# مقایسه مدل‌های Fuzzy AHP باکلی و ANP در ارزیابی توان جنگلداری (مطالعهٔ موردی: حاشیه شهر بهبهان)

وحید رحیمی[۱]، حمیدرضا پورخباز[۲*]، حسین اقدر[۳] و فاطمه محمدیاری[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۹)

## چکیده

**سطح جنگل‌های زاگرس به‌طور دایم در خطر تخریب است. از اینرو باید مدیریتی بر باقی‌مانده این جنگل‌ها اعمال شود که مبتنی بر ارزیابی توان اکولوژیک باشد. ارزیابی سرزمین در واقع شامل پیش‌بینی یا سنجش کیفیت سرزمین برای یک کاربری خاص از نظر تولید، آسیب‌پذیری و نیازمندی‌های مدیریت است. بر این اساس در این تحقیق به ارزیابی توان اکولوژیک حاشیه شهر بهبهان برای کاربری جنگلداری پرداخته شد. بعد از انجام مطالعات پایه و تهیه نقشه‌های موضوعی منطقه شامل معیارهای خاک، اقلیم، فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و سنگ بستر، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی Fuzzy AHP باکلی و ANP جهت استانداردسازی و تعیین وزن معیارها استفاده گردید. در نهایت، مدل اکولوژیک توان منطقه برای الویت‌بندی کاربری جنگلداری ارائه و نقشه نهایی ارزیابی با استفاده از مدل WLC در هفت طبقه برای منطقه آماده گردید. نتایج نشان داد، در روش ANP، ۵۵/۵۸ درصد از مساحت منطقه برای کاربری اراضی جنگلداری مساعد است که به واقعیت نزدیک‌تر است، در صورتی که در روش Fuzzy AHP، ۹۵/۲۳ درصد از مساحت منطقه مساعد به‌دست آمد. در نهایت، چنین نتیجه‌گیری شد که روش ANP انعطاف‌پذیری بیشتر و قابلیت بالاتری در تعیین مناطق مناسب برای کاربری جنگلداری دارد.**

**واژه‌های کلیدی: ارزیابی زیست محیطی، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، کاربری جنگلداری، مدل ترکیب خطی وزنی، سامانه اطلاعات جغرافیایی**

۱. گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۲. گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۳. گروه علوم، دانشکدهٔ علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Pourkhabbaz@yahoo.com



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

**مقدمه**

یکی از دغدغه‌های اصلی بشر تصمیم‌گیری در ارتباط با نوع استفاده از اراضی بوده است. با افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش نیازهای غذایی و اقتصادی آن (۱۸)، از توانایی‌های بالقوه زمین به‌صورت نامناسب استفاده گشته و بنابراین جنگل‌ها، مراتع و اراضی کشاورزی به مناطق صنعتی و شهری تغییر کاربری داده‌اند (۱۶). کشور ایران از لحاظ مساحت یک درصد از مساحت دنیا و بیش از یک درصد جمعیت جهان را دارا می‌باشد اما در حوزه جنگل از لحاظ مساحت از ۰/۳۶ درصد تجاوز نمی‌کند و همین سطح کم نیز همیشه در حال تهدید است (۱۲). بنابراین، شناخت ظرفیت تولید اراضی و اختصاص آن به بهترین و سودآورترین نوع کاربری از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۷). برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از اراضی موجب می‌شود تا ضمن حداکثر بهره‌وری از زمین، منابع طبیعی برای استفاده آیندگان نیز محفوظ بماند (۳). هم‌چنین، تعیین کاربری‌های مناسب برای اراضی به‌منظور استفاده بهینه از سرزمین و جلوگیری از تخریب در اثر افزایش جمعیت می‌تواند گامی موثر در استراتژی توسعه پایدار باشد (۳۰).

برای ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین به‌منظور توسعه انواع کاربری‌ها سال‌هاست از روش سیستمی ابداعی مک هارگ استفاده می‌شود. در این روش که ارزیابی توان سرزمین را با استفاده از روی‌هم گذاری ساده لایه‌های جغرافیایی به‌روش دستی انجام می‌دهد، در مقایسه با روش‌های رایانه‌ای زمان زیادی لازم است (۱۱). بدین جهت استفاده از سخت‌افزارها و نرم‌افزارها در عصر حاضر جهت تصمیم‌گیری استفاده از اراضی، با توجه به حجم زیاد داده‌ها و تسهیلات فنی در رابطه با پردازش هندسی و گرافیکی و مدیریت این داده‌ها در سریع‌ترین زمان متداول گردیده است. در این بین سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌تواند اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی زمین را، به‌همراه اطلاعات توصیفی آن، ذخیره و به‌طور همزمان جهت طراحی و برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار دهد (۱۴) و با درنظر گرفتن تمامی پارامترها به‌طور همزمان، سبب صرفه‌جویی در زمان و هزینه مالی گردد (۳۵). با این خصوصیات برای تعیین توان اکولوژیک و روی‌هم گذاری لایه‌ها و طبقه‌بندی امروزه این نرم‌افزار بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). در امر تصمیم‌گیری و ارزیابی توان، بحث عدم قطعیت موجب استفاده از منطق فازی به‌عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای غیردقیق و مبهم، که بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد، شده است (۱۱، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۱). علاوه بر این، در چند سال اخیر استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (Multiple Criteria Decision Making) برای ارزیابی توان اراضی به‌منظور اهمیت دادن به فاکتورها متداول گردیده است (۲، ۷، ۹، ۲۳ و ۳۴). اما در خصوص ارزیابی توان کاربری جنگلداری تحقیقات اندکی با مدل‌های ANP (Analytic Network Process) و FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) انجام گرفته است. امیری و همکاران (۲) در ارزیابی توان کاربری جنگلداری در بخشی از شمال کشور از پارامترهای اکولوژیک از جمله فیزیوگرافی، سنگ مادر، عوامل اقلیمی و تراکم پوشش گیاهی استفاده و سپس با فازی‌سازی این پارامترها به کمک توابع عضویت خطی و غیرخطی و وزن‌دهی‌شان به‌روش AHP (Analytic Hierarchy Process)، نقشه نهایی ارزیابی منطقه را در محیط GIS ارائه دادند. سعیدی و نجفی (۸) جهت تعیین الویت خروج دام از جنگل در حوزه آبخیز دو گیلان، به کمک تصمیم‌سازی گروهی و با استفاده از فرایند ANP معیارها و زیرمعیارهای مورد نظر را وزن‌دهی و الویت‌بندی نمودند. خاشعی سیوکی و همکاران (۵) نقشه پهنه‌بندی شاخص‌های کمی و کیفی دشت نیشابور را جهت ارزیابی پتانسیل استحصال آب و زیاری و همکاران (۶) نیز مکان‌یابی عرصه‌های مناسب فضای سبز شهری تهران با روش FAHP انجام دادند. مرادزاده و همکاران (۱۵) ارزیابی توان اکولوژیک توسعه جنگلی منطقه دادآباد لرستان را با درنظر گرفتن شاخص‌های شیب، جهت، ارتفاع و مشخصه‌های خاک انجام دادند. در این ارتباط جهت



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

ارزش دادن به لایه‌ها از منطق بولین و برای وزن‌دهی لایه‌ها از مدل AHP استفاده نمودند و در نهایت جهت تهیه لایه نهایی ارزیابی از نرم‌افزار GIS استفاده کردند. کرمی و همکاران (۱۱) برای مدل‌سازی بهینه کاربری اراضی جنگلداری در حوزه آبخیز بابل‌رود از داده‌ها و نقشه‌های اکولوژیکی از جمله شیب، جهت، زمین شناسی، گونه‌های گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، دما و بارندگی استفاده و جهت وزن‌دهی لایه‌ها، تکنیک ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی (AHP) را نیز به لایه‌ها اعمال نمودند و در نهایت در محیط GIS کلیه نقشه‌ها روی‌هم گذاری گردید و نقشه نهایی ارزیابی به‌دست آمد. پورخباز و همکاران (۴) جهت پیاده سازی مدل آمایش کشاورزی در منطقه قزوین ابتدا پارامترهای اکولوژیک مورد نیاز را تعیین و سپس با کمک مدل ANP وزن‌دهی نمودند. در مرحله آخر با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی SAW در محیط GIS لایه نهایی ارزیابی منطقه تهیه گردید. فوآ و مینوا (۲۹) جهت برنامه‌ریزی جنگل‌های Kinabalu مالزی از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس GIS استفاده نمودند. در این تحقیق ابتدا پارامترهای آب، خاک، تنوع زیستی و توان بالقوه تعیین و سپس جهت وزن‌دهی پارامترها از روش AHP و جهت استانداردسازی آنها از روش بی‌مقیاس سازی فازی استفاده گردید. گرین و همکاران (۲۵) از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS برای کاربری جنگلداری و مدیریت جنگل استفاده نمودند و این روش‌ها را برای هر دو مورد مقایسه کردند. اهمیت و توانایی تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله AHP، FAHP، ANP و FANP (Fuzzy Analytic Network Process) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پژوهش‌های مختلف دیگر نیز بارز است (۲۲، ۲۸ و ۳۱). بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد، علی‌رغم اینکه ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین، امروزه دارای دامنه علمی وسیعی بوده و تصمیم‌گیری برای آنها مستلزم درنظر گرفتن معیارهای متعدد است، اما استفاده از تکنیک‌های ریاضی تصمیم‌گیری به‌روش FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) و ANP (Analytic Network Process) در مسائل توان اکولوژیک جنگلداری، چندان همه‌گیر نشده است. هدف تحقیق حاضر، ارزیابی تناسب اراضی منطقه بهبهان جهت تعیین کاربری جنگلداری با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و مقایسه نتایج آن دو با یکدیگر است.

## روش Fuzzy AHP باکلی

روش Fuzzy AHP ارائه شده توسط باکلی، شکل تعمیم یافته‌ای از روش AHP کلاسیک است. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی ذوزنقه‌ای و برای به‌دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود. این روش به‌سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است (۱۰). اعداد فازی ذوزنقه‌ای به‌منظور مدیریت و کار کردن با داده‌هایی که عدم قطعیت ذاتی دارند، انتخاب می‌گردند. الگوریتم روش باکلی را می‌توان در قالب چهار گام زیر بیان کرد (۲۶):

گام اول- اهمیت نسبی معیارها با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی، ارزیابی و برآورد می‌شود. تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای ارزیابی اهمیت معیارها در جدول ۱ آمده است.

گام دوم- با استفاده از عمل میانگین‌گیری، اعداد فازی ذوزنقه‌ای به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$\tilde{c}_{jk} = \frac{1}{k}\left[\tilde{c}^{1}_{jk}(+)\tilde{c}^{2}_{jk}\ldots(+)\tilde{c}^{k}_{jk}\right] \qquad [۱]$$

در اینجا نظرات و عملکردهای انفرادی کارشناسان گروه‌بندی می‌شود، که $k$ تعداد کارشناسان و $\tilde{c}_{jk}$ ارزیابی $k$ امین تصمیم‌گیرنده بین معیارهای $j$ام و $k$ ام در ماتریس مقایسه زوجی است.

گام سوم- وزن‌های فازی $\tilde{w}_j$ به‌صورت رابطه (۲) محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{a}_j = \left[\prod_{k=1}^{n} a_{jk}\right]^{1/n} \quad \text{و} \quad \sum_{j=1}^{n} a_j \qquad [۲]$$



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

**جدول۱. مقیاس ارزیابی فازی**

| تعریف زبانی | امتیاز فازی |
|---|---|
| کاملاً قوی | (۵/۲، ۳ ، ۷/۲، ۴) |
| خیلی قوی | (۲، ۵/۲ ، ۳، ۷ /۲) |
| نسبتاً قوی | (۳/۲،۲، ۵/۲، ۳) |
| کمی قوی | (۱ ،۳/۲ ،۲، ۵/۲) |
| یکسان | (۱،۱،۱،۱) |
| کمی ضعیف | (۲/۵، ۱/۲ ،۲ /۳، ۱ ) |
| نسبتاً ضعیف | (۱/۳، ۲/۵، ۱/۲، ۲/۳) |
| خیلی ضعیف | (۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲) |
| کاملاً ضعیف | (۱/۴، ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵) |

**جدول ۲. سیستم استاندارد نمره‌دهی در روش ANP**

| ترجیحات | عدد |
|---|---|
| دارای اهمیت با برتری کامل | ۹ |
| دارای اهمیت با برتری خیلی زیاد | ۷ |
| دارای اهمیت با برتری | ۵ |
| دارای کمی اهمیت با برتری | ۳ |
| دارای اهمیت با برتری یکسان | ۱ |
| ترجیحات بین فواصل فوق | ۲ و ۴ و ۶ و ۸ |

به‌طور مشابه می‌توان $b_j$، $b$، $c_j$، $c$، $d_j$ و $d$ را نیز تعریف کرد. سپس وزن‌های فازی $w_j$ به‌صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود (۱۷).

$$\widetilde{w}_j = \left(\frac{a_j}{d}, \frac{b_j}{c}, \frac{c_j}{b}, \frac{d_j}{a}\right) \quad و \quad \forall_j \qquad [۳]$$

گام چهارم- وزن‌های فازی ذوزنقه‌ای، غیر فازی و نرمال سازی شد. به‌منظور غیرفازی‌سازی اعداد فازی ذوزنقه‌ای، از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$w_j = \frac{\frac{a_j}{d} + 2\left(\frac{b_j}{c} + \frac{c_j}{b}\right) + \frac{d_j}{a}}{6} \qquad [۴]$$

حال، به‌منظور استانداردسازی وزن‌های قطعی رابطه (۵) به‌کار برده می‌شود:

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j}, \qquad j = 1,2,\ldots n \qquad [۵]$$

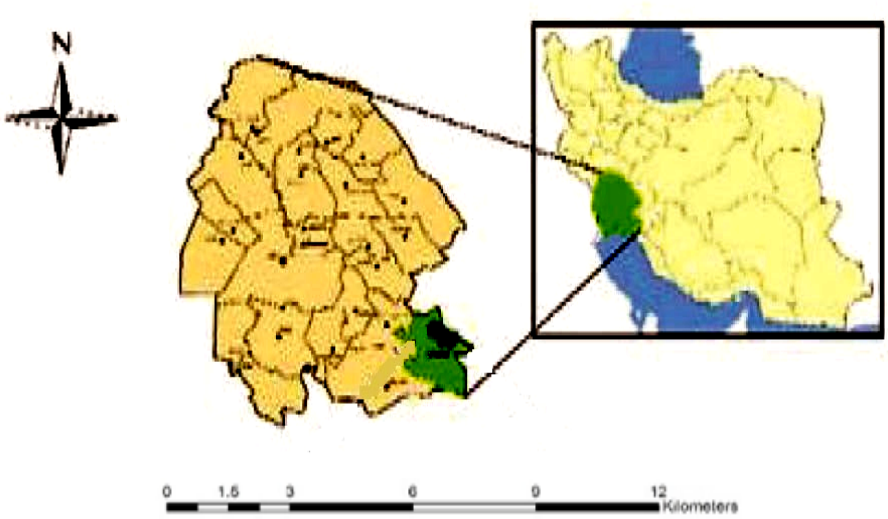
**روش ANP**

فرایند تحلیل شبکه‌ای چون حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن است، بنابراین تمام ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان، و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و مضافاً می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله مراتبی درنظر بگیرد (۲۴).

در روش ANP، وابستگی‌ها و بازخوردهای بین معیارها و زیر معیارها بررسی شده و نتایج واقعی‌تر نسبت به ساختار سلسله مراتبی ارائه می‌شود. بدین منظور پس از تدوین مدل شبکه‌ای، مقایسه‌های زوجی بین معیارها و زیر معیارهای وابسته یا دارای اثر متقابل با استفاده از مقیاس ارجحیت ۱ تا ۹ انجام می‌شود (جدول ۲). برای اجرای روش ANP پس از تلفیق نظرات کارشناسی، نتایج وارد نرم‌افزار Super Decision 2.0.8 می‌گردد. این فن دارای مراحل مختلف است. ابتدا وزن‌های ماتریس‌های مختلف وارد یک سوپرماتریس می‌شود و سوپرماتریس غیروزنی (اولیه) به‌دست می‌آید. حال برای ایجاد سوپرماتریس وزنی، هر یک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپرماتریس غیروزنی در بردار اهمیت نسبی آن خوشه (از ماتریس خوشه‌ای) ضرب می‌گردد و سوپرماتریس وزنی تصادفی/ احتمالی به‌دست می‌آید که جمع عناصر ستونی آن یک است. سپس سوپرماتریس وزنی به توان حدی می‌رسد که تأثیر نسبی درازمدت هر یک از عناصر آن در یکدیگر حاصل شود. این کار را ادامه داده تا همه عناصر هر سطر سوپرماتریس با هم برابر گردد یعنی ماتریس هم‌گرا شود. در نهایت کنترل نرخ



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]




**شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی**

ناسازگاری (Inconsistency, R) قضاوت‌ها دارای اهمیت است، که اگر از ۰/۱ فراتر رود، آن قضاوت ناسازگار بوده و بایستی در آن تجدید نظر کرد. به‌طور کلی با داشتن n عنصر، n(n-1)/2 قضاوت مورد نیاز است تا اعضای شبکه مقایسه زوجی شوند، الزاماً نباید تمام اعضاء گروه تصمیم‌گیری کلیه ارزیابی‌ها را انجام دهند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

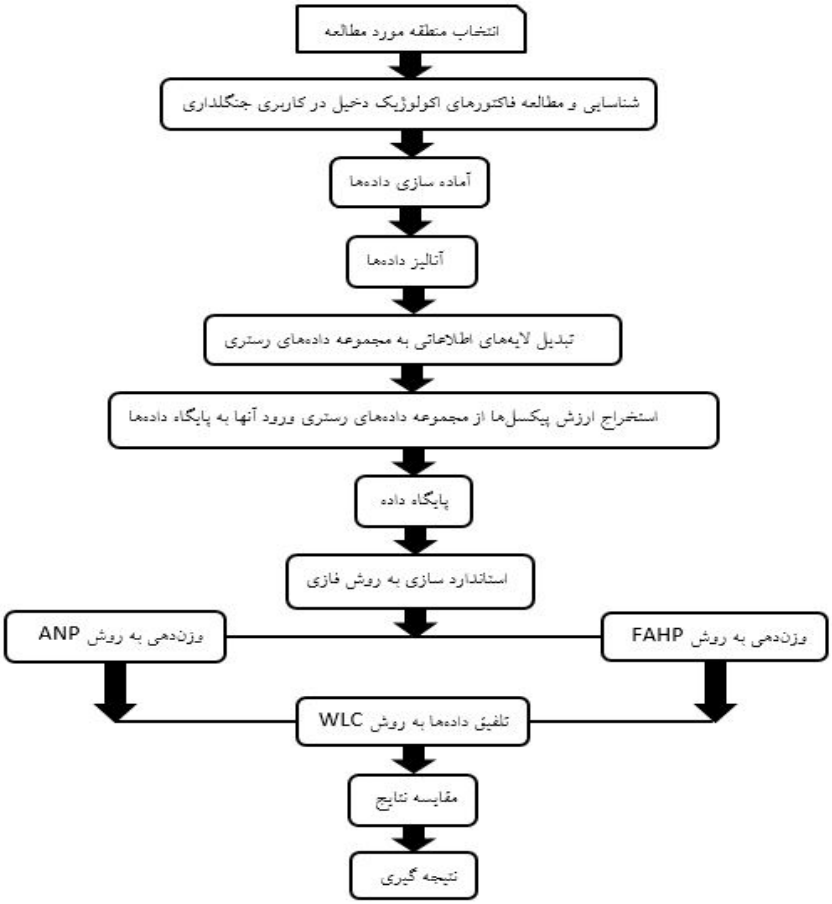
منطقه خائیز بین طول جغرافیایی ′۱۹ °۵۰ تا ′۲۹ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۶ °۳۰ تا ′۳۷ °۳۰ شمالی در شهرستان بهبهان، واقع در استان خوزستان قرار دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۹۸۸ متر است. مساحت منطقه ۱۲۰ کیلومتر مربع و اقلیم منطقه براساس روش دومارتن خشک می‌باشد. (شکل ۱).

## روش تحقیق

پارامترهای اکولوژیک مؤثر در کاربری جنگلداری در هفت طبقه مدل اکولوژیک حرفی ایران (۱۳)، به یک نسبت در تعیین طبقات این مدل نقش دارند، لذا برای وزن‌دهی این پارامترها در این مطالعه، از روش‌های تصمیم‌گیری FAHP باکلی و ANP استفاده گردید. بدین ترتیب، مطالعه حاضر از نوع کاربردی و روش جمع‌آوری اطلاعات به دو شکل اسنادی (کتابخانه‌ای) و میدانی (پیمایشی) انجام گرفت، هم‌چنین از نرم‌افزارهای ArcGIS10، Excel 2010، Super Decision 2.0.8 و Surfer11 استفاده گردید. لایه DEM (Digital Elevation Model) منطقه از کدهای سازمان نقشه‌برداری به شماره‌های NWH. DGN 60512، SEH. DGN 60512، SWH. DGN 60512، NEH. DGN 60512 با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ به‌دست آمد. برای تهیه و طبقه‌بندی مجدد (Reclassification) لایه شیب از لایه DEM رستری منطقه استفاده شد. پیش از انجام عملیات ادغام نقشه‌ها، لازم است که کلیهٔ لایه‌های مورد استفاده از اعداد و مقادیر معیار ارائه شده استاندارد شوند تا با استفاده از قواعد تصمیم گیری قابلیت ادغام داشته باشند. پس از آماده سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی براساس روند نما، برای اجرای روش FAHP و ANP ابتدا لایه‌های اطلاعاتی به‌صورت رستری وارد محیط GIS شده و تحلیل‌های مکانی اولیه برروی آنها انجام گرفت. سپس به‌منظور بی‌بعد کردن لایه‌های رستری از روش فازی و تعیین توابع عضویت استفاده و وزن‌های به‌دست آمده از دو روش ANP و FAHP بر روی لایه‌های فازی اعمال شد. نقشه‌هایی



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]




**شکل۲. مراحل اجرای مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری جنگلداری**

چون بافت، زهکشی، ساختمان و عمق خاک، زمین شناسی و تیپ پوشش گیاهی که ساختاری کیفی دارند، به فرمت رستری با ساختار کمی تبدیل شدند. برای استانداردسازی این پارامترهای گسسته از نظرات کارشناسان استفاده گردید، به‌طوری که منطقه مورد نظر دارای بافت‌های لومی، لومی رسی، لومی شنی، سیلتی لومی، رسی و رسی شنی بوده که بافت خاک لومی بیشترین ارجحیت (۰/۹) و بافت لومی شنی کمترین ارجحیت (۰/۱) را به‌خود اختصاص داد. زهکشی خاک منطقه دارای سه نوع کامل، متوسط و کم می‌باشد که با توجه به مدل حرفی اکولوژیک ایران، به زهکشی کامل بیشترین ارجحیت (۰/۹) و زهکشی ناقص، کمترین ارجحیت (۰/۱) نسبت داده شد. عمق خاک منطقه از نوع عمیق، نیمه عمیق و سطحی و کم عمق می‌باشد که به ترتیب دارای بیشترین (۰/۹) تا کمترین ارجحیت (۰/۱) هستند. ساختمان خاک نیز شامل سه نوع تحول یافته (بیشترین وزن)، نیمه‌تحول یافته و کم‌تحول یافته (کمترین وزن) است. لایه بارش از فرمول گرادیان P=0.3H+208.66 با ضریب همبستگی ۰/۷۵ و لایه دما از فرمول گرادیان T=26.33-0.004H با ضریب همبستگی ۰/۹۶ به‌دست آمد (جدول۳). مراحل اجرای تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

به‌منظور تلفیق لایه‌ها از روش مدل هم‌پوشانی شاخص یا ترکیب خطی وزنی (Weighted Linear Combination method) با کمک رابطه (۶) استفاده گردید.

$$A_i = \sum w_j x_{ij} \quad ، \quad \sum w_j = 1 \qquad [۶]$$

که: $A_i$ امتیاز گزینه $i$ ام و $x_{ij}$ نمره گزینه $i$ ام در مورد صفت $j$ام و $w_j$ وزن صفت $j$ام می‌باشد. این روش متداول‌ترین



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

**جدول۳. ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور حوزه آبخیز تنگ بالنگستان**

| ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | نوع ایستگاه | ارتفاع از سطح دریا (m) | متوسط بارندگی سالانه (mm) | متوسط درجه حرارت سالانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بهبهان | ۴۹°۴۱´ | ۳۰°۳۶´ | سینوپتیک | ۳۱۳ | ۳۱۹/۲۷ | ۲۴/۹۵ |
| گچساران | ۵۰°۴۶´ | ۳۰°۲۶´ | سینوپتیک | ۶۹۹/۵ | ۳۴۸/۲۲ | ۲۲/۹۴ |
| دهدشت | ۵۰°۳۵´ | ۳۰°۴۷´ | سینوپتیک | ۷۹۳/۵ | ۵۱۲/۱۶ | ۲۲/۷ |

**جدول ۴. استاندارد سازی معیارهای پیوسته به‌روش فازی**

| معیار | نوع تابع | شکل تابع | نقاط کنترل | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | a | b | c | d |
| دما | خطی | ذوزنقه‌ای | ۰ | ۱۸ | ۲۱ | ۲۴ |
| ارتفاع از سطح دریا | خطی | نزولی | – | – | ۱۰۰۰ | ۲۸۰۰ |
| بارش | خطی | صعودی | ۰ | ۵۰۰ | – | – |
| شیب | خطی | نزولی | – | – | ۴۵ | ۱۰۰ |

مدل برای انجام مسائل تصمیم گیری چند معیاره مکانی می‌باشد.

## نتایج و بحث

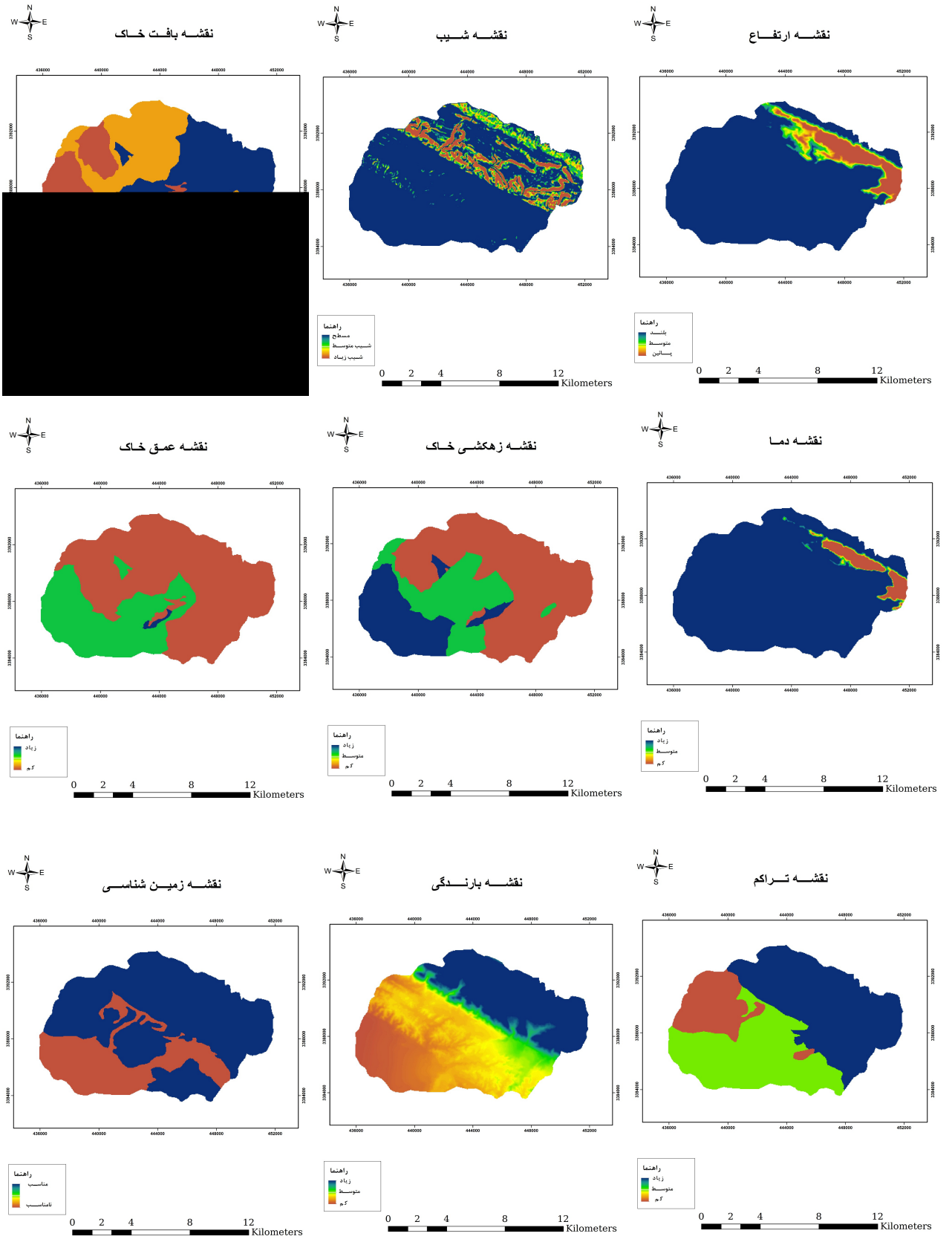
با توجه به ویژگی‌های اکولوژیک محیط برای کاربری جنگلداری، به تعیین پهنه‌های مناسب برای آن پرداخته شد. بدین‌منظور پس از آماده سازی لایه‌های اولیه، جهت استانداردسازی لایه‌های پیوسته دما، بارش و شیب از توابع عضویت فازی در محیط ArcGIS 10 استفاده گردید. بر روی لایه دما تابع عضویت خطی ذوزنقه‌ای، لایه بارش تابع عضویت خطی افزایشی و لایه‌های شیب و ارتفاع از سطح دریا تابع عضویت خطی کاهشی اعمال شد (جدول ۴). بعد از استانداردسازی کلیه لایه‌ها (گسسته و پیوسته) (شکل ۳)، با استفاده از مدل FAHP و ANP مقایسات زوجی توسط کارشناسان انجام گرفت و وزن‌های مربوط به هریک از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در ارزیابی توان کاربری جنگلداری محاسبه گردید (جداول ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹).

همان‌طور که از جدول ۵ نتیجه می‌شود وزن فازی معیارها در روش FAHP برای به‌کارگیری آسان در لایه‌های مربوطه غیرفازی گردیدند. بنابراین، مشاهده می‌گردد که معیارهای فیزیوگرافی و زمین‌شناسی منطقه به‌ترتیب بالاترین و کم‌ترین وزن و اهمیت را نسبت به سایر معیارها دارند. وزن زیر معیارهای مربوطه نیز با نظرات کارشناسی و با کمک اعداد فازی به‌دست آمد (جدول ۶).

همان‌طور که مشاهده می‌شود زیر معیارهای دما، ارتفاع و تیپ گیاهی بالاترین و زیر معیارهای بارش، شیب و تراکم گیاهی کمترین وزن را به‌خود اختصاص دادند، و در بین معیارهای خاک، زیر معیارهای بافت و زهکشی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تاثیرگذاری می‌باشند. سپس، با ضرب وزن‌های نهایی این معیارها در لایه‌های فازی، نقشه‌های فازی موزون به‌دست آمد. برای اجرای روش ANP، بعد از ضرب هر یک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپرماتریس غیروزنی در بردار اهمیت نسبی آن خوشه (از ماتریس خوشه‌ای)، سوپرماتریس وزنی تصادفی/ احتمالی به‌دست آمد که جمع عناصر ستونی آن یک است (جدول ۷).



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]




شکل۳. نقشه‌های فازی معیارهای اکولوژیک منطقه مطالعاتی



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ] [ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ] [ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]





**جدول ۵. ارزیابی FAHP معیارهای اکولوژیک کاربری جنگلداری**

| معیار | خاک | اقلیم | فیزیوگرافی | پوشش گیاهی | زمین‌شناسی | وزن‌های فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک | ۱،۱،۱،۱ | ۳/۲،۲، ۵/۲، ۳ | ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲ | ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲، ۲/۳ | ۱، ۳/۲، ۲، ۵/۲ | ۲۸، ۰/۱۹، ۰/۱۳، ۰/۰۹ | ۰/۱۶ |
| اقلیم | ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲، ۲/۳ | ۱، ۱، ۱، ۱ | ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲ | ۲/۵، ۱/۲، ۲، ۱/۳ | ۱، ۳/۲، ۲، ۵/۲ | ۰/۲۲، ۰/۱۵، ۰/۱۰، ۰/۰۷ | ۰/۱۳ |
| فیزیوگرافی | ۲/ ۷، ۳، ۵/۲، ۲ | ۲/ ۷، ۳، ۵/۲، ۲ | ۱، ۱، ۱، ۱ | ۲/ ۷، ۳، ۵/۲، ۲ | ۲/ ۷، ۳، ۵/۲، ۲ | ۰/۶۴، ۰/۴۶، ۰/۳۴، ۰/۲۴ | ۰/۳۹ |
| پوشش گیاهی | ۳/۲،۲، ۵/۲، ۳ | ۱، ۳/۲، ۲، ۵/۲ | ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲ | ۱، ۱، ۱، ۱ | ۳/۲،۲، ۵/۲، ۳ | ۰/۳۸، ۰/۲۷، ۰/۱۹، ۰/۱۳ | ۰/۲۲ |
| زمین‌شناسی | ۱ ،۳/ ۲، ۱/۲، ۲/۵ | ۱ ،۳/ ۲، ۱/۲، ۲/۵ | ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲ | ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲، ۲/۳ | ۱، ۱، ۱، ۱ | ۰/۱۹، ۰/۱۲، ۰/۰۸، ۰/۰۶ | ۰/۱۰ |

**جدول ۶. ارزیابی زیر معیارهای اکولوژیک کاربری جنگلداری با روشFAHP**

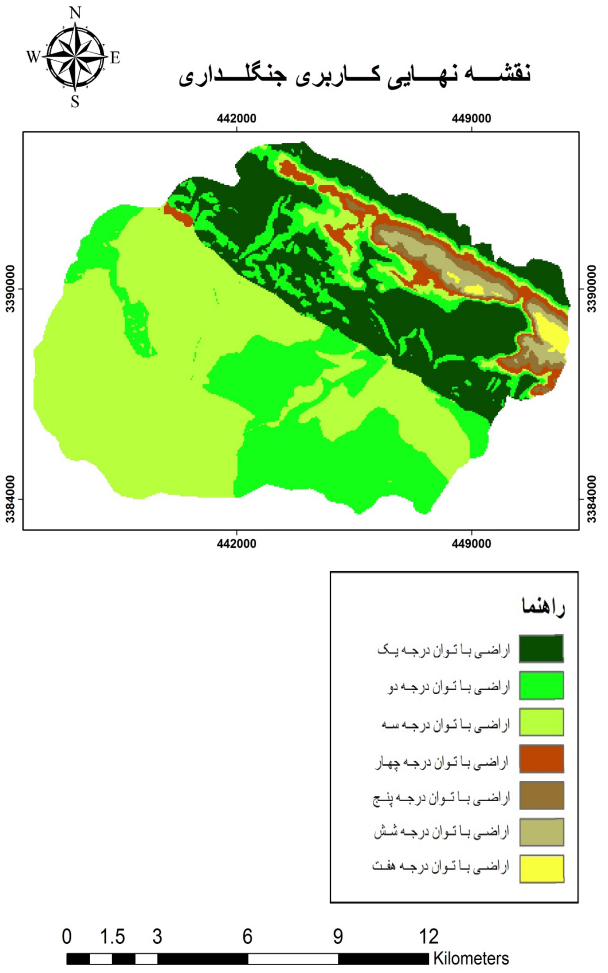
| معیار اصلی | زیر معیارها | وزن‌های فازی | وزن نهایی | معیار اصلی | زیر معیارها | وزن‌های فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک | بافت | ۰/۱۸، ۰/۲۷، ۰/۴۰، ۰/۵۸ | ۰/۳۲ | اقلیم | دما | ۰/۴۸، ۰/۶۲، ۰/۷۷، ۰/۹۶ | ۰/۷ |
| | | | | | بارش | ۰/۲۳، ۰/۲۸، ۰/۳۵، ۰/۴۵ | ۰/۳ |
| | ساختمان | ۰/۱۵، ۰/۲۳، ۰/۳۳، ۰/۴۹ | ۰/۲۷ | پوشش گیاهی | تیپ | ۰/۵۵، ۰/۶۷، ۰/۸۰، ۰/۹۶ | ۰/۷۳ |
| | عمق | ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۱۳، ۰/۲۰ | ۰/۱۱ | | تراکم | ۰/۲۱، ۰/۲۴، ۰/۲۹، ۰/۳۶ | ۰/۲۷ |
| | زهکشی | ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۱۰، ۰/۱۶ | ۰/۰۹ | فیزیوگرافی | شیب | ۰/۲۱، ۰/۲۴، ۰/۲۹، ۰/۳۶ | ۰/۲۷ |
| | فرسایش | ۰/۱۱، ۰/۱۶، ۰/۲۴، ۰/۳۸ | ۰/۲۰ | | ارتفاع | ۰/۵۵، ۰/۶۷، ۰/۸۰، ۰/۹۶ | ۰/۷۳ |

[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ] [ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ] [ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]

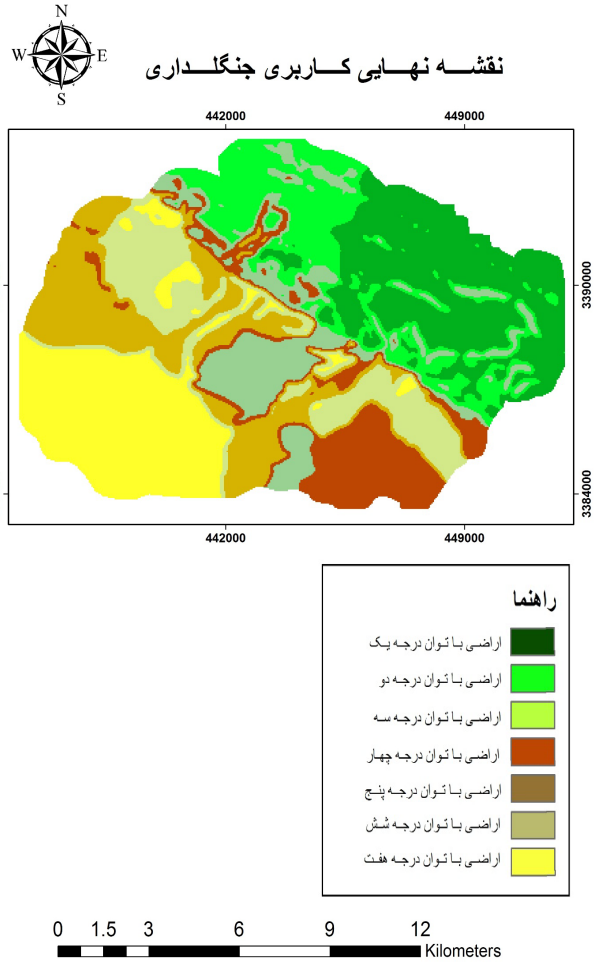


**جدول ۷. سوپر ماتریس وزنی**

| خوشه‌ها و گره‌ها | | خاک | | | | فیزیوگرافی | | اقلیم | | پوشش گیاهی | | زمین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (معیارها و زیر معیارها) | | بافت | عمق | ساختمان | زهکشی | ارتفاع | شیب | دما | بارش | تیپ | تراکم | سنگ بستر |
| خاک | بافت | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۳۱۶ | ۰ | ۰/۲۸۸ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۸۳ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۲۷۴ |
| | عمق | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۳۱ | ۰ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰ | ۰ | ۰/۰۳۸ |
| | ساختمان | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۵۲ | ۰ | ۰/۱۴ | ۰/۱۱. | ۰/۱۱ | ۰ | ۰ | ۰/۱۶۵ |
| | زهکشی | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰ | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۴ | ۰ | ۰ | ۰/۰۲۱ |
| فیزیوگرافی | ارتفاع | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | شیب | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۸۷ | ۰ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۸۳ | ۰ | ۰ | ۰ |
| اقلیم | دما | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۴۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۶۲ | ۰ | ۰ |
| | بارش | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۲۰۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۳۷ | ۰ | ۰ |
| پوشش گیاهی | تیپ | ۰/۴۳۷ | ۰/۴۳۷ | ۰/۴۳۷ | ۰/۴۳۷ | ۰/۲۱۸ | ۰/۴۳۷ | ۰/۲۹۱ | ۰/۲۹۱ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۴۳۷ |
| | تراکم | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۵ | ۰ | ۰/۰۶۲ |
| زمین | سنگ بستر | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۶۲ | ۰ | ۰/۱۹۴ | ۰/۲۵ | ۰ | ۰ | ۰ |




**شکل ۴. نقشه نهایی کاربری جنگلداری با استفاده از مدل FAHP**




**شکل ۵. نقشه نهایی کاربری جنگلداری با استفاده از مدل ANP**

جدول ۸ سوپرماتریس وزنی را نشان می‌دهد که به توان حدی رسیده و همه عناصر هر سطر سوپرماتریس با هم برابر گردید یعنی ماتریس هم‌گرا شده است.

نتایج به‌دست آمده از جدول ۹ نشان می‌دهد که در روش ANP معیار تیپ گیاهی بالاترین وزن و معیار ارتفاع کمترین وزن را دارند.

در پایان پس از به‌دست آوردن وزن نهایی هر لایه به‌دو روش ANP و FAHP، لایه های رستری وزنی براساس تابع (۱) جمع شدند تا نقشه نهایی تناسب به‌دست آید (شکل‌های ۴ و ۵).

تابع (۱): مدل خطی ترکیب وزنی لایه ها در منطقه مورد مطالعه برای طبقه یک جنگلداری

$$F_1 = E\ (1,2,3,4,5) + So\ (1,2,3,4,5,6,7) + Cp\ (5,6,7) + Ct\ (2) + Li\ (2,7) + Pte\ (8,9,11,12) + Es\ (1,2) + Ps_1\ (1) + Pdr\ (1,2) + Bvc\ (1,2) + Vgo\ (1)$$

مشخصه‌ها: $E$ ارتفاع از سطح دریا، $So$ درصد شیب، $Cp$ میزان بارندگی، $Ct$ عمق خاک، $Li$ سنگ مادری، $Pte$ بافت خاک، $Es$ فرسایش خاک، $Ps_1$ ساختمان خاک، $Pdr$ زهکشی خاک، $Bvc$ تیپ گیاهی، $Vgo$ درصد تراکم پوشش گیاهی می‌باشند.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه دارای هر هفت طبقه مدل جنگلداری است. مساحت کلاس‌های توان منطقه (جدول ۱۰) در نقشه‌های زون بندی نهایی نشان می‌دهد که از مجموع کل مساحت منطقه به‌روش ANP، ۱۸/۷۳ درصد دارای توان درجه یک و ۰/۸۶ درصد دارای توان درجه هفت



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ] [ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ] [ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]



**جدول ۸. سوپر ماتریس حد**

| خوشه‌ها و گره‌ها | | خاک | | | | فیزیوگرافی | | بیوکلیماتولوژی | | | پوشش گیاهی | | زمین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (معیارها و زیر معیارها) | | بافت | عمق | ساختمان | زهکشی | ارتفاع | شیب | دما | بارش | تیپ | تراکم | سنگ بستر | |
| خاک | بافت | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ |
| | عمق | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ |
| | ساختمان | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ |
| | زهکشی | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۱۱ |
| فیزیوگرافی | ارتفاع | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | شیب | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۲ |
| بیوکلیماتولوژی | دما | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ |
| | بارش | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳ |
| پوشش گیاهی | تیپ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ | ۰/۲۹۶ |
| | تراکم | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ | ۰/۱۷۸ |
| زمین | سنگ بستر | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۶ |

جدول ۹. وزن نهایی معیارها با روش ANP

| معیارها | بافت خاک | عمق خاک | ساختمان خاک | زهکشی خاک | بارش | شیب | دما | تیپ گیاهی | تراکم | ارتفاع | زمین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن نهایی | ۰/۱۶۵ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۴۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۳۰ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۹ | ۰/۲۹۷ | ۰/۱۸۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۳۶ |

**جدول ۱۰. مساحت کلاس‌های توان کشاورزی حاصل از روشANP و FAHP**

| کلاس‌ها | روش FAHP | | روش ANP | |
|---|---|---|---|---|
| | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) |
| اراضی درجه یک | ۲۶/۷۴ | ۲۲/۲۵ | ۲۲/۵۱ | ۱۸/۷۳ |
| اراضی درجه دو | ۳۶/۴۸ | ۳۰/۳۵ | ۱۵/۶۲ | ۱۳ |
| اراضی درجه سه | ۴۷/۴۱ | ۳۹/۴۴ | ۱۴/۵۲ | ۱۲/۰۸ |
| اراضی درجه چهار | ۳/۸۳ | ۳/۱۹ | ۱۴/۱۵ | ۱۱/۷۷ |
| اراضی درجه پنج | ۲/۴۵ | ۲/۰۴ | ۲۲/۲۸ | ۱۸/۵۴ |
| اراضی درجه شش | ۲/۴۸ | ۲/۰۶ | ۳۰/۰۸ | ۲۵/۰۲ |
| اراضی درجه هفت | ۰/۸۱ | ۰/۶۷ | ۱/۰۴ | ۰/۸۶ |
| جمع | ۱۲۰/۲ | ٪ ۱۰۰ | ۱۲۰/۲ | ٪۱۰۰ |

برای جنگلداری می‌باشد و به‌روش FAHP، ۲۲/۲۵ درصد دارای توان درجه یک و ۰/۶۷ درصد دارای توان درجه هفت است. به‌طور کلی مناطق مناسب برای این کاربری (مجموع کلاس‌های یک تا چهار) در دو روش ANP و FAHP به‌ترتیب ۵۵/۵۸ و ۹۵/۲۳ می‌باشد.

توجه به نقشه‌های نهایی به‌دست آمده از هر دو روش و تجزیه و تحلیل آنها در Google Earth نشان می‌دهد مناطقی که از نظر معیارهای اکولوژیکی دارای شباهت یکسان بودند در روش ANP در یک طبقه اما در روش FAHP در دو طبقه متفاوت قرار گرفته‌اند که این با واقعیت موجود سازگار نیست. امیری و همکاران (۲) ارزیابی توان جنگلداری را با پارامترهای اکولوژیکی مشابه به‌منظور پیاده‌سازی مدل موردنظر انجام دادند و مشابه تحقیق حاضر نتیجه گرفتند که وزن‌دهی و فازی نمودن معیارها به کمک مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در امر ارزیابی سرزمین نقش بسزایی دارد. در تحقیق مرادزاده و همکاران (۱۵) به‌منظور ارزیابی توان جنگلداری پارامترهای اکولوژیک مشابه با این تحقیق درنظر گرفته شد. در این تحقیق نیز اهمیت وزن‌دهی پارامترها و استفاده از توانایی GIS در امر ترکیب و روی‌هم گذاری لایه‌ها نمایان است. زیاری و همکاران (۶) به‌منظور تعیین مکان‌های مناسب برای فضاهای سبز شهری به این نتیجه رسیدند که بدون وزن‌دهی به معیارها به نتایج مطلوبی نمی‌توان رسید، ضمناً با توجه به نظرات غیرقطعی کارشناسان و برای رسیدن به نتایج بهینه همانند تحقیق حاضر از مدل تصمیم‌گیری FAHP استفاده نمودند. در تحقیقی مشابه ولف‌اسلحنر و همکاران (۳۷) نیز در مقایسه بین مدل‌های تصمیم‌گیری AHP و ANP در زمینه مدیریت جنگل‌ها به نتایج مشابه دست یافتند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به پیچیدگی مسئله کاربری اراضی، کاربرد روش ANP نسبت به AHP دارای اولویت است و در مطالعه‌ای دیگر توسط ولف اسلحنرو واسیک (۳۶) بر پایه مدیریت پایدار جنگل (SFM)، مشابه تحقیق حاضر به برتری مدل ANP در مدیریت منابع طبیعی دست یافت. تحقیقات دیگر از جمله اشرفی‌پور (۱)، تسایی و چوو (۳۲) و تسنگ (۳۳) مشابه مطالعه حاضر بر کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در امر برنامه‌ریزی و ارزیابی توان سرزمین تأکید دارند. یکی از محدودیت‌های روش FAHP این است که ضرایب اهمیت هر سطح را لزوماً براساس سطح بالاتر مشخص می‌کند و ارتباط داخلی بین عناصر را ممکن نمی‌سازد. با توجه به جامعیت روش ANP جهت استفاده در مسائل پیچیده تصمیم‌گیری (۱۰) خصوصاً در مدیریت منابع طبیعی در بسیاری از مطالعات، نتیجه می‌شود روش ANP نسبت به‌روش FAHP از بسیاری جهات برتری دارد. مقایسه نتایج در Google Earth نیز این موضوع را تایید می‌نماید، زیرا



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

که مناطق دارای پارامترهای اکولوژیک مشابه که بایستی در یک طبقه قرار گیرند، در مدل FAHP در طبقات مختلف دیده می‌شود.

## نتیجه‌گیری

از آنجا که اصول مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح در منابع طبیعی، بر پایه شناخت استعدادها و ارزیابی توان اکولوژیک اکوسیستم استوار است، آگاهی از این استعدادها و تعیین پتانسیل منابع مذکور می‌تواند راه‌گشای تهیه و اجرای طرح‌های کاربردی و عملی نظیر توریسم، جنگلداری، کشاورزی و غیره به‌منظور نیل به اهداف اقتصادی و حمایتی و حفاظتی باشد. از اینرو، در این تحقیق، مدل اکولوژیک کاربری جنگلداری با نگرش همه جانبه به کلیه فاکتورهای اکولوژیک در منطقه خائیز به‌عنوان واحد برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین مدنظر بوده است. در این راستا مطالعه و آماده سازی فاکتورهای فیزیکی و زیستی انجام گرفت. بررسی دقیق نتایج حاصل و مقایسه با وضعیت منطقه، گویای آن است که در نواحی گسترده با توان درجه یک تا چهار، شرایط برای این کاربری مساعد است. با توجه به نتایج موجود، مناطق غربی و جنوبی منطقه با زهکشی کم خاک، سازند کواترنری، تراکم پوشش گیاهی کم و دارای تیپ گیاهی بیشتر علفی، مناسب برای کاربری جنگلداری نمی‌باشد ولی در مناطق شمالی و شمال شرقی این منطقه که دارای زهکشی زیاد، خاک کم تحول یافته، سازند آسماری و تراکم پوشش درختی با درصد پوشش بالای ۶۰ درصد شامل گونه‌های غالب *Qercus brantii* و *Ziziphus spina-chriti* می‌باشد، مناسب برای کاربری جنگلداری است. هم‌چنین، نتایج کنترل طبقات مدل جنگلداری در این مطالعه، ضمن تأیید مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی (FAHP) در منطقه مورد مطالعه، مشخص نمود که بهترین روش جهت ارزیابی، روش ANP است که عمل ارزیابی اکولوژیک سرزمین را با دقت بیشتری مدل‌سازی کرده و تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشت. لذا، با منطق به‌کار رفته در روش‌های مورد استفاده برای وزن‌دهی به لایه‌ها (FAHP و ANP)، به‌واسطه کاهش بحث عدم قطعیت در مرحله تصمیم‌گیری، با توجه به نتایج موجود می‌توان گفت که اعتماد به‌روش ANP می‌تواند بیشتر باشد. هم‌چنین، با مقایسه نتایج به‌دست آمده در نرم‌افزار Google Earth و بررسی‌های میدانی می‌توان گفت، نتایج روش ANP به واقعیت نزدیک‌تر است و به این وسیله پشتیبانی لازم را برای تصمیم گیرندگان و مدیران محیط زیست به‌عمل می‌آورد.

## منابع مورد استفاده


۱. اشرفی‌پور، ر. ۱۳۸۶. آمایش حوضه آبخیز دوهزار تنکابن با هدف توسعه اکوتوریسم. رساله دکتری رشته جنگلداری. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۲. امیری، م. ج.، س. غ. جلالی، ع. سلمان ماهینی، س. م. حسینی و ف. آذری دهکردی. ۱۳۸۸. ارزیابی توان اکولوژیکی جنگل‌های حوضه‌های آبخیز دوهزار و سه هزار شمال ایران با استفاده از GIS. *فصلنامه محیط‌شناسی*، ۳۵(۵۰): ۴۴-۳۳.

۳. ایوبی، ش. ا. و ا. جلالیان. ۱۳۸۹. ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی). مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۳۸۵ ص.

٤. پورخباز، ح. ر.، س. جوانمردی، ا. ر. یاوری و ح. ع. فرجی سبک‌بار. ۱۳۹۲. کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعهٔ موردی: دشت قزوین). *فصلنامه محیط شناسی*، ۳۹(۳): ۱۶۴-۱۵۱.

۵. خاشعی سیوکی، ع.، ب. قهرمان و م. کوچک‌زاده. ۱۳۹۰. ارزیابی پتانسیل استحصال آب از آبخوان از روش فرآیند تحلیل سلسله




[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت نیشابور). *مجله پژوهش آب ایران*، ۵(۹): ۱۸۰-۱۷۱.

٦. زیاری، ک.، م. شادمان رودپشتی، س. حسن‌پور و ا. مصطفایی. ۱۳۹۲. مکان‌یابی عرصه‌های مناسب فضای سبز شهری با استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری کلان شهرتهران). *فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی*، ۱۳(۴۳): ۳۸-۱۹.

۷. سالاری، م.، ه. معاضد و ف. رادمنش. ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل FUZZY AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز). *مجله طلوع بهداشت*، ۳۴(۱): ۱۰۹-۹۶.

۸. سعیدی، ح. ر. و ا. نجفی. ۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در تعیین اولویت خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان (مطالعه موردی: سری باباکوه، حوضه آبخیز دوگیلان). *مجلهٔ جنگل ایران*، ۲(۴): ۳۲۱-۳۰۹.

۹. سفیانیان، ع. و ل. خداکرمی. ۱۳۹۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی. *آمایش سرزمین*، ۳ (۴): ۱۹۵-۱۱۴.

۱۰.عطائی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیاره. انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ۳۴۸ ص.

۱۱.کرمی، ا.، س. م. حسینی‌نصر، ح. جلیلوند و م. ح. میریعقوب‌زاده. ۱۳۹۱. ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه آبخیز بابل رود برای جنگلداری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. *مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۱۹(۱): ۲۲-۱.

۱۲.لاجوردی، س. ۱۳۸۱. منابع طبیعی در جهان. *مجله جنگل و مرتع*، ۵۷: ۷۹-۷۷.

۱۳.مخدوم، م. ۱۳۹۰. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۰۰ ص.

۱٤.مخدوم، م.، ع. ا. درویش‌صفت، ه. جعفرزاده و ع. مخدوم. ۱۳۹۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۰۹ ص.

۱۵.مرادزاده، ف.، س. بابایی کفایی و ا. متاجی. ۱۳۹۰. ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه جنگل با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: منطقه دادآباد در استان لرستان). *مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده*، ۲ (۴): ۲۲-۱۱.

16. Akinci, H., A. Y. Özalp and B. Turgut. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 71-82.
17. Ananda, J. and G. Herath. 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics* 68(10): 2535-2548.
18. Badenko, V. and D. Kurtener. 2004. Fuzzy Modelling in GIS Environment to Support Sustainable Land Use Planning. Paper presented at the 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, 29 April-1 May 2004, Heraklion, Greece, 333-342.
19. Bhattacharya, A., J. Geraghty and P. Young. 2010. Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing* 10(4): 1013-1027.
20. Brown, G. and C. M. Raymond. 2014. Methods for identifying land use conflict potential using participatory mapping. *Landscape and Urban Planning* 122: 196-208.
21. Chen, C. T., C. T. Lin, and S. F. Huang. 2006. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics* 102(2): 289-301.
22. Chen, Y., J. Yu and S. Khan. 2013. The spatial framework for weight sensitivity analysis in AHP-based multi-criteria decision making. *Environmental Modelling and Software* 48: 129-140.
23. Deng, H. 1999. Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning* 21(3): 215-231.
24. García-Melón, M., J. Ferrís-Oñate, J. Aznar-Bellver, P. Aragonés-Beltrán and R. Poveda-Bautista. 2008. Farmland appraisal based on the analytic network process. *Journal of Global Optimization* 42(2): 143-155.
25. Greene, R., J. E. Luther, R. Devillers and B. Eddy. 2010. An approach to GIS-based multiple criteria decision analysis that integrates exploration and evaluation phases: Case study in a forest-dominated landscape. *Forest Ecology and Management* 260(12): 2102-2114.
26. Kaya, T. and C. Kahraman. 2011. An integrated fuzzy AHP–ELECTRE methodology for environmental impact



[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]

assessment. *Expert Systems with Applications* 38(7): 8553-8562.
27. Liang, S., X. Li and J. Wang. 2012. Land cover and land use changes. PP. 703-772 .Liang, S., X. Li and J. Wang (Eds.), Advanced Remote Sensing. Academic Press. Boston
28. Othman, A. N. and S. N. Naim. 2012. GIS based multi-criteria decision making for landslide hazard zonation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 35: 595-602.
29. Phua, M. H. and M. Minowa. 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning* 71: 207-222.
30. Prato, T. 2007. Evaluating land use plans under uncertainty. *Land Use Policy* 24(1): 165-174.
31. Sánchez-Lozano, J. M., J. Teruel-Solano, P. L. Soto-Elvira and M. Socorro García-Cascales. 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24(0): 544-556.
32. Tsai, W. H. and W. C. Chou. 2009. Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert Systems with Applications* 36: 1444-1458.
33. Tseng, M. L. 2011. Importance–performance analysis of municipal solid waste management in uncertainty. *Environmental Monitoring and Assessment* 172: 171-187.
34. Tseng, M. L. 2011. Using a hybrid MCDM model to evaluate firm environmental knowledge management in uncertainty. *Applied Soft Computing* 11(1): 1340-1352.
35. Tweed, S. O., M. Leblanc, J. A. Webb and M. W. Lubczynski. 2007. Remote sensing and GIS for mapping groundwater recharge and discharge areas in salinity prone catchments, southeastern Australia. *Hydrogeology Journal* 15(1): 75-96 .
36. Wolfslehner, B. and H. Vacik. 2008. Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework. *Journal of Environmental Management* 88: 1-10.
37. Wolfslehner, B., H. Vacik and M. J. Lexer. 2005. Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 207: 157-170.

[ Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.2.9 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.15 ]