اجرای مدل اکولوژیک کشاورزی با استفاده از AHP و FAHP در محیط GIS
(مورد مطالعه: منطقهٔ خائیز بهبهان)

حمیدرضا پورخباز[1*]، حسین اقدر[2]، فاطمه محمدیاری[3]، وحید رحیمی[4]

1- استادیار گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیای بهبهان، ایران
2- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکدهٔ علوم دانشگاه شهیدچمران اهواز، ایران
3- دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیای بهبهان، ایران
4- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیای بهبهان، ایران

دریافت: 92/12/3 پذیرش: 93/6/8

چکیده

جهان امروز با بحران تخریب منابع روبه‌روست. بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی و سامان‌دهی کاربری اراضی براساس توان اکولوژیکی آن‌ها، در مدیریت محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن‌ها به‌منظور توسعهٔ پایدار نقشی مهم دارد. ارزیابی توان اکولوژیک به‌عنوان هستهٔ مطالعات زیست‌محیطی، زمینهٔ مناسبی برای برنامه‌ریزی زیست‌محیطی فراهم می‌آورد. سیستم اطلاعات جغرافیایی با توانایی زیاد در مدیریت و ارائهٔ ستاده‌های جدید، ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی زیست‌محیطی است. از آنجا که کشاورزی آثار زیست‌محیطی بزرگی بر نواحی حاشیهٔ شهرها دارد، ارزیابی زمین‌های کشاورزی ضروری به‌نظر می‌رسد. در این پژوهش، با استفاده از معیارهای خاک، اقلیم، درصد شیب، تیپ پوشش گیاهی و منابع آبی، توان اکولوژیک کشاورزی منطقهٔ خائیز بهبهان باکمک روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

---

* نویسندهٔ مسئول مقاله: Email: Pourkhabbaz@yahoo.com

در محیط GIS ارزیابی شده است. به این منظور از روش‌های AHP ،FUZZY AHP Buckley و توابع عضویت فازی برای استانداردسازی و تعیین وزن معیارها استفاده شده است. برپایهٔ نتایج، در روش FAHP فقط 3 درصد از مساحت منطقه برای کاربری کشاورزی مساعد است که در مکان‌های با شیب 6-0 درصد، دارای ساختمان خاک کم‌تحول‌یافته و نیمه‌تحول‌یافته و بافت خاک لومی - رسی است. این نتیجه با واقعیت سازگاری بیشتری دارد. اما در روش AHP، 10 درصد از مساحت منطقه مساعد است. بنابراین، روش FUZZY AHP قابلیت بیشتری در تعیین مناطق مناسب برای کاربری کشاورزی دارد. می‌توان نتیجه گرفت که تجزیه و تحلیل چندمعیاره موجب زیاد شدن دقت ارزیابی برای مکان‌یابی می‌شود و مدل‌های تلفیقی راه‌حل مؤثری را جهت کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی، FUZZY AHP، AHP، منطقهٔ خائیز.

1- مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی انسان در قرن بیست‌ویکم، کاهش بیش از اندازهٔ منابع طبیعی است که همراه با سایر عوامل مانند رشد فزایندهٔ جمعیت، افزایش آلودگی‌ها، نارسایی توزیع متعادل منابع، رشد صنعتی و رشد اقتصادی، بحران جهانی را ایجاد کرده است (میرمحمدی، 1386: 32). در بسیاری موارد، انسان در مواجهه با طبیعت و محیط زیست شیوهٔ معقولی درپیش نگرفته و به‌جای جامع‌نگری و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری پایدار از محیط و منابع محدود پیرامونش، به بهره‌گیری و منفعت‌جویی ناپایدار با دو شیوهٔ مدیریت غلط در بهره‌برداری از زمین و نادرستی نوع استفاده از سرزمین پرداخته است (زاهدی‌پور، فتاحی و میرداوودی، 1384: 195). به‌طور خلاصه می‌توان چنین نتیجه گرفت که عاملِ کاهشِ بیش از حد منابع، استفادهٔ غیرمنطقی انسان از سرزمین است (Sicat, Carranza & Nidaumolu, 2005: 50). به همین دلیل، ارزیابیِ توان یک استراتژی اساسی برای استفاده از سرزمین است؛ زیرا با شناسایی و ارزیابی خصوصیات اکولوژیکی منطقه، توسعه‌ای همگام با طبیعت حاصل می‌شود. بنابراین، آگاهی از استعدادها و شناسایی ظرفیت‌ها می‌تواند راه‌گشای تهیه و اجرای طرح‌های کاربردی و عملی به‌منظور نیل به اهداف اقتصادی، حمایتی و حفاظتی باشد (امیری و همکاران، 1388: 112).

یکی از مهم‌ترین نکاتی که در برنامه‌ریزی کلان نباید از آن غافل بود، اهمیت کشاورزی است؛ زیرا اگر قرار است توسعه‌ای مستمر انجام گیرد، باید به‌طور ویژه از بخش کشاورزی

آغاز شود (آسایش، 1382: 30؛ قدیری معصوم و علیقلی فیروزجایی، 1382: 116). بخش کشاورزی- یکی از بخش‌های مهم در فرایند تولید- همواره در اقتصاد جهانی جایگاهی ویژه داشته است. امروزه، اهمیت کاربری کشاورزی و تأثیر آن بر اقتصاد کشور بر کسی پوشیده نیست و نیاز بخش‌های مختلف اقتصادی کشور به کشاورزی واقعیتی است که اگر به آن توجهی نشود، به توسعه و رشد آیندهٔ کشور آسیب بزرگی خواهد زد (عزمی، میرزایی قعله و شمسی، 1392: 57). کاربری کشاورزی به‌منزلهٔ فعالیتی که به‌طور تنگاتنگ با محیط سروکار دارد، برای داشتن کارایی و تناسب بیشتر با محیط زیست، نیازمند شناسایی علمی روزافزون توان محیطی است (محمدی و گیوی، 1380: 105).

بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای از نوع مسائل چندمعیاره است (عسگری، رازانی و رخشانی، 1381: 25؛ Feng & Xu, 1999: 3) که تحلیل ارزیابی و تصمیم‌گیری چندمعیاره طی چند دههٔ گذشته، به یکی از قوی‌ترین روش‌ها در برنامه‌ریزی تبدیل شده است (عسگری، رازانی و رخشانی، 1381: 25؛ Malczewski, 2004: 13; Anderson, 1987: 15). تجزیه و تحلیل چندمعیاره شامل روش‌هایی است که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای مرتبط با یک موضوع رتبه‌بندی، امتیازدهی و وزن‌دهی شده، سپس گزینه‌های مورد نظر الویت‌بندی و انتخاب شوند (عشوری و فریادی، 1389: 3). در تعیین مکان و ارزیابی توان اکولوژیک کاربری‌های مختلف، ازجمله کاربری کشاورزی نیز از انواع مدل‌های تصمیم‌گیری و گاه تلفیقی از آن‌ها بسیار استفاده می‌شود (پورخباز و همکاران، 1392: 152). در این مورد، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی با داشتن خصوصیاتی مانند توانایی اخذ از منابع مختلف و تبادل آن، سازمان‌دهی، دریافت و نمایش بهنگام اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده‌های گوناگون و امکان عرضهٔ خدمات چندمنظوره، ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه ارزیابی‌های چندعامله است (کرم، 1384: 101). عدم قطعیت در تفسیر داده‌های جغرافیایی اغلب به‌دلیل طبقه‌بندی داده‌ها صورت می‌گیرد (Stefanakis & Kavouras, 1995: 95). در فرایند طبقه‌بندی، مجموعه‌ای از ارزش‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند و به آن‌ها یک امتیاز داده می‌شود (استنلی، 1375: 56).

مدل‌های آمایشی ایران نیز دارای چنین ویژگی هستند. نصیری و همکاران (1390) مدل اکولوژیکی کشاورزی را با درنظر گرفتن هشت معیار در شهرستان مرودشت انجام دادند. در این مطالعه، برای تعیین وزن‌های هریک از عوامل اثرگذار در ارزیابی توان اکولوژیکی

کشاورزی، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتب فازی (FUZZY AHP) استفاده کردند. قاسمی و دانش (1390) با تحلیل سلسله‌مراتب فازی به تعیین گزینهٔ بهینهٔ تصفیهٔ آب‌های لب‌شور زیرزمینی در تربت حیدریه پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که تحلیل سلسله‌مراتب فازی ابزاری مناسب و کارا در نظام‌مند کردن تصمیم‌گیری‌های کلان در مدیریت منابع آب است. شجاعی و محمدی (2011) با تلفیق تحلیل سلسله‌مراتب فازی و نسبی خاکستری، به مسیریابی بهینهٔ خطوط لولهٔ گاز در استان فارس پرداختند و اهمیت هرکدام از معیارها را با استفاده از FAHP به‌دست آوردند. رشمیدوی[1] و همکاران (2009) در مطالعهٔ خود با استفاده از سیستم استنتاج فازی در روی‌کردی تلفیقی با GIS، توان کشاورزی حوضهٔ آبخیز بنگال غربی را ارزیابی کردند. نتایج ادغام سیستم استنتاج فازی با GIS حاکی از توانایی این روش در بررسی مقدار زیادی از اطلاعات و همچنین مفید بودن برای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی است. از دیگر تحقیقات در این زمینه می‌توان به وحیدنیا و آل‌شیخ (2009)، کارا و افندگل[2] (2010)، مینایی (1388)، جوانمردی و همکاران (1390) و رفیعی، نصیری و قدیری (1390) اشاره کرد.

در این پژوهش، منطقهٔ خائیز بهبهان ازنظر کاربری کشاورزی ارزیابی شده است. کشاورزی در این منطقه همواره براساس تجربهٔ کشاورزان انجام شده و استعداد و توان واقعی منطقه تاکنون به‌طور جدی مطالعه و بررسی نشده است؛ ازاین‌رو طرح تعیین کاربری اراضی براساس توان اکولوژیک در این منطقه ضروری می‌نماید. بدین منظور در این نوشتار، توان اکولوژیک منطقهٔ خائیز باکمک دو روش وزن‌دهی AHP و FUZZY AHP در تلفیق با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ارزیابی شده است.

2- مباحث نظری

ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین، مرحلهٔ میانی فرایند آمایش سرزمین و وقت‌گیرترین و مشکل‌ترین مرحلهٔ آن است (Basinski, 1985: 62). سانت- رویرا[3] و همکاران (2008) ارزش‌گذاری هریک از لکه‌های همگن سرزمین برای انواع کاربری‌های مختلف را ارزیابی توان اکولوژیک می‌دانند. مخدوم (1384: 187) با اشاره به اهمیت این مرحله، یادآوری می‌کند که

1. Reshmidevi
2. Kara & Efendigil
3. Sante-Riveira

اطلاعات اساسی جهت تعیین کاربری، پهنه‌بندی سرزمین و نظام مدیریت با ارزیابی توان فراهم می‌شود. از این قرار، ارزیابی سرزمین شامل پیش‌بینی یا سنجش کیفیت سرزمین ازنظر تولید، آسیب‌پذیری و نیازمندی‌های مدیریت است. بهره‌برداری مستمر از منابع طبیعی تجدیدشونده متضّمن شناسایی توان اکولوژیک سرزمین در هر محیطی است و این شناسایی باکمک مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی‌شده، امکان استفاده از منابع را فراهم می‌آورد و از تخریب محیط جلوگیری می‌کند (موحد و زاده‌دباغ، 1389: 15). درواقع، این ارزیابی گامی مؤثر در به‌دست آوردن برنامه‌ای برای توسعهٔ پایدار است. ازنظر لقایی و رودگرمی (1378)، ارزیابی توان اکولوژیک به‌عنوان اساس آمایش، برای کشورهایی که درصدد دست‌یابی به توسعهٔ پایدار همراه با حفظ منافع نسل‌های آتی هستند، گریزناپذیر خواهد بود.

در ایران نیز ارزیابی و طبقه‌بندی محیط زیست/ سرزمین با مقایسه بین ویژگی‌های اکولوژیک آب‌خیز و مدل‌های حرفی اکولوژیک انجام می‌شود. این مدل‌ها را مخدوم از سال 1364 ارائه کرده و تا به امروز توسعه، تحول و تکامل یافته‌اند. مدل‌های اکولوژیک ایران سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری برای ارزیابی توان اکولوژیک جهت پهنه‌های زیست‌محیطی ایران هستند (مخدوم و همکاران، 1388: 214). پیچیده‌ترین مدل در بین مدل‌های ارائه‌شده، مدل کشاورزی است. در دستگاه معادلات این مدل، هفت طبقه توان درنظر گرفته شده است که به‌تدریج از طبقهٔ یک به‌سمت طبقهٔ هفت، مرغوب‌بودن و انعطاف‌پذیری زمین برای این کاربری نامناسب می‌شود (مخدوم و همکاران، 1388: 214).

FAO (1976: 12) چارچوب کلی طبقه‌بندی تناسب اراضی را بیان کرد. در این چارچوب، روش مشخصی برای طبقه‌بندی پیش‌نهاد نشده است. در سال‌های اخیر، مجموعهٔ روش‌هایی براساس این چارچوب ارائه شده است (FAO, 1976: 19 & 1984: 25). از انواع این روش‌ها می‌توان روش محدودیت حداکثر (Zheng, Lu & He, 1989: 33) و روش پارامتریک را نام برد. در ارزیابی کیفی تناسب اراضی، براساس میزان تناسب برای یک کاربرد خاص، اراضی به کلاس‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند. در روش پارامتریک، یک درجه‌بندی کمّی به هر ویژگی زمین اختصاص داده می‌شود. درجات اختصاص‌یافته بعدها در محاسبهٔ شاخص زمین به‌کار خواهند رفت. از مدل‌های مورد استفاده برای ارزیابی تناسب کاربری اراضی می‌توان از فون تانن یاد کرد. برای درک بهتر پراکنش الگوها و تیپ‌های کشاورزی، آزمون نظریه‌های

مربوط به موقعیت مکانی فعالیت‌های اقتصادی ضروری است. در مدل فون تانن، به‌تأثیر عوامل اقتصادی بر سازمان‌دهی مکانی کشاورزی توجه شده است (نجفی کانی، 1377: 24). به هر حال، با توجه به اینکه در مدل‌های اکولوژیک ایران همهٔ لایه‌ها اهمیت یکسانی دارند، کالوگیرو[1] (2002) معتقد است تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS به‌گونه‌ای چشم‌گیر روش‌های روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها را برای تجزیه و تحلیل تناسب اراضی توسعه داده است. سودهیرا[2] و همکاران (2004) نیز بر استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و پیش‌رفت‌های روش‌شناختی در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای و پیش‌بینی وضعیت محیط زیست تأکید کرده‌اند.

پیچیدگی‌های محیط برنامه‌ریزی، حجم زیاد اطلاعات و مشکلات زیادی که جهان کنونی با آن مواجه است، نگرش یک‌بعدی را برنمی‌تابد. همهٔ این موارد ضرورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی و چندمعیاره را بیشتر نمایان می‌کند. از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است (پورخباز، 1389: 34). این روش سیستم قوی تصمیم‌گیری با معیارهای کمّی و کیفی است و در ارزیابی سرزمین بسیار مفید است (Fu, 1991: 13; Ananda & Herath, 2003: 15)؛ اما وجود مقیاس نامتوازن در قضاوت‌ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی در این روش باعث می‌شود تصمیم‌گیران نتوانند به‌صراحت نظرشان را درمورد برتری‌ها اعلام کنند (عطائی، 1389: 103). ازاین‌رو، مدل کردن عدم قطعیت در مسائل تصمیم‌گیری به‌وسیله نظریهٔ مجموعه‌های فازی انجام می‌شود (همان، 44). به همین دلیل، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی عناصر را باکمک اعداد فازی بیان کند.

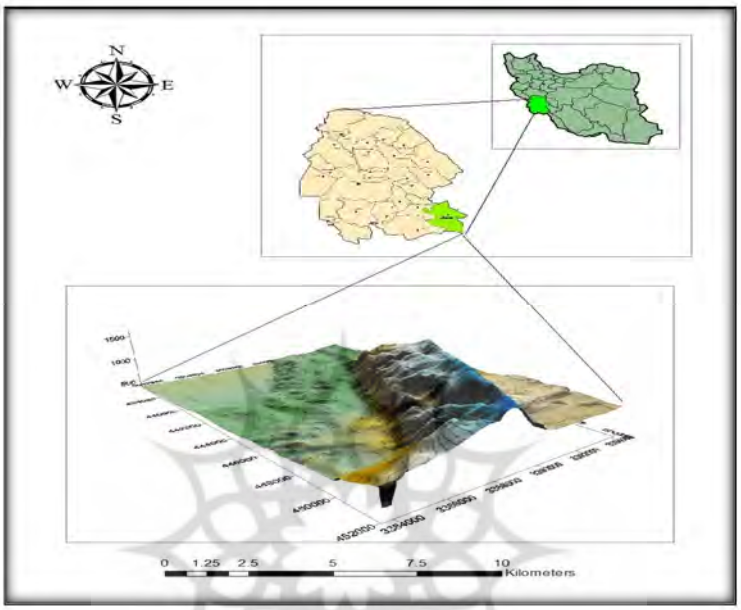
3- داده‌ها و روش تحقیق

3-1- منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ خائیز بین طول جغرافیایی 50 درجه و 19 دقیقه تا 50 درجه و 29 دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی 30 درجه و 36 دقیقه تا 30 درجه و 37 دقیقهٔ شمالی در شهرستان بهبهان قرار دارد که ارتفاع متوسط آن از سطح دریا 988متر است. مساحت منطقه 131کیلومتر مربع و اقلیم

1. Kalogirou
2. Sudhira

منطقه براساس روش دومارتن، خشک است. نقشهٔ سه‌بعدی منطقه با استفاده از نرم‌افزار Surfer11 تهیه شده است (شکل 1).



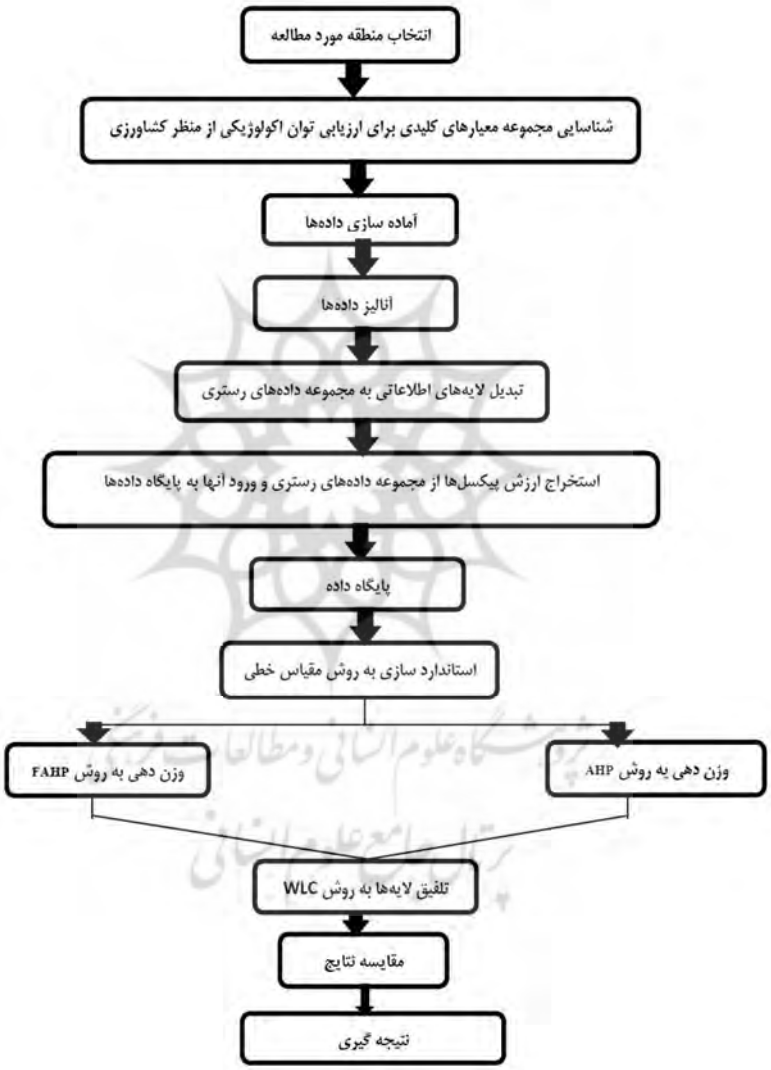
شکل 1 موقعیت منطقهٔ مطالعه

3-2- روش تحقیق

مدل اکولوژیک کشاورزی ایران به‌طور کلی نشان‌دهندهٔ هفت طبقه توان است که در چارچوب معادلات برنامه‌ریزی خطی سامان داده شده است (مخدوم و همکاران، 1388: 215). براساس این، تحقیق حاضر برپایهٔ عوامل اکولوژیک لازم (فیزیکی و زیستی) منطقهٔ خائیز برای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی است که عبارت‌اند از: فیزیوگرافی (درصد شیب) (So)، بارندگی (Cp)، دما (Ct)، فاصله از منابع آبی (Wc)، عمق خاک (Pd)، فرسایش خاک (Es)، ساختمان خاک (تحول‌یافتگی) (Ps)، بافت خاک (Pte)، زه‌کشی خاک (Pdr) و تراکم پوشش گیاهی (Vgo) (مخدوم، 1384: 187).

این تحقیق از نوع کاربردی است و گردآوری اطلاعات به دو روش اسنادی (کتاب‌خانه‌ای) و میدانی (پیمایشی) انجام گرفته است. از نرم‌افزارهای Arc GIS 10، Expert Choice 11، Excel

2010 و Surfer11 نیز برای آماده‌سازی داده‌ها استفاده شده است. روند نما جهت اجرای مـدل در شکل شمارهٔ دو نشان داده شده است.



شکل 2 روند نما جهت اجرای مدل پیش‌نهادی ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی

در روش تجزیه و تحلیل چندمعیاره، جمع‌بندی و تلفیق داده‌های مربوط به معیارهای محیطی ضرورت می‌یابد. لایهٔ DEM[1] منطقه از کدهای سازمان نقشه‌برداری به شماره‌های NEH. ،60512 SWH. DGN ،60512 SEH. DGN ،60512 NWH. DGN 60512 DGN با مقیاس 1:25000 به‌دست آمد. برای تهیه و طبقه‌بندی مجدد[2] لایهٔ شیب از لایهٔ DEM منطقه استفاده شد. پیش از عملیات ادغام نقشه‌ها لازم است همهٔ لایه‌ها با عملیات ژئورفرنس تصحیح، ویرایش و رقومی‌سازی شوند و تعریف سیستم مختصات آماده و سپس استاندارد شود تا با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری قابلیت ادغام داشته باشد. نقشه‌هایی مانند بافت، زه‌کشی، ساختمان، فرسایش‌پذیری، عمق خاک و نوع پوشش گیاهی که ماهیت کیفی و توصیفی دارند، باید به فرمت رستری تبدیل شوند. در این زمینه، منطقهٔ مورد نظر دارای بافت‌های لومی، لومی- رسی، لومی- شنی، سیلتی- لومی، رسی و رسی- شنی است که به بافت خاک لومی بیشترین وزن (0/9) و به بافت لومی- شنی کمترین وزن (0/1) داده شد. زه‌کشی خاک منطقه دارای سه نوع کامل، متوسط و کم است که با توجه به مدل مخدوم، به زه‌کشی کامل بیشترین وزن (0/9) و به زه‌کشی از نوع کم کمترین وزن (0/1) نسبت داده شد. عمق خاک منطقه از نوع عمیق، نیمه‌عمیق، و سطحی و کم‌عمق است که به‌ترتیب دارای بیشترین (0/9) تا کمترین وزن (0/1) هستند. ساختمان خاک نیز شامل سه نوع تحول‌یافته (بیشترین وزن)، نیمه‌تحول‌یافته و کم‌تحول‌یافته (کمترین وزن) است. لایهٔ بارش از فرمول گرادیان $P = 0.3H + 208.66$ با ضریب هم‌بستگی 0/75 و لایهٔ دما از فرمول گرادیان $T = 26.33 - 0.004H$ با ضریب هم‌بستگی 0/96 به‌دست آمد (جدول 1). برای تهیهٔ نقشهٔ فاصله از منابع آب نیز از فاصلهٔ اقلیدوسی[3] استفاده شد.

1. Digital Elevation Model
2. reclassification
3. euclidean distance

جدول 1 ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور حوضهٔ آب‌خیز تنگ بالنگستان

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا m	متوسط بارندگی سالیانه mm	متوسط درجهٔ حرارت سالیانه
بهبهان	49˚41´	30˚36´	سینوپتیک	313	319/27	24/95
گچساران	50˚46´	30˚26´	سینوپتیک	699/5	348/22	22/94
دهدشت	50˚35´	30˚47´	سینوپتیک	793/5	512/16	22/7

پس از آماده‌سازی و تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی براساس روند نما، به‌منظور استانداردسازیِ (بی‌بعد کردن) لایه‌های رستری، از روش فازی و تعیین تابع عضویت استفاده شد که در این‌باره مقادیر فازی در جدول شمارهٔ دو به‌کار رفت و برای تعیین وزن‌ها به دو روش AHP وFAHP، سلسله‌مراتب معیارها به شرح شکل شمارهٔ سه تعریف شد.

جدول 2 ارزیابی مقیاس فازی

تعریف زبانی	امتیاز فازی
کاملاً قوی	(5/2، 3 ، 7/2، 4)
خیلی قوی	(2، 5/2 ،3 ،7 /2)
نسبتاً قوی	(3/۲،2، 5/2، 3)
کمی قوی	(1 ،3/2 ،2، 5/2)
یکسان	(1، 1، 1، 1)
کمی ضعیف	(2/5، 1/2 ،2 /3، 1)
نسبتاً ضعیف	(1/3، 2/5، 1/2، 2/3)
خیلی ضعیف	(2/7، 1/3، 2/5، 1/2)
کاملاً ضعیف	(1/4، 2/7، 1/3، 2/5)

(Source: Kaya & Kahraman, 2011: 8554)

3-3- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

یکی از معروف‌ترین و تقریباً کاربردی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. این روش را نخستین بار توماس ساعتی در دههٔ 1970م ابداع کرد (Bhattacharya, Geraghty & Young, 2010: 1024). تحلیل سلسله‌مراتبی برمبنای مقایسات زوجی است که قضاوت را آسان و دقت محاسبات را زیاد می‌کند. ورودی این روش، ماتریس مقایسهٔ زوجی است که درایه‌های آن میزان اهمیت نسبی معیارها را بیان می‌کند. این مقایسه‌ها برای به‌دست آوردن وزن معیارها و اولویت‌های مربوط به کلاس‌های مختلف انجام می‌شود (عظیمی حسینی نظری‌فر و مؤمنی، 1390: 66). از مزایای ممتاز این روش آن است که دارای مبنای نظری قوی است و بر اصول بدیهی بنا شده است (قدسی‌پور، 1385: 19).

3-4- وزن‌دهی معیارها با استفاده از روشFuzzy AHP باکلی

باوجود محبوبیت عام AHP، از این روش به‌دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نداشتن صراحت در بیان نظرهای تصمیم‌گیرندگان با اعداد دقیق، انتقاد شده است (Deng, 1999: 217). در پژوهش حاضر، برای تعیین وزن‌های هریک از عوامل اثرگذار در ارزیابی توان اکولوژیک جهت کاربری کشاورزی، علاوه‌بر روش AHP، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP) نیز استفاده شده است. روشFuzzy AHP ابداع باکلی، شکل تعمیم‌یافته‌ای از روش AHPکلاسیک است. در این روش، برای مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی و ذوزنقه‌ای و برای به‌دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود؛ زیرا این روش به‌سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و همچنین، جواب یگانه‌ای برای ماتریس مقایسه‌ای زوجی تعیین می‌کند. در این روش، شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسهٔ زوجی المان‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (عطایی، 1389: 24). اعداد فازی ذوزنقه‌ای به‌منظور مدیریت و کار با داده‌هایی که بی‌دقتی و عدم قطعیت ذاتی دارند، انتخاب شدند. الگوریتم روش باکلی را می‌توان در چهار گام بیان کرد (Kaya & Kahraman, 2011: 8555):

گام اول، برآورد اهمیت نسبی معیارها با استفاده از ماتریس مقایسهٔ زوجی: برای ارزیابی اهمیت معیارها متغیرهای زبانی به اعداد فازی ذوزنقه‌ای تبدیل می‌شوند.

گام دوم، با استفاده از عملگر میانگین‌گیری اعداد فازی ذوزنقه‌ای به این صورت تعریف می‌شود:

$$\tilde{c}_{jk} = {}^{1}/_{k}\left[\tilde{c}^{1}_{jk}(+)\tilde{c}^{2}_{jk}\ldots(+)\tilde{c}^{k}_{jk}\right] \qquad \text{رابطهٔ 1}$$

نظرها و عمل‌کردهای انفرادی کارشناسان گروه‌بندی می‌شوند که k تعداد کارشناسان و $\tilde{c}_{jk}$ ارزیابی k امین تصمیم‌گیرنده بین معیارهای j ام و k ام در ماتریس مقایسهٔ زوجی است.

گام سوم، وزن‌های فازی $\widetilde{w}_j$ به این صورت محاسبه می‌شوند:

$$\widetilde{a}_j = \left[\prod_{k=1}^{n} a_{jk}\right]^{1/n} \qquad \text{رابطهٔ 2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_j \qquad \text{رابطهٔ 3}$$

به‌طور مشابه می‌توان b_j، b، c_j، c و d_j و d را نیز تعریف کرد؛ سپس وزن‌های فازی w_j به‌صورت زیر تعریف می‌شوند (Chen & Hwang, 2006: 291):

$$\widetilde{w}_j = \left(\frac{\mathrm{a_j}}{\mathrm{d}}, \frac{b_j}{c}, \frac{c_j}{b}, \frac{d_j}{a}\right) \quad \text{و} \quad \forall_j \qquad \text{رابطهٔ 4}$$

گام چهارم، وزن‌های فازی ذوزنقه‌ای غیرفازی و نرمال‌سازی می‌شوند. به‌منظور غیرفازی‌سازی اعداد فازی ذوزنقه‌ای، این معادله به‌کار می‌رود:

$$w_j = \frac{\frac{a_j}{d} + 2\left(\frac{b_j}{c} + \frac{c_j}{b}\right) + \frac{d_j}{a}}{6} \qquad \text{رابطهٔ 5}$$

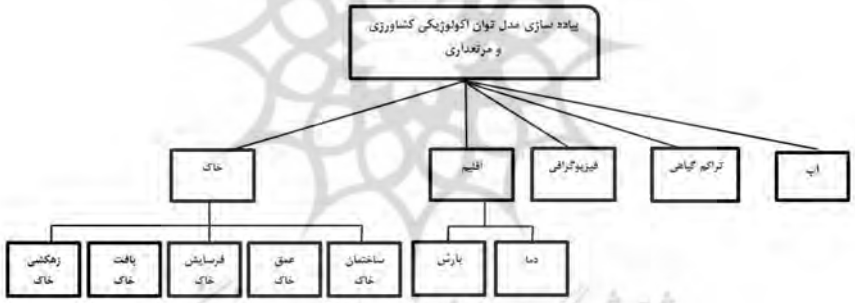
به‌منظور استاندارد و نرمال کردن وزن‌های قطعی از معادلهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j}, \qquad j = 1,2,\ldots,n \qquad \text{رابطهٔ 6}$$

سپس برای تلفیق لایه‌ها روش مدل هم‌پوشانی شاخص یا ترکیب خطی وزنی (WLC)[1] به‌کار می‌رود. در این روش، با ضرب نمرهٔ معیارها در وزنشان (عطائی، 1389: 61)، نقشهٔ معیارها با استفاده از رابطهٔ زیر با هم ترکیب می‌شوند:

$$A_i = \sum w_j x_{ij} \quad , \quad \sum w_j = 1$$ رابطهٔ 7

A_iامتیاز گزینهٔ i ام و x_{ij} نمرهٔ گزینهٔ i ام درمورد صفت j ام است و w_j وزن صفت jام. این روش رایج‌ترین مدل در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکانی است (پرهیزگار و غفاری گیلانده، 1385: 45). در پایان، نقشهٔ نهایی تهیه‌شده براساس نقاط شکست (با گرفتن هیستوگرام از تعداد پیکسل‌ها و مطلوبیت آن‌ها) و نظرهای کارشناسی به هفت طبقه تقسیم شد.



شکل 3 سلسله‌مراتب معیارها در فرایند وزن‌دهی به‌روش Fuzzy AHP

4- یافته‌های تحقیق

با توجه به ویژگی‌های اکولوژیک محیط برای کاربری کشاورزی، عرصه‌های مناسب برای آن تعیین شد. پس از آماده‌سازی لایه‌های اولیه، لایه‌هایی مانند دما، فاصله از منابع آب، بارش و شیب به توابع عضویت نیاز داشتند که به‌کمک نرم‌افزار ArcGIS10 برای لایهٔ دما تابع عضویت

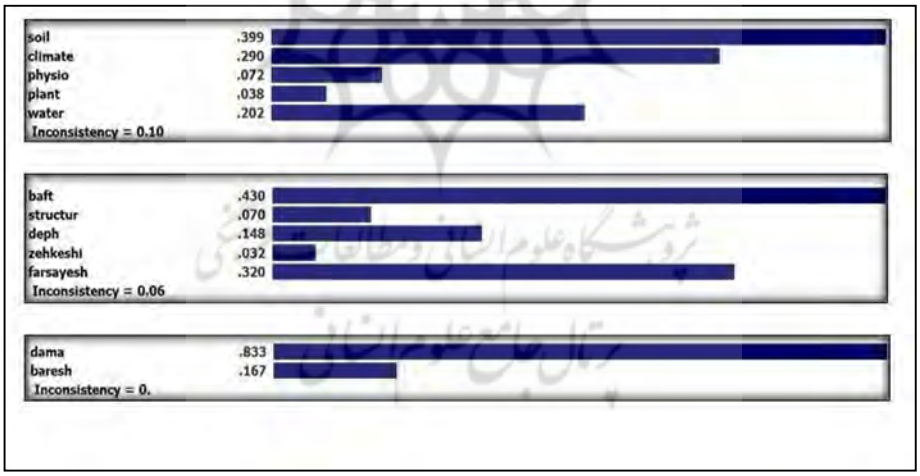
1. Weighted Linear Combination Method

خطی ذوزنقه‌ای، لایهٔ بارش تابع عضویت خطی افزایشی و برای لایه‌های شیب و فاصله از منابع آب تابع عضویت خطی کاهشی اعمال شد (جدول 3).

جدول 3 استانداردسازی معیارهای پیوسته به‌روش فازی

معیار	نوع تابع	شکل تابع	نقاط کنترل			
			a	b	c	d
دما	خطی	ذوزنقه‌ای	0	19	21	24
فاصله از منابع آب	خطی	نزولی	-	-	1000	3500
بارش	خطی	صعودی	0	400	-	-
شیب	خطی	نزولی	-	-	5	15

در مرحلهٔ بعد، برای تعیین وزن لایه‌ها به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، پس از مشخص کردن اهمیت هرکدام از عوامل با توجه به نظر کارشناسی، از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد که ضریب ناسازگاری[1] کمتر از 0/1 بود (شکل 4).



شکل 4 وزن نهایی معیارهای اکولوژیک با استفاده از روش AHP

1. inconsistency

سپس با استفاده از مدل FAHP و مقایسات زوجی که کارشناسان انجام دادند، وزن‌های هریک از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در ارزیابی توان کاربری کشاورزی محاسبه شدند (جدول 4، 5 و 6).

جدول 4 ارزیابی فازی معیارهای اکولوژیک کاربری کشاورزی

معیار	خاک	اقلیم	فیزیوگرافی	تراکم گیاهی	فاصله از منابع آب	اوزان فازی	وزن نهایی
خاک	1،1،1	1 3/2 2 5/2	3/2 2 5/2 3	5/2 3 7/2 4	1 1 1 1	0/46 0/34 0/25 0/17	0/30
اقلیم	2/5 1/2 2/3 1	1 1 1 1	3/2 2 5/2 3	3/2 2 5/2 3	1 3/2 2 5/2	0/44 0/29 0/20 0/13	0/25
فیزیوگرافی	1/3 2/5 1/2 2/3	1/3 2/5 1/2 2/3	1 1 1 1	1 3/2 2 5/2	1 3/2 2 5/2	0/28 0/19 0/13 0/08	0/16
تراکم گیاهی	1/4 2/7 1/3 2/5	1/3 2/5 1/2 2/3	1 2/3 1/2 2/5	1 1 1 1	1/3 2/5 1/2 2/3	0/16 0/10 0/07 0/05	0/09
فاصله از منابع آب	1 1 1 1	1 2/3 1/2 2/5	1 3/2 2 5/2	3/2 2 5/2 3	1 1 1 1	0/35 0/24 0/17 0/12	0/2

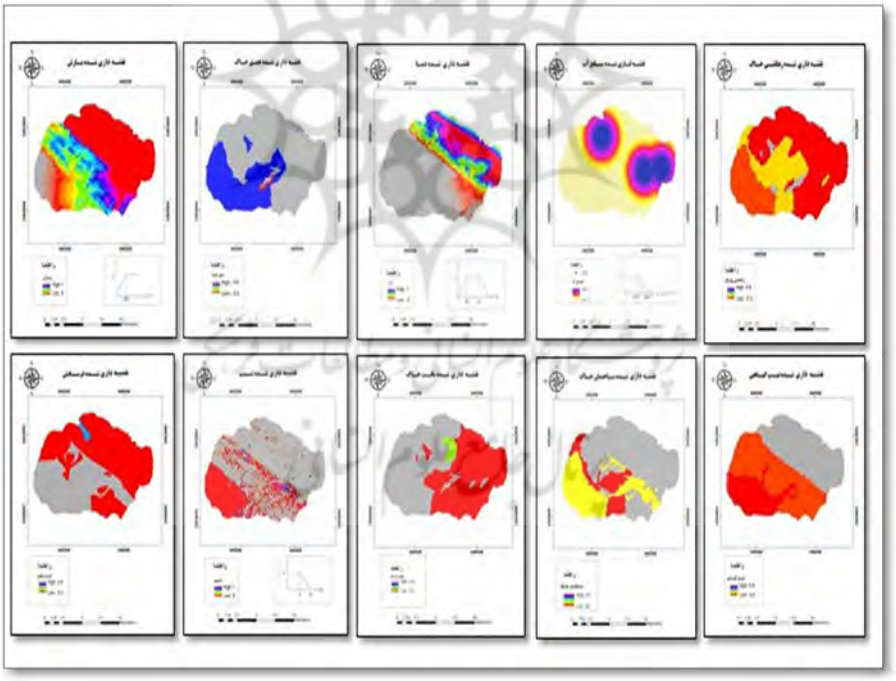
جدول 5 ارزیابی زیرمعیارهای اقلیم برای کاربری کشاورزی

معیار اصلی	زیرمعیارها	دما	بارش	اوزان فازی	وزن نهایی
اقلیم	دما	1 1 1 1	3/2 2 5/2 3	0/96 0/74 0/64 0/48	0/7
	بارش	1/3 2/5 1/2 2/3	1 1 1 1	0/45 0/33 0/27 0/22	0/3

جدول 6 ارزیابی زیر معیارهای خاک برای کاربری کشاورزی

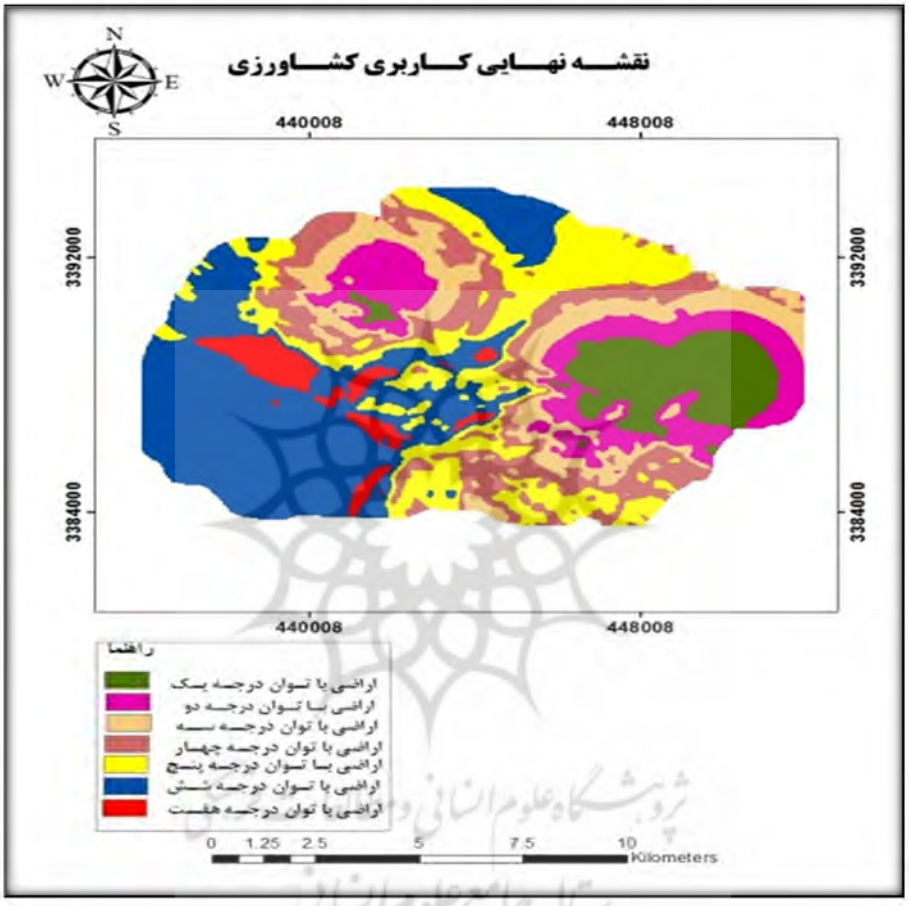
معیار اصلی	زیر معیارها	بافت خاک	ساختمان خاک	عمق خاک	زه‌کشی خاک	فرسایش خاک	وزن فازی	وزن نهایی
خاک	بافت	1 1 1 1	2 5/2 3 7/2	3/2 2 5/2 3	5/2 3 7/2 4	1 1 1 1	0/20 0/31 0/18 0/46	0/27
	ساختمان	2/7 1/3 2/5 1/2	1 1 1 1	3/2 2 5/2 3	1 3/2 2 5/2	2/5 1/2 2/3 1	0/09 0/15 0/19 0/28	0/17
	عمق	1/3 2/5 1/2 2/3	3/2 2 5/2 3	1 1 1 1	1 3/2 2 5/2	2/5 1/2 2/3 1	0/09 0/16 0/20 0/30	0/18
	زه‌کشی	1/4 2/7 1/3 2/5	2/5 1/2 2/3 1	2/5 1/2 2/3 1	1 1 1 1	1/4 2/7 1/3 2/5	0/05 0/08 0/10 0/15	0/09
	فرسایش	1 1 1 1	1 3/2 2 5/2	1 3/2 2 5/2	5/2 3 7/2 4	1 1 1 1	0/16 0/27 0/31 0/42	0/29

در این مرحله، با استفاده از وزن‌های نهایی، نقشه‌های فازی وزنی به‌دست آمد (شکل 5).

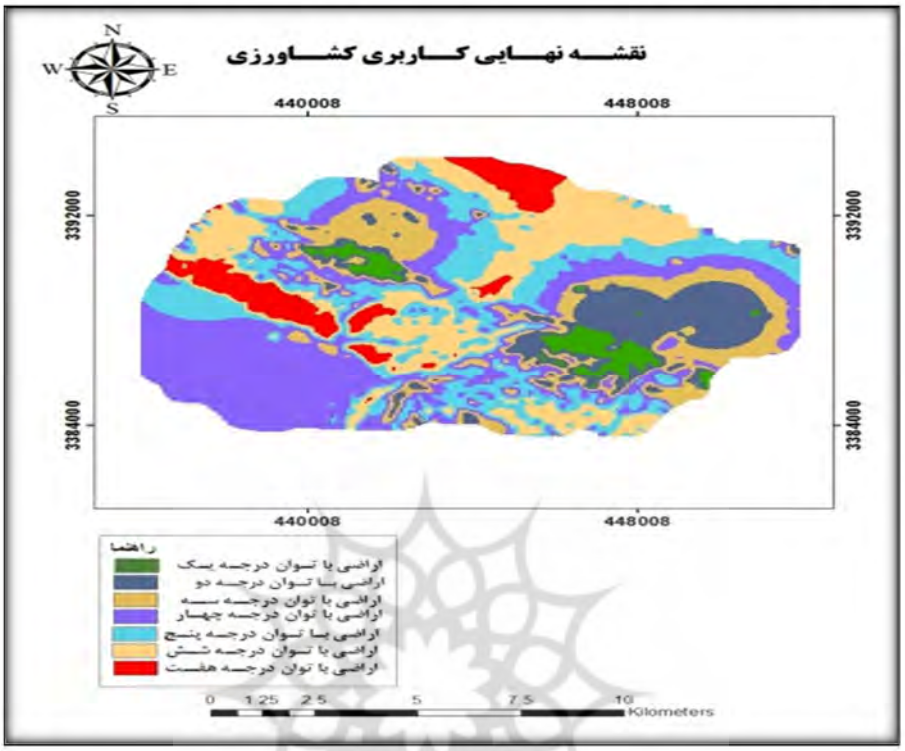


شکل 5 نقشه‌های اکولوژیک فازی منطقهٔ مطالعه

درنهایت، با تلفیق نقشه‌های مذکور به‌روش ترکیب خطی وزنی، نقشهٔ زون‌بندی نهایی به‌دست آمد (شکل 6 و 7).



شکل 6 نقشهٔ نهایی کاربری کشاورزی با روش AHP



شکل / نقشهٔ نهایی کاربری کشاورزی با روش FAHP

5- تجزیه و تحلیل

بردار وزنی معیارهای اصلی به‌روش FAHP در جدول شمارهٔ چهار نشان می‌دهد معیار خاک بیشترین و تراکم پوشش گیاهی کمترین اثرگذاری را در منطقهٔ مطالعه دارد و در بین زیرمعیارهای خاک، فرسایش و زه‌کشی خاک به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین اثرگذاری‌اند. در روش AHP در بین معیارهای اصلی، معیار خاک دارای بیشترین و تراکم پوشش گیاهی دارای کمترین اثرگذاری‌اند و در بین زیرمعیارهای خاک، بافت و زه‌کشی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین اثرگذاری هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سطح بالای سلسله‌مراتب به‌دلیل پیچیدگی کمتر و قطعیت زیاد، نتایج مشابهی در بردار وزنی معیارها برای هر دو روش به‌دست آمده است؛ اما هرچه به سطوح پایین پیش می‌رویم، به‌دلیل افزایش

پیچیدگی و ابهام و طبیعت فازی مقایسات زوجی، نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. با توجه به نقشهٔ نهایی، مناطق مساعد برای کشاورزی در روشFAHP روی مکان‌هایی با شیب بین 0 تا 6 درصد، ساختمان خاک کم‌تحول‌یافته و نیمه‌تحول‌یافته و بافت خاک لومی- رسی قرار گرفته و در روش AHP هم روی مکان‌هایی با شیب 15 تا 23 درصد، ساختمان خاک کم‌تحول‌یافته و بافت خاک لومی- رسی و رسی جای گرفته است. از مجموع کل مساحت منطقه، به‌روش FAHP، 3 درصد دارای اراضی با توان درجهٔ یک و 6 درصد دارای اراضی توان درجهٔ هفت برای کشاورزی هستند و به‌روش AHP، 10 درصد دارای توان درجهٔ یک و 4 درصد دارای توان درجهٔ هفت هستند (جدول 7 و 8). همچنین، نتایج نشان می‌دهد مناطق با توان‌های مختلف برای کشاورزی در دو روش نام‌برده، همخوانی کمی دارند.

جدول 7 مساحت کلاس‌های توان اراضی حاصل از روش AHP

کلاس‌ها	روش AHP	
	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
اراضی درجهٔ یک	12/760	10
اراضی درجهٔ دو	16/330	12
اراضی درجهٔ سه	16/070	12
اراضی درجهٔ چهار	20/055	15
اراضی درجهٔ پنج	22/854	17
اراضی درجهٔ شش	38/688	30
اراضی درجهٔ هفت	5/240	4
جمع	131/997	100

جدول 8 مساحت کلاس‌های توان اراضی حاصل از روش FAHP

کلاس‌ها	روش FAHP	
	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
اراضی درجهٔ یک	4/072	3
اراضی درجهٔ دو	14/240	11
اراضی درجهٔ سه	16/613	13
اراضی درجهٔ چهار	37/883	29
اراضی درجهٔ پنج	26/748	20
اراضی درجهٔ شش	24/164	18
اراضی درجهٔ هفت	8/275	6
جمع	131/997	100

6- نتیجه

محیط زیست طبیعی جهان، توان اکولوژیکی محدودی برای استفادهٔ انسان دارد. در پاره‌ای از محیط‌ها، طبیعت با کمترین آسیب مهیای توسعه است و در برخی دیگر، کمترین توسعه در آن به تخریب محیط زیست منجر می‌شود. بنابراین، برای ایجاد توسعه در محیط زیست، پیش از برنامه‌ریزی برای استفاده از آن باید به ارزیابی توان اکولوژیک آن در قالب یک برنامه‌ریزی اصولی و منسجم پرداخت. در این تحقیق، با استفاده از روش‌های AHP و FAHP همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت برنامه‌ریزی سرزمین، توان اکولوژیک ازنظر کشاورزی با نگرش همه‌جانبه به عوامل اکولوژیک در منطقهٔ خائیز ارزیابی شده است. به‌طور کلی، منطقهٔ مطالعه ازنظر توان اکولوژیک برای کاربری کشاورزی به‌دلایل نزدیکی منطقه به کوهستان و تپهٔ ماهورها و وجود سازندهای انحلالی گچ و آهک، درحد مطلوب نیست. این نتیجه به‌وضوح در روش Fuzzy AHP دیده می‌شود؛ اما در روش AHP این نتیجه به‌دست نیامده است. در روش FAHP مناطق مساعد برای کشاورزی منطبق با سازند کواترنر هستند؛ درحالی که مناطق مساعد در روش AHP منطبق بر سازندهای انحلالی گچ و آهک‌اند که دارای شیب بسیار زیاد هستند. از دیگر شواهد، برتری روش FAHP بر AHP این است که در روش FAHP، فقط 3 درصد از مساحت منطقه برای کاربری کشاورزی مساعد بوده که با واقعیت سازگاری بیشتری دارد؛ درحالی‌که در روش AHP، 10 درصد

از مساحت منطقه مساعد بوده است. نتایج روش Fuzzy AHP حاکی از کارایی این روش در مطالعات آمایش سرزمین به‌ویژه در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک است. بااینکه روش تحلیل سلسله‌مراتبی در به‌دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصان دربارهٔ موضوعی خاص کاربرد دارد، به‌درستی چگونگی تفکر انسان را نشان نمی‌دهد؛ زیرا در مقایسه‌های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. همچنین، به‌علت وجود مقیاس نامتوازن در قضاوت‌ها، قطعیت نداشتن و دقیق نبودن مقایسه‌های زوجی، از این روش انتقاد شده است. تصمیم‌گیرندگان اغلب به‌علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به‌صراحت نظرشان را درمورد برتری‌ها و اهمیت معیارها بیان کنند؛ به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائهٔ یک بازه را به‌جای عدد ثابت ترجیح می‌دهند. برای رفع این مشکل، روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارائه شده است. بنابراین، تجزیه و تحلیل چندمعیارهٔ فازی در استفاده از مدل‌های تلفیقی جهت مدل‌سازی و ارزیابی توان اکولوژیک، با افزایش اطمینان و دقت ارزیابی، به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان کمک می‌کند.

7- منابع

- امیری، محمدجواد و همکاران، «مقایسهٔ روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین- فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های حوضه‌های آب‌خیز 33 و 34 شمال ایران»، *مجلهٔ علوم محیطی*، ش2، صص109- 124، 1388.
- آسایش، حسین، *اصول روش‌های برنامه‌ریزی ناحیه‌ای*، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، 1382.
- پرهیزکار، اکبر و عطا غفاری گیلانده، *سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری*، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، 1385.
- پورخباز، حمیدرضا، *مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعهٔ شهری (منطقهٔ مورد مطالعه: حاشیهٔ شهر قزوین)*، رسالهٔ دکتری برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، 1389.
- پورخباز، حمیدرضا و همکاران، «کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعهٔ موردی: دشت قزوین)»، *فصلنامهٔ محیط‌شناسی*، ش3، صص151- 164، 1392.

- جوانمردی، سعیده و همکارن، «ارزیابی چندمعیارهٔ تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ قزوین)»، *مجلهٔ پژوهش‌های محیط زیست*، ش4، صص51- 60، 1390.
- رفیعی، یوسف، حسین نصیری و مجتبی قدیری معصوم، «پیاده‌سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: شهرستان مرودشت)»، *نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ش25، صص195- 218، 1390.
- زاهدی‌پور، حجت‌الله، محمد فتاحی و حمیدرضا میرداودی اخوان، «بررسی پراکنش و خصوصیات رویشگاه‌های پستهٔ وحشی در استان مرکزی»، *مجلهٔ تحقیقات جنگل و صنوبر*، ج13، ش1، صص191- 199، 1384.
- سازمان نقشه‌برداری کشور، *مدیریت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی*، تهران، 1375.
- عزمی، آئیژ، فرزاد میرزایی قلعه و رقیه شمسی، «چالش‌ها و مشکلات بخش کشاورزی و نقش آن در مهاجرت از روستا به شهر (مطالعهٔ موردی: دهستان شیرز شهرستان هرسین)»، *مجلهٔ مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ش2، صص55- 70، 1392.
- عسگری، علی، اسد رازانی و پدرام رخشانی، *برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری*، همدان: نور علم، 1381.
- عشوری، پروانه و شهرزاد فریادی، «ارزیابی توانایی مناطق طبیعت‌گردی با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چندمعیاره (مطالعهٔ موردی: دهستان لواسان کوچک)»، *فصلنامهٔ محیط‌شناسی*، ش36 (55)، صص1- 12، 1389.
- عطائی، محمد، *تصمیم‌گیری چندمعیاره*، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، 1389.
- عظیمی حسینی، محمد، محمدهادی نظری‌فر و رضوانه مؤمنی، *کاربرد GIS در مکان‌یابی*، تهران: مهرگان قلم، 1390.
- قاسمی، سیدعلی و شهناز دانش، «کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) در تعیین گزینهٔ بهینهٔ تصفیهٔ آب‌های لب‌شور زیرزمینی» در *ششمین کنگرهٔ ملی مهندسی عمران*، 7-6 اردیبهشت، تهران، 1390.
- قدسی‌پور، حسن، *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP*، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1385.

- قدیری معصوم، مجتبی و ناصر علیقلی فیروزجایی، «جایگاه روستا و کشاورزی در برنامه‌های عمرانی قبل از پیروزی انقلاب اسلامی ایران»، *مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی*، ش46، صص115- 130، 1382.
- کرم، عبدالامیر، «تحلیل تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد چندمعیاری MCE در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی*، ش54، صص94- 106، 1384.
- لقائی، حسنعلی و پرویز رودگرمی، «ارزیابی اولیهٔ توان اکولوژیک حوضهٔ آب‌خیز دماوند جهت کاربری مرتعی به‌وسیلهٔ سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *فصلنامهٔ علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ش1، صص17- 31، 1378.
- محمدی، جهانگیر و جواد گیوی، «ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقهٔ فلاورجان (اصفهان) با استفاده از نظریهٔ مجموعه‌های فازی»، *مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ش1، صص103- 115، 1380.
- مخدوم، مجید، *شالودهٔ آمایش سرزمین*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، 1384.
- مخدوم، مجید و همکاران، *ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، 1388.
- موحد، علی و نسیم زاده‌دباغ، «ارزیابی توان اکولوژیک محدودهٔ رودخانهٔ دز حد فاصل سد تنظیمی تا بند قیر برای طبیعت‌گردی»، *فصلنامهٔ محیط‌شناسی*، ش55، صص13- 24، 1389.
- میرمحمدی، سیدمحمد، *آمایش سرزمین و ملاحظات امنیت اقتصادی*، تهران: انتشارات مؤسسهٔ تحقیقاتی تدبیر اقتصاد، 1386.
- مینایی، مسعود، *پیاده‌سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از منطق فازی و GIS (منطقهٔ مورد مطالعه: فریدون‌شهر)*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، 1388.
- نجفی کانی، علی‌اکبر، *قابلیت‌های کشاورزی و اثرات آن در توسعهٔ اقتصادی- اجتماعی روستاها (نمونهٔ موردی: روستاهای شهرستان بابل)*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه تهران، تهران، 1377.

- نصیری، حسین و همکاران، «پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد PROMETITEE II و FUZZY AHP در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: شهرستان مرودشت)»، *مجلهٔ محیط‌شناسی*، ش3، صص109- 122، 1390.
- Amiri, M.J. Et al., "Comparison of Systemic Method of Map Integrated and Boolean-Fuzzy Logic Combination for Ecological Capability Assessment for Forestry in 33 and 34 Watersheds in the North of Iran", *Journal of Environmental Sciences, No. 2*, Pp. 109- 124, 2009. [in Persian]
- Ananda, J. & G. Herath, "The Use of Analytic Hierarchy Process to Incorporate Stakeholder Preferences into Regional Forest Planning", *Forest Policy and Economics, No. 5*, Pp. 13- 26, 2003.
- Anderson, L.T., "Seven Methods for Calculating Land Capability Suitability", *Planning Advisory Service (PAS) Report, No. 402*, Pp. 15- 22, 1987.
- Asayesh, H., *Principles of Regional Planning Methods*, Tehran: Payame Nour University Press, 2004. [in Persian]
- Asgari, A., A. Razani & P. Rakhshani, *Urban Land Use Planning*, Hamadan: Noure Elm, 2003. [in Persian]
- Ashouri, P. & Sh. Faryadi, "Potential Assessment of Nature- Based Tourism Destinations Using MCA Techniques (Case Study: Lavasan-e Koochak)", *Journal of Environmental Studies, No. 36 (55)*, Pp. 1- 12, 2010. [in Persian]
- Ataei, M., *Multi-Criteria Decision Making*, Shahroud: Shahroud University of Technology Press, 2011. [in Persian]
- Azimi Hosseini, M., M.H. Nazarifar & R. Moemeni, *Application of GIS in Site Selection*, Tehran: Mehregane Ghalam, 2012. [in Persian]
- Azmi, A., F. Mirzaei Ghaleh & R. Shamsi, "Challenges and Difficulties of Agriculture and its Role in the Migration from Rural to Urban (Case Study: Rural District of Shirz, Harsin City)", *Modares Journal of Human Science- Spatial Planning, No. 2*, Pp. 55- 70, 2014. [in Persian]

- Basinski, J.J., "Land Evaluation, Some General Considerations, In Environment Planning and Managemented", *(J.J. Basinski and K.D. Cocks) Csiro Canberra, No. 13*, Pp. 59- 65, 1985.
- Bhattacharya, A., J. Geraghty & P. Young, "Supplier Selection Paradigm: An Integrated Hierarchical QFD Methodology Under Multiple-Criteria Environment", *Applied Soft Computing, No. 10*, Pp. 1013- 1027, 2010.
- Chen, C.T., C.T. Lin & S.F. Hwang, "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection In Supply Chain Management", *International Journal of Production Economics, No. 102*, Pp. 289-301, 2006.
- Deng, H., "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparisons", *International Journal of Approximate Reasoning, No. 21*, Pp. 215- 231, 1999.
- FAO, "A Framework For Land Evaluation", *FAO Soils Bulletin, No. 32*, Rome, 1976.
- _____ "Guidelines: Land Evaluation for Rained Agriculture", *FAO Soils Bulletin, No. 52*, Rome, 1984.
- Feng, S. & L.D. Xu, "Decision Support for Fuzzy Comprehensive Evaluation of Urban Development", *Fuzzy Sets and Systems, No. 105*, Pp. 1- 12, 1999.
- Fu, B., "Theory and Practice of Land Evaluation", *Science and Technology Publishing House*, Beijing, 1991.
- Ghadiri Maasoum, M. & N. Aligholi Firouzjai,"Position of Rural and Agriculture in Development Plans before the I.R. Iran", *Journal of Geography Researches, No. 46*, Pp. 115- 130, 2004. [in Persian]
- Ghasemi, S.A. & S. Danesh, "Application of Fuzzy AHP in Determining Ideal Treatment Alternative of Underground Brackish Waters", *Tehran: 6th National Conference on Civil Engineering*, 26-27 April 2011. [in Persian]
- Ghodsipour, H., *Analytic Hierarchy Process*, Tehran: Amirkabir University of Technology, 2007. [in Persian]
- Javanmardi, S. Et al., "Multicriteria Evaluation of Land Suitability for Agriculture Landuse Using GIS (Case Study: Qazvin Region)", *Journal of Environmental Researches, No. 4*, Pp. 51- 60, 2012. [in Persian]

- Kalogirou, S., "Expert Systems and GIS: an Application of Land Suitability Evaluation", *Computers, Environment and Urban Systems, No. 26 (2-3),* Pp. 89-112, 2002.
- Kara, S.T. & S. Efendigil, "Onut A Combined Fuzzy MCDM Approach for Selecting Shopping Center site: An Example from Istanbul, Turkey", *Expert Systems with Applications, No. 37,* Pp. 1973- 1980, 2010.
- Karam, A.A., "Land Suitability Analysis for Physical Development in northwest position of Shiraz by MCE method in GIS environment", *Journal of Geography Researches, No. 54,* Pp. 94- 106, 2006. [in Persian]
- Kaya, T. & C. Kahraman, "An integrated fuzzy AHP- ELECTRE Methodology for Environmental Impact Assessment", *Expert Systems with Applications, No. 38,* Pp. 8553- 8562, 2011.
- Laghei, H.A. & P. Roudgarmi, "Primary Evaluation of Ecological Capability for Range Management Landuse in Damavand Watershed by GIS", *Journal of Environmental Sciences and Technology, No. 1,* Pp. 17- 31, 2000. [in Persian]
- Makhdoum, M. Et al., *Environmental Evaluation and Planning by Geographic Information System,* Tehran: Tehran University Press, 2010. [In Persian]
- Makhdoum, M., *Fundamental of Land Use Planning,* Tehran: Tehran University Press, 2006. [in Persian]
- Malczewski, J., "GIS-Based Land-Use Suitability Analysis: A Critical Overview", *Progress in Planning, No. 62,* Pp. 3- 65, 2004.
- Minaei, M., *Implementation of Agricultural Landuse Planning Model by Using Fuzzy Logic and GIS (Study Region: Fereydoon Shahr),* MSc. Thesis of RS and GIS, Tehran University, 2009. [in Persian]
- Mirmohamadi, S.M., *Land Use Planning and Economic Security Concerns,* Tehran: Publications Research Institute of Economy Policy, 2008. [in Persian]
- Mohamadi, A. & P. Shojaei, "Determining Gas Pipeline Optimum Route by Using integrated FAHP/ GRA Model", *Australian Journal of Business & Management Research, No. 3,* Pp. 75-88, 2011.

- Mohammadi, J. & J. Givi, "Land Suitability Evaluation for Irrigation Wheat in Flaverjan Region (Isfahan) by Fuzzy Sets Theory", *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, *No. 1*, Pp. 103- 115, 2002. [in Persian]
- Movahed, A. & N. Zadeh Dabagh, "Ecological Potential Evaluation of Dez River Confine (Tanzimi Sluice than Ghire Sluice)", *Journal of Environmental Studies*, *No. 55*, Pp. 13- 24, 2010. [in Persian]
- Najafi Kani, A.A., *Agricultural Capability and Its Effects on Society- Economic Development in Rurals (Case Study: Rurals of Babol City)*, MSc. Thesis of Geography and Rural Planning, Tehran University, 1999. [in Persian]
- Nasiri, H. Et al., "Implementation of Agricultural Ecological Model by PROMETITEE II and FUZZY AHP Methods in GIS Environment (Case Study: Marvdasht City)", *Journal of Environmental Studies, No. 3*, Pp. 109- 122, 2011. [in Persian]
- National Cartographic Center, *Management of Geographic Information Systems*, Tehran: National Cartographic Center, 1996. [in Persian]
- Önüt, S., T. Efendigil & S.S. Kara, "A Combined Fuzzy MCDM Approach for Selecting Shopping Center Site: An Example from Istanbul, Turkey", *Expert Systems with Applications*, *No. 37*, 1973- 1980, 2010.
- Parhizkar, A. & A. Ghafari Gilandeh, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, Tehran: SAMT, 2007. [in Persian]
- Pourkhabbaz, H.R. Et al., "Application of Multi Criteria Decision Making Method and the Integrated ANP- DEMATEL Model for Agricultural Land Suitability Analysis (Case Study: Qazvin plain)", *Journal of Environmental Studies*, *No. 3*, Pp. 164- 151, 2013. [in Persian]
- Pourkhabbaz, H.R., *Ecological Capability Modeling of Urban Development (Case Study: Qazvin Fringe)*, Ph.D. Thesis of Urban Planning, Tehran University, Tehran, 2010. [in Persian]
- Rafiei, Y., H. Nasiri & M. Ghadiri Maasoum, "Implementation of Landuse Planning Model for Agriculture by Inference Fuzzy System and GIS (Case Study:

Marvdasht City)", *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, No. 25*, Pp. 218- 195, 2011. [in Persian]

- Reshmidevi, T.V., T.L. Eldho & R. Jana, "A GIS-Integrated Fuzzy Rule-Based Inference System for Land Suitability Evaluation in Agricultural Watersheds", *Agricultural Systems, No. 101*, Pp. 101- 109, 2009.
- Sante-Riveira, I., R. Crecente- Maseda & D. Miranda- Barros, "GIS- based Planning Support System for Rural Land- Use Allocation", *Computers and Electronics in Agriculture, No. 63*, Pp. 257- 273, 2008.
- Sicat, R.S., E.J.M. Carranza & U.B. Nidumolu, "Fuzzy Modeling of Farmers' Knowledge for Land Suitability Classification", *Agricultural Systems, No. 83*, Pp. 49-75, 2005.
- Stefanakis, E. & M. Kavouras, "The Determination of the Optimum Path in Space", *Proceedings of the European Conference on Spatial Information Theory COSIT*, Pp. 241- 257, 1995.
- Sudhira, H.S., T.V. Ramachandra & K.S. Jagadish, "Urban Sprawl: Metrics, Dynamics and Modeling Using GIS", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, No. 5*, Pp. 29- 39, 2004.
- Vahidnia, M.H., A.A. Alesheikh & A. Alimohammadi, "Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP and its Derivatives", *Journal of Environmental Management, No. 90*, Pp. 3048-3056, 2009.
- Zahedipour, H.A., M. Fatahi & H.R. Mirdavoudi Akhavan, "Study Distribution and Characteristics of Turpentine Habitats in the Central Province", *Research Journal of Rangelands and Forests, Vol. 13, No. 1*, Pp. 191- 199, 2005. [in Persian]
- Zheng, Y.G., H.J. Lu & F.G. He, "A Methodology for Land Suitability Evaluation", *Land Resources, No. 2*, Pp. 31- 37, 1989.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی