استان را تشکیل می‌دهد. ج- مناطق نامناسب جهت کشت زعفران که ۱۸٪ مساحت استان را در بر می‌گیرد.

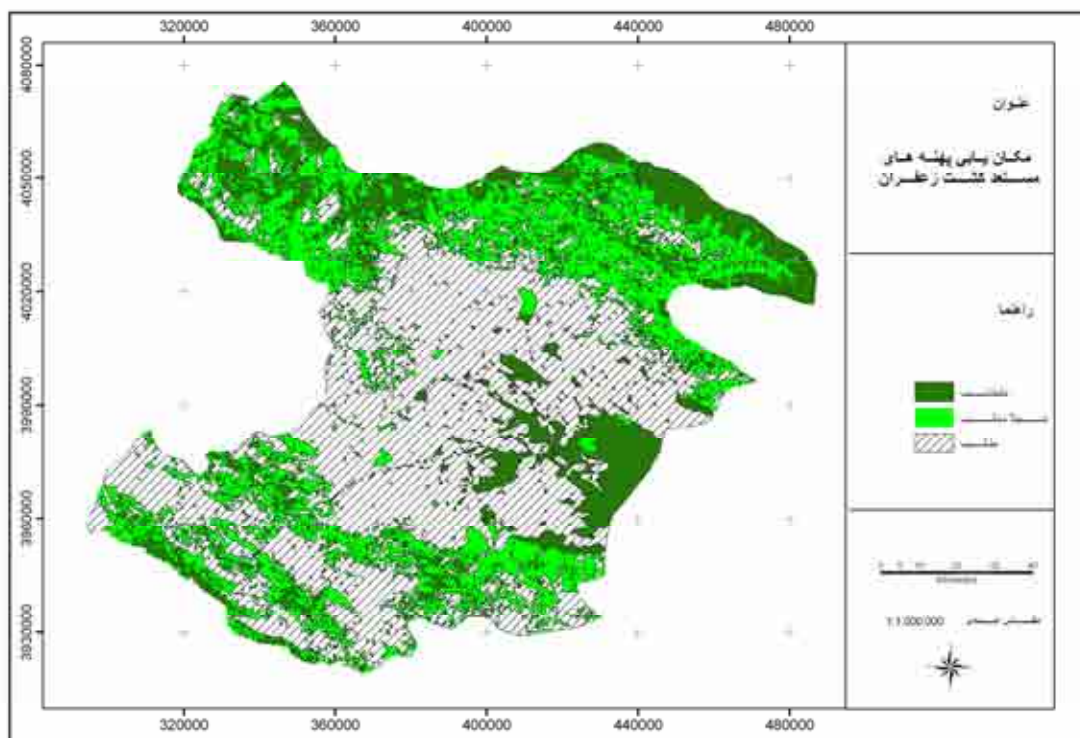
بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی منابع در اصل شامل تقسیم‌بندی عوامل محیطی به پاره‌های قابل فهم و سپس ترکیب آن‌ها به نحوی است که ارزیاب بتواند به توان یا محدودیت منابع سرزمین برای کاربری مورد نظر پی‌برد. 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 استان قزوین تهیه گردید (شکل ۶). در این نقشه سطح استان از نظر پتانسیل کشت زعفران به سه گروه طبقه‌بندی شده است. گروه اول شامل مناطق مناسب کشت زعفران است که بخش‌های وسیعی از دشت قزوین، تاکستان، بخش‌هایی از بویین زهرا و مناطق رسوبی حوضه خر رود را در بر می‌گیرد. این گروه عمدتاً منطبق بر مناطق کشاورزی استان بوده 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 نسبتاً مناسب برخوردارند و شامل مناطق کوهپایه‌ای و دشت‌های کوهستانی واقع در شمال و جنوب دشت قزوین 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 است.

گروه سوم پهنه‌هایی از استان قزوین 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 استان واقع شده‌اند، محدودیت عمده محیطی به علت شیب شدید، ارتفاع زیاد و در نتیجه برودت شدید هوا و نیز عدم وجود خاک مناسب می‌باشد. اما مناطق واقع در بخش‌های مرکزی و شرق استان و نواحی اطراف حوضه رود شور بویین زهرا با محدودیت‌های محیطی دیگری مواجه هستند. در این بخش‌ها عوامل مختلفی مثل وجود شرایط بیابانی، محدودیت منابع خاک به ویژه گسترش شوره‌زارها و سطوح سولنچاک مانع عمده برای کشت زعفران محسوب می‌شوند.



شکل ۵ لایه‌های مورد استفاده در مکان‌یابی کشت زعفران در استان قزوین



شکل ۶ مکان‌یابی پهنه‌های مستعد کشت زعفران

جدول ۵ توزیع مساحت استان قزوین از لحاظ کشت زعفران

گروه	قابلیت	درصد به سطح استان	مساحت بر حسب هکتار
A	مناسب	۵۱/۹۲	۸۰۳۲۰۳/۹۵۳۰۷۵
B	نسبتاً مناسب	۳۰/۳۴	۴۶۹۳۰۴/۹۹۵۷۴۴
C	نا مناسب	۱۷/۷۴	۲۷۴۵۰۰/۴۵۸۳۲

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 تناسب اراضی جهت کشت زعفران می‌باشد یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از استان قزوین 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 مطالعه دست‌اندرکاران برنامه‌ریزی استان قرار گیرد، زیرا کشت آن در کنار سایر محصولات کشاورزی به ویژه در مناطقی که با کمبود آب و افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی مواجهند مفید بوده و همچنین می‌تواند تراکم فعالیت‌های کشاورزی را در زمان‌های بحرانی نیاز به نیروی کار کاهش دهد.

منابع

- امیر قاسمی، ت. ۱۳۸۰، زعفران طلای سرخ ایران، نشر آیندگان.
- بنایی، م، ح. ۱۳۸۰، نقشه منابع و استعداد خاک های ایران، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- بهنیا، م. ۱۳۷۰، زراعت زعفران، انتشارات دانشگاه تهران.
- راشد محصل، م، ح و همکاران. ۱۳۶۸، گزارش علمی بررسی وضعیت زعفران، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران.
- زبردست، الف. ۱۳۸۰، مجله علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۱۰، دانشگاه تهران، صص ۲۱-۱۳.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه های توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ استان قزوین.
- سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۱، نقشه های رقومی پوشش سطح زمین (Land cover).
- سازمان هواشناسی کشور. ۲۰۰۴-۱۹۹۴، داده ها و اطلاعات روزانه ایستگاه های هواشناسی استان قزوین و ایستگاه های مجاور.
- فرجی سبکبار، ح. ۱۳۸۴، مکان یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش سلسله مراتبی، پژوهش های جغرافیایی شماره ۵۱، مؤسسه جغرافیا- دانشگاه تهران، صص ۱۳۸-۱۲۵.
- قدسی پور، س، ح. ۱۳۸۴، فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- کافی، م. ۱۳۸۱، زعفران، فناوری، تولید و فرآوری، دانشگاه فردوسی مشهد.
- کوچکی، ع و خیابانی، حمید. ۱۳۷۱، مبانی اکولوژی کشاورزی، جهاد دانشگاهی مشهد.
- میرزا بیاتی، ر. ۱۳۸۳، امکان سنجی کشت زعفران در دشت نیشابور، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی منوچهر فرج زاده، دانشگاه تربیت مدرس.
- مبارکی، ز، ۱۳۸۴، مکان یابی کشت زعفران در استان قزوین. پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی منصور جعفریگلو، دانشگاه تهران.
- نوکندی، ع، ک، ۱۳۷۸، اثرات عوامل اقلیمی بر کشت زعفران در جنوب خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی سیروس شفقی و حسنعلی غیور، دانشگاه اصفهان.

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

- Kafi, M. Koocheki, A. Rashed, M. H. Nassiri, M. 2006: Saffron(Crous sativus) Production and processing, USA Science publishers.

- Saaty, T L. 1988 PP. 148 – 155: Hierarchies and Priortiesy in Saaty, T.L. and Alexander J.M., The Thinking with Models: Mathematical Models in Physical and Social Sciences, Oxford: Pergamon Press.

- Saaty, T L. 1980: The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority, Resource Allocation, U. S. A: RWS Publication.

- www.Saharkhizsafron.com