

# ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین کاربری کشاورزی با مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP-DEMATEL و FAHP چانگ (مطالعه موردی: حاشیه بهبهان)

حمیدرضا پورخباز<sup>۱\*</sup>، حسین اقدر<sup>۲</sup>، فاطمه محمدیاری<sup>۳</sup>، سعیده جوانمردی<sup>۴</sup>

۱. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز.

aghdarhossain@yahoo.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان.

m.fatima.1364@gmail.com

Sajavanmardi@yahoo.com

۴. مربی گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان.

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۱۰/۱

تاریخ وصول مقاله: ۹۳/۷/۲۰

## چکیده

در مطالعات محیطی، مهم‌ترین راه نیل به توسعه مبتنی بر علم و شناخت علمی محیط، توجه اصولی به پتانسیل‌ها، ارزیابی توان‌های محیطی و بالاخره استفاده همه‌جانبه و منطقی از سرزمین است. در این خصوص، میان توسعه کشاورزی محیط و منابع محیطی نیز ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. این تحقیق، کاربرد روش تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP-DEMATEL و CHANGFAHP را در ارزیابی اراضی کشاورزی پیرامون بهبهان بیان می‌کند. بر اساس مدل اکولوژیک حرفی ایران، داده‌های شیب، اقلیم، خصوصیات خاک، دبی آب و تراکم پوشش گیاهی به‌منزله معیارهای اصلی تأثیرگذار در کاربری کشاورزی انتخاب شدند. سپس در قالب یک مدل، به کمک تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای و روش سلسله‌مراتبی فازی لایه‌های مذکور به روش ترکیب خطی وزنی (WLC) در محیط نرم‌افزار Arc GIS10 تلفیق شدند و ارزیابی شکل گرفت. استفاده از مدل تلفیقی ANP-DEMATEL برای تجزیه و تحلیل اولیه روابط متقابل میان معیارها و وزن‌دهی فاکتورها با توجه به ضریب تأثیرگذاری‌شان است. در واقع، این مدل جدید با ترکیب روش‌های مختلف، راه‌حل مؤثری را برای کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارائه می‌دهد و از این طریق وزن نهایی معیارهای مؤثر در کاربری کشاورزی مشخص می‌شود. نتایج نشان داد که در هر دو مدل، حدود ۴ درصد از کل مساحت منطقه دارای اراضی با توان درجه یک برای کشاورزی اند، به طور کلی می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه از نظر توان اکولوژیک برای کاربری کشاورزی به دلایل نزدیکی منطقه به کوهستان و تپه‌های ماهوری و وجود سازندهای انحلالی گچ و آهک در حد مناسب و مطلوب نیست. این نتیجه به وضوح در هر دو روش دیده می‌شود، اما با توجه به اینکه مناطق نامساعد در روش CHANGFAHP مساحت بیشتری نسبت به روش ANP-DEMATEL دارند می‌توان گفت که نتایج روش FAHPCHANG با واقعیت سازگاری بیشتری دارند.

## کلیدواژه

ارزیابی توان اکولوژیک، DEMATEL، کاربری کشاورزی، فرایند تحلیل شبکه‌ای، FAHP چانگ.

## ۱. سرآغاز

توسعه و حفظ توازن اکولوژیک زمانی محقق خواهد شد که به تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌ها از سرزمین استفاده شود (جعفری، ۱۳۷۹؛ بحرینی و کریمی، ۱۳۸۱). در بسیاری موارد انسان در مواجهه با طبیعت و محیط زیست شیوه معقولی را اتخاذ نکرده است و به جای جامع‌نگری و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری پایدار از محیط و منابع محدود پیرامونش به بهره‌گیری و منفعت‌جویی ناپایدار با دو شیوه مدیریت غلط در رابطه با بهره‌برداری از زمین و نادرستی نوع استفاده از سرزمین پرداخته است (زاهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۴). به طور خلاصه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عامل کاهش بیش از حد منابع، استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین است (Sicat, et al., 2005). بنابراین، ارزیابی توان استراتژی اساسی برای استفاده از سرزمین تلقی می‌شود که با شناسایی و ارزیابی خصوصیات اکولوژیکی منطقه، توسعه‌ای همگام با طبیعت حاصل می‌شود. لذا آگاهی از استعدادهای و تعیین پتانسیل‌ها می‌تواند راه‌گشای تهیه و اجرای طرح‌های کاربردی و عملی به منظور نیل به اهداف اقتصادی، حمایتی و حفاظتی باشد (امیری و همکاران، ۱۳۸۸). از مهم‌ترین نکاتی که در برنامه‌ریزی کلان نباید از آن غافل بود، اهمیت کشاورزی است؛ زیرا اگر قرار است توسعه‌ای انجام گیرد و خود مستمر باشد، باید به طور اخص از بخش کشاورزی آغاز شود (آسایش، ۱۳۸۲؛ قدیری معصوم و علیقلی فیروزجایی، ۱۳۸۲). کاربری کشاورزی به منزله‌ی فعالیتی که به طور تنگاتنگ با محیط سر و کار دارد، برای داشتن کارایی بالاتر و تناسب بیشتر با محیط زیست، نیازمند شناسایی علمی روزافزون توان محیطی است (محمدی و گیوی، ۱۳۸۰). در خصوص ارزیابی توان از مدل‌های تصمیم‌گیری مختلف از جمله ANP و AHP استفاده می‌شود. در روش فرایند تحلیل شبکه‌ای<sup>۱</sup> ارتباطات بین عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر

گرفته می‌شوند. فرایند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود (Saaty, 1999) که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد<sup>۲</sup> را نیز می‌توان در نظر گرفت. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش یافته است (Jharkharia and Shankar, 2007). پورخباز و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL به آنالیز تناسب اراضی کشاورزی دشت قزوین اقدام کردند. قاسمی و دانش (۱۳۹۰) با تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)، به تعیین گزینه بهینه تصفیه آب‌های لب شور زیرزمینی در تربت حیدریه اقدام کردند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، ابزاری مناسب و کارا در نظام‌مند کردن تصمیم‌گیری‌های کلان در مدیریت منابع آب است. مینایی (۱۳۸۸) مدل آمایشی کشاورزی را با استفاده از منطق فازی و GIS در فریدون‌شهر اجرا کرد. در این مطالعه از پارمترهای اکولوژیک مدل حرفی (شیب و خصوصیات خاک) برای تعیین توان کشاورزی استفاده شد. Reshmidevi و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود با استفاده از سیستم استنتاج فازی در رویکردی تلفیقی با GIS به ارزیابی توان کشاورزی حوضه آبخیز بنگال غربی پرداختند. نتایج ادغام سیستم استنتاج فازی با GIS حاکی از توانایی این روش در بررسی مقدار زیادی از اطلاعات و مفید بودن برای ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی است. Murayama و Thapa در سال ۲۰۰۷ ارزیابی اراضی پسرانته شهری را برای کاربری کشاورزی با استفاده از دو تکنیک GIS و AHP در استان Hanoi ویتنام انجام دادند. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به اقدر (۱۳۹۱)، شریف‌آبادی مروتی (۱۳۹۱)، پریرزادی و صحت (۱۳۸۸)، Yeh and Huang در سال ۲۰۱۴ و Khan and Faisal در سال ۲۰۰۷ اشاره کرد. هدف تحقیق حاضر، اجرای مدل اکولوژیک و تجزیه و تحلیل تناسب اراضی در منطقه مورد

مطالعه برای کاربری کشاورزی با شناسایی فاکتورهای فیزیکی و زیستی دخیل در این کاربری است. با توجه به هدف تحقیق، سؤالی که پیش می‌آید این است که آیا با به کارگیری مدل‌های ANP-DEMATEL و CHANGFAHP می‌توان ارزیابی توان بخش شمالی بهبهان برای کاربری کشاورزی را بررسی کرد؟ بنابراین فرض می‌شود که ارزیابی توان اکولوژیک برای تعیین نقاط مستعد کشاورزی با مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام‌شدنی است.

**۲. محدوده و قلمرو پژوهش**

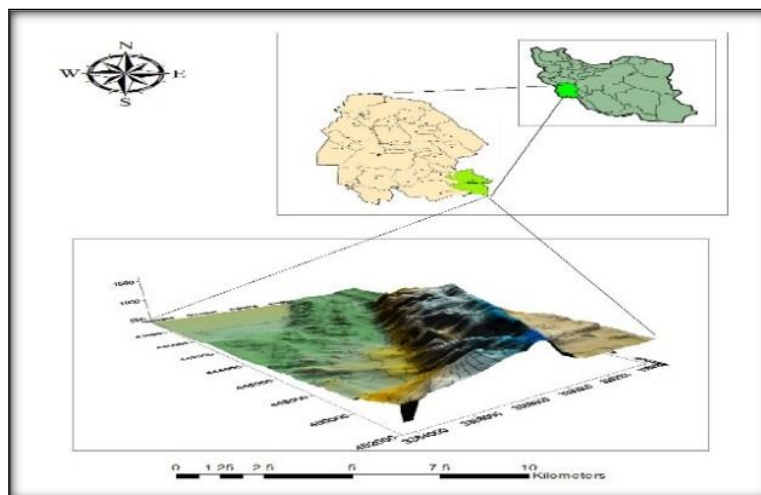
منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی قرار گرفته است. مساحت منطقه ۱۳۰ کیلومتر مربع و اقلیم منطقه بر اساس روش دو مارتن خشک است. نقشه سه بعدی منطقه با استفاده از نرم‌افزار Surfer11 تهیه شد (شکل ۱).

**۳. مواد و روش بررسی**

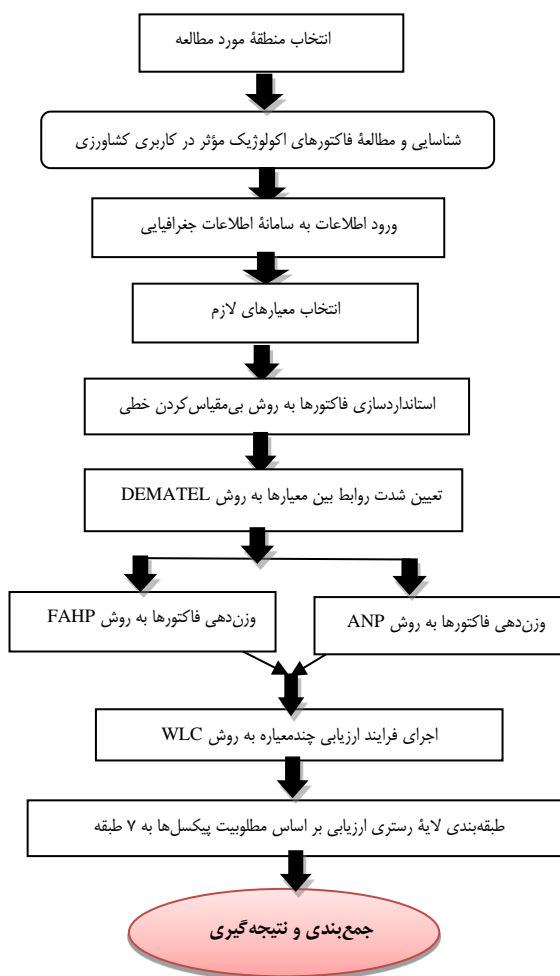
تحقیق حاضر بر پایه پارامترهای اکولوژیک (فیزیکی و زیستی) لازم منطقه برای ارزیابی تناسب کاربری کشاورزی شامل فیزیوگرافی (درصد شیب) (So)، بارندگی (Cp)، دما (Ct)، فاصله از منابع آبی (Wc)، عمق خاک (Pd)، فرسایش خاک (Es)، ساختمان خاک (تحول یافتگی) (Ps)، بافت خاک (Pte)، زهکشی خاک (Pdr) و تیپ پوشش گیاهی (Vgo) است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳). این تحقیق از نوع کاربردی و روش جمع‌آوری اطلاعات به دو شکل کتابخانه‌ای و میدانی (پیمایشی) انجام و از نرم‌افزارهای Arc GIS10، Super Decision 2.0.8، MATLAB 7.11.0 و Surfer11 برای تحقیق استفاده شده است. لایه DEM<sup>۳</sup> منطقه از کدهای سازمان نقشه برداری به شماره‌های ۶۰۵۱۲ SEH. DGN، ۶۰۵۱۲NWH. DGN

NEH. DGN، ۶۰۵۱۲ SWH. DGN با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ به دست آمد. برای تهیه و طبقه‌بندی مجدد لایه شیب از لایه DEM رستری منطقه استفاده شد. پیش از عملیات ادغام کردن نقشه‌ها، لازم است که کلیه لایه‌های استفاده‌شده از اعداد و مقادیر معیار ارائه‌شده استاندارد شوند تا با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری قابلیت ادغام داشته باشند. نقشه‌هایی چون بافت خاک، زهکشی خاک، ساختمان خاک، فرسایش پذیری خاک، عمق خاک و نوع پوشش گیاهی که ساختاری کیفی دارند، باید به فرمت رستری با ساختار کمی تبدیل شوند. منطقه مورد نظر دارای بافت‌های لومی، لومی رسی، لومی شنی، سیلتی لومی، رسی و رسی شنی است که با توجه به طبقات کاربری کشاورزی مدل حرفی ایران و نظرهای کارشناسی به بافت خاک لومی بیشترین وزن (۰/۹)، لومی رسی (۰/۸)، لومی شنی (۰/۶)، سیلتی لومی (۰/۵)، رسی (۰/۳) و به بافت لومی شنی کمترین وزن (۰/۱) داده شده است. زهکشی خاک منطقه دارای سه نوع کامل، متوسط و کم است که با توجه به مدل مخدوم و نظرهای کارشناسی به زهکشی کامل بیشترین وزن (۰/۹)، زهکشی متوسط (۰/۵) و زهکشی از نوع کم کمترین وزن (۰/۱) نسبت داده شد. عمق خاک منطقه از نوع عمیق، نیمه عمیق و سطحی و کم عمق است که به ترتیب بیشترین (۰/۹) تا کمترین وزن (۰/۱) را دارند. 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 به دست آمد. برای تهیه نقشه منابع آب نیز از فاصله اقلیدوسی<sup>۵</sup> استفاده شد. به منظور انتخاب بهترین مدل تصمیم‌گیری، در این تحقیق دو مدل ANP-DEMATEL و CHANGFAHP با هم مقایسه شدند. روند تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

۶۰۵۱۲ SEH. DGN، ۶۰۵۱۲NWH. DGN



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی



شکل ۲. فرایند اجرای تحقیق

(ضریب اثرگذاری) معیارها از نظرهای متخصصان استفاده می‌شود. ارزیابی و جهت تأثیر بین دو معیار بر اساس امتیازهای جدول ۱ به کار می‌رود. برای دخالت دادن دیدگاه‌های H پاسخ‌دهنده، ماتریس میانگین  $A = [a_{ij}]$  به صورت زیر می‌تواند ساخته شود:

$$a_{ij} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^H x_{ij}^k \quad (1)$$

جدول ۱. مقادیر کمی معادل با مفاهیم کلامی ماتریس

مقادیر کمی	مفاهیم کلامی
۰	بی تأثیر
۱	تأثیر بسیار کم
۲	تأثیر کم
۳	تأثیر متوسط
۴	تأثیر شدید
۵	تأثیر بسیار شدید

منبع: Wu, 2008

۲. محاسبه ماتریس نرمال رابطه مستقیم: ماتریس اولیه

رابطه مستقیم D از طریق معادله‌های زیر نرمال می‌شود:

$$D = A \times S \quad (2)$$

$$(3)$$

$$s = \min \left[ \frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |z_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |z_{ij}|} \right] \quad j = 1, 2, \dots, n$$

۳. محاسبه ماتریس روابط کل: ماتریس روابط کل T

می‌تواند بر اساس معادله زیر به دست آید در حالی که

منظور از I ماتریس واحد است:

$$T = D (I - D)^{-1} \quad (4)$$

مجموع سطرها و ستون‌ها به ترتیب با بردارهای r و c

در ماتریس T نشان داده می‌شوند (Kangas, et al., 2003).

بردار محور افقی  $r + c$  بردار برتری است که میزان اهمیت

هر معیار را بیان می‌کند، محور عمودی  $r - c$  بردار رابطه

نامیده می‌شود و تأثیر خالصی را که معیار i در کل سیستم

می‌گذارد نشان می‌دهد.

### ۱.۳. تئوری مجموعه‌های فازی

تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ از سوی پروفیسور لطفی زاده برای لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان شد (Rostamzadeh and Sofian, 2011). عملیات فازی سازی ورودی‌ها را می‌گیرد و از طریق توابع عضویت مربوطه، یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد.

### ۲.۳. تابع عضویت

میزان فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع به تابعی که میزان درجه عضویت المان‌های مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند. تابعی که درجه عضویت المان x به مجموعه فازی  $\tilde{A}$  را نشان دهد با  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  نمایش داده می‌شود (غضنفری و رضایی، ۱۳۸۵).

### ۳.۳. روش آزمون ارزیابی و تصمیم‌گیری (DEMATEL)

این تکنیک که مبتنی بر نظریه گراف است، روش جامع برای ساختن و تحلیل مدل ساختاری مرتبط با روابط علی و معلولی پیچیده میان عوامل یک مسئله است. دیاگرام‌ها می‌توانند مفهوم شدت اثر (رابطه) متقابل یک رابطه علی و معلولی را به صورت عددی توصیف کنند (Wu, 2008).

این روش برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد، به طوری که شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی بررسی، بازخورهای توأم با اهمیت آن‌ها را تجسس و روابط انتقال‌ناپذیر را محاسبه می‌کند. پایه روش DEMATEL بر اساس این فرض بنا شده که یک سیستم شامل مجموعه‌ای از معیارهاست و مقایسه زوجی روابط میان این معیارها می‌تواند به وسیله معادلات ریاضی مدل شود (Tseng, 2009). مراحل این روش به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

۱. ساخت ماتریس اولیه رابطه مستقیم و محاسبه ماتریس میانگین: برای تعیین شدت رابطه و تأثیر متقابل

صورت کامل انجام شد، بردار وزن (w) محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد کرده است:

$$AW = \lambda_{\max} \dots W \quad (5)$$

که در آن  $\lambda_{\max}$  بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار w با استفاده از  $a = \sum_{i=1}^n w_i$  نرمال می‌شود.

برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (6)$$

در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه تأیید می‌شود. ۳. تشکیل سوپرماتریس اولیه: بر اساس مقایسه زوجی که در مرحله قبل انجام شد، چندماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.

۴. تشکیل سوپرماتریس وزنی: برای آنکه از عناصر ستون سوپرماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته و جمع ستون برابر ۱ شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر ۱ خواهد بود.

۵. محاسبه بردار وزنی عمومی - سوپرماتریس حد: در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. در این مورد جمع سطر سوپرماتریس وزنی به صورت زیر همگرا می‌شود:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k \quad (7)$$

### ۵.۳. روش سلسله‌مراتبی فازی<sup>۸</sup>

چانگ در سال ۱۹۹۶ روشی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای<sup>۹</sup> ارائه کرد که مراحل این روش در زیر شرح داده شده است (عطایی، ۱۳۸۹).

۱. رسم نمودار سلسله‌مراتبی
۲. تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی
۳. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی

۴. تعیین مقدار آستانه: از آنجا که ماتریس T اطلاعاتی در زمینه میزان تأثیر یک معیار می‌دهد، لازم است تا تصمیم گیرنده، یک مقدار آستانه برای فیلترکردن آثار جزئی به وجود آورد. در دیاگرام (مدل ساختاری) تنها آثار بزرگ‌تر از آستانه وارد می‌شوند.

۵. اجرا و تحلیل مدل مفهومی ساختاری (دیاگرام علت و معلولی): دیاگرام علت و معلول می‌تواند بر اساس ترسیم زوج مرتب‌های (r + c, r - c) به دست آید که درون‌بینی بارزشی برای تصمیم‌گیری فراهم می‌کند (Shrestha, et al., 2004). برای ترسیم دیاگرام علی (مدل مفهومی) ماتریس F ساخته می‌شود. مقادیر ماتریس بر اساس ماتریس T و مقدار آستانه (ω) تعیین می‌شوند. اگر  $t_{ij} \geq \omega$  باشد آنگاه  $f_{ij}$  برابر ۱ می‌شود و در غیر این صورت مقدار صفر را دریافت می‌کند.

### ۴.۳. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و مراحل آن

فرایند تحلیل شبکه، یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرم توسعه یافته فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است. این روش برای حل مسائلی که در آن‌ها معیارها و گزینه‌ها از هم مستقل نیستند، به کار می‌رود (عطایی، ۱۳۸۹). در فرایند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با مقایسه‌های زوجی انجام می‌شود. مراحل روش ANP به شرح زیر است:

۱. ساخت مدل (شبکه) تحلیل: در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثرند و با نظرخواهی از متخصصان مشخص شدند، به یکدیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند.

۲. تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی و محاسبه بردارهای وزن: ماتریس‌های مقایسه زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند، تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. پس از آنکه مقایسه زوجی به

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (11)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (12)$$

در روابط بالا  $l_i$ ,  $m_i$  و  $u_i$  به ترتیب مؤلفه های اول تا سوم اعداد فازی اند.

(13)

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) =$$

$$\left( \frac{\sum_{j=1}^m l_j}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{\sum_{j=1}^m m_j}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{\sum_{j=1}^m u_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

۵. محاسبه درجه بزرگی  $S_i$  ها نسبت به همدیگر

به طور کلی درجه بزرگی  $S_i$  نسبت به  $S_j$  از معادله زیر به دست می آید.

(14)

$$V(S_i \geq S_j) = hgt(S_i \cap S_j) = \mu_{s_i}(d) =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{if } m_i \geq m_j \\ 0 & \text{if } l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - u_j)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

۶. محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های

مقایسه زوجی برای محاسبه وزن نرمال‌نشده معیار: باید

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی

مثلثی محاسبه شود و در نهایت حداقل میزان بزرگی،

نشان‌دهنده وزن نرمال‌نشده معیار است. بدین منظور از

رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$k=1,2,\dots,n, k \neq id'(A_i) = \text{Min } V(S_i \geq S_k) \quad (15)$$

۷. محاسبه بردار وزن نهایی

بردار وزن نهایی از نرمال کردن بردار وزن معیارها به

دست می‌آید.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^t \quad (16)$$

برای انجام مقایسه‌ها به تعریف اعداد فازی و مقیاس‌های فازی نیاز است (جدول ۲).

جدول ۲. اعداد فازی مثلثی

مقیاس فازی معکوس	تعریف زبانی	مقیاس فازی مثلثی
۱،۱،۱	اهمیت دقیقاً مساوی	۱،۱،۱
۲،۱،۰/۶۶	اهمیت تقریباً مساوی	۱/۲، ۱، ۳/۲
۱،۰/۶۶، ۰/۵	کمی مهم‌تر	۱، ۳/۲، ۲
۰/۶۶، ۰/۵، ۰/۴	مهم‌تر	۳/۲، ۲، ۵/۲
۰/۵، ۰/۴، ۰/۳۳	اهمیت خیلی مهم‌تر	۲، ۵/۲، ۳
۰/۴، ۰/۳۳، ۰/۲۹	خیلی خیلی مهم‌تر	۵/۲، ۳، ۷/۲

منبع: Chang, 1996

ماتریس مقایسه زوجی ( $\tilde{A}$ ) حاوی اعداد فازی

تعریف شده است و به صورت زیر خواهد بود.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرندگان دارای چندین تصمیم‌گیرنده

باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش

تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به کار می‌رود، یک عدد فازی

مثلثی است که مؤلفه اول آن را حداقل نظرسنجی‌ها، مؤلفه

دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن حداکثر

نظرسنجی‌هاست.

۴. محاسبه  $S_i$  برای هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه

زوجی

$S_i$  یک عدد فازی مثلثی است که از رابطه زیر به دست

می‌آید:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (9)$$

که در این رابطه  $i$  بیانگر شماره سطر و  $j$  بیان‌کننده

شماره ستون است. در این رابطه اعداد فازی مثلثی

ماتریس‌های مقایسه زوجی است.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (10)$$

وزن نرمال هم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{S_i}{\sum S_i} \quad (17)$$

پس از آماده کردن و تهیه لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روند نما ابتدا لایه‌های اطلاعاتی به صورت رستری وارد محیط GIS شدند و تحلیل‌های مکانی اولیه روی آن‌ها انجام شد. سپس به منظور بی‌بعد کردن لایه‌های رستری از روش فازی و تعیین تابع عضویت استفاده و وزن‌های به دست آمده روی لایه‌های فازی اعمال شدند. به منظور تلفیق لایه‌ها از روش مدل همپوشانی شاخص یا ترکیب خطی وزنی<sup>۱</sup> استفاده شد. در این روش پس از بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم، با استفاده از ضرایب وزنی معیارها، ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار به دست آمد و با توجه به این ماتریس، امتیاز هر گزینه محاسبه می‌شود (عطایی، ۱۳۸۹). نقشه معیارها با استفاده از رابطه زیر با هم ترکیب می‌شوند.

$$A_i = \sum w_j x_{ij} , \sum w_j = 1 \quad (18)$$

که:  $A_i$  امتیاز گزینه  $A_i$ ،  $x_{ij}$  نمره گزینه  $A_i$  در خصوص صفت  $w_j$  و  $w_j$  وزن صفت  $w_j$  است. این روش متداول‌ترین مدل در کار روی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی است (مالچفسکی، ۱۹۹۹).

#### ۴. نتایج

با توجه به ویژگی‌های اکولوژیک محیط برای کاربری کشاورزی، به تعیین عرصه‌های مناسب برای آن پرداخته می‌شود. مدل اکولوژیک کشاورزی شامل هفت طبقه توان محیطی است. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقه مورد مطالعه دارای هر هفت طبقه مدل کشاورزی است. پس از آماده‌سازی لایه‌های اولیه، لایه‌های دما، فاصله از منابع آب،

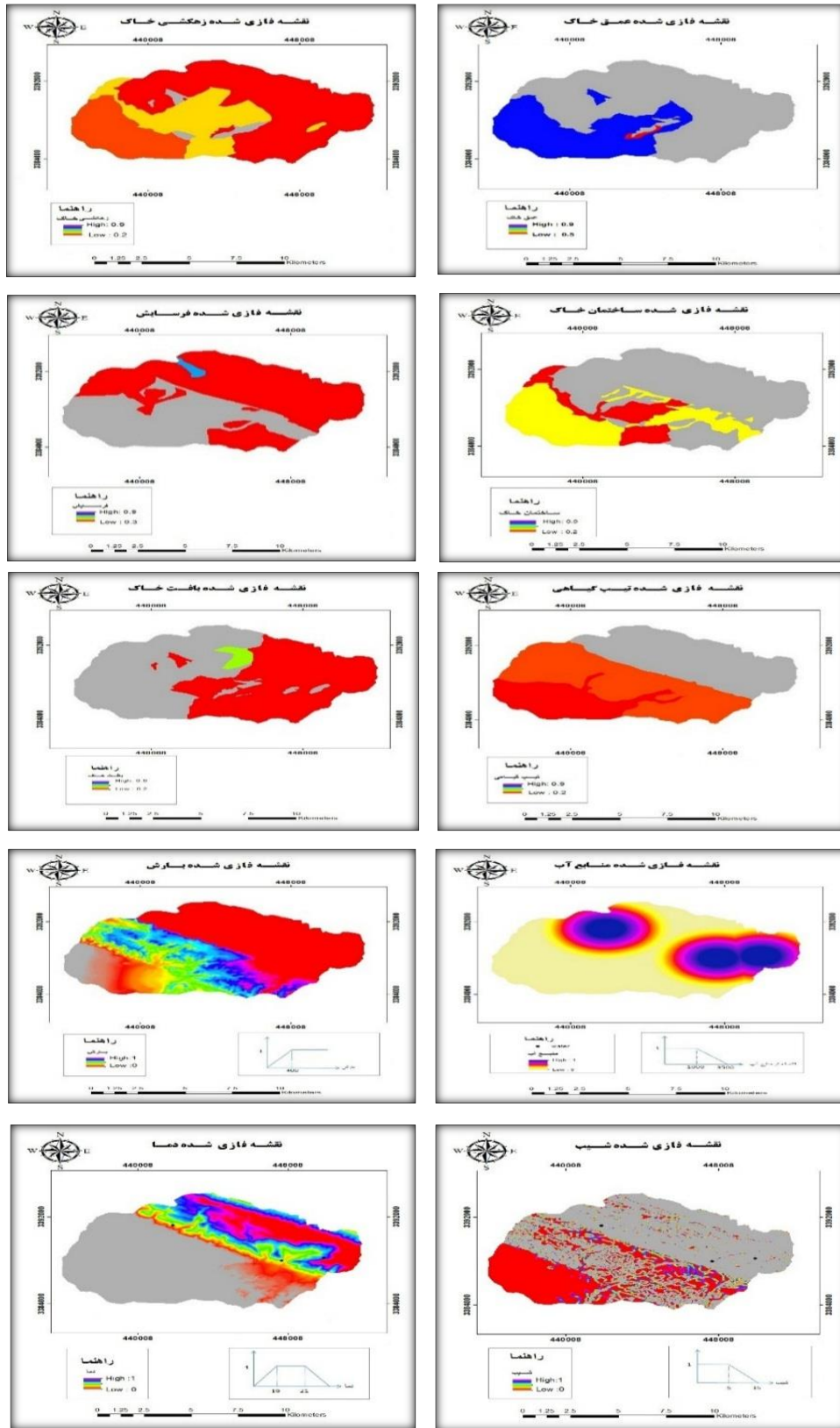
بارش و شیب به توابع عضویت نیاز داشتند که با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10 روی لایه دما تابع عضویت خطی دوزنقه‌ای، لایه بارش تابع عضویت خطی افزایشی و لایه‌های شیب و فاصله از منابع آب تابع عضویت خطی کاهش‌ی اعمال شد (جدول ۳).

با توجه به مدل ارزیابی اکولوژیک کاربری کشاورزی، نقشه‌های پارامترهای منطقه مورد مطالعه طبقه‌بندی مجدد شدند که شکل ۳ پارامترهای اکولوژیک را نشان می‌دهد. با استفاده از این نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی مربوط به منطقه، پایگاه اطلاعاتی برای تحلیل منابع محیطی تهیه شد. برای رفع مشکل وابستگی داخلی معیارها، از DEMATEL استفاده و ضریب تأثیرگذاری معیارها از طریق ماتریس مجموع تأثیرات معیارها بررسی شد. بدین منظور ابتدا ماتریس روابط کل معیارها (جدول ۴) و مجموع تأثیرات معیارها (جدول ۵) آماده شد. جدول مجموع تأثیرات نشان می‌دهد که شیب و دبی آب بیشترین تأثیر را داشته است. سپس، برای انجام مقایسه‌های صحیح، پس از تهیه ماتریس حد آستانه (جدول ۶)، معیارها طبق جدول ۷ در سه خوشه قرار گرفتند و نظرهای کارشناسی تحلیلی در روش مذکور، به صورت جدول سوپرماتریس حد (جدول ۸) تهیه و در نهایت وزن نهایی معیارها به روش ANP به دست آمد (جدول ۹). همان‌طور که مشاهده می‌شود معیارهای بارش و شیب بالاترین آثار را در ارزیابی توان کاربری کشاورزی داشته‌اند. با استفاده از مدل FAHP و مقایسه‌های زوجی که از سوی کارشناسان انجام شد وزن‌های مربوط به هر یک از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در ارزیابی توان کاربری کشاورزی با استفاده از نرم‌افزار Matlab محاسبه شد (جدول‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

جدول ۳. استانداردسازی معیارهای پیوسته به روش فازی

معیار	نوع تابع	شکل تابع	نقاط کنترل		
			a	b	c
دما	خطی	دوزنقه‌ای	۰	۱۹	۲۱
فاصله از منابع آب	خطی	نزولی	-	-	۱۰۰۰
بارش	خطی	صعودی	۰	۴۰۰	-
شیب	خطی	نزولی	-	-	۵





شکل ۳. نقشه‌های اکولوژیک فازی منطقه مطالعاتی

جدول ۴. ماتریس روابط کل معیاره (T)

معا	بارش	فاصله از منبع آب	تراکم پوشش گیاهی	شیب	زهکشی خاک	فرسایش خاک	عمق خاک	بافت خاک	ساختمان	معیارهای اکولوژیکی
۰/۱۶۹	۰/۱۸۱	۰/۲۶۳	۰/۳۵۸	۰/۱۶۱	۰/۳۵۴	۰/۳۳۲	۰/۲۳۲	۰/۲۳۸	۰/۱۸۷	ساختمان خاک
۰/۲۰۶	۰/۳۳۰	۰/۳۰۵	۰/۳۶۸	۰/۱۵۱	۰/۳۹۳	۰/۳۶۲	۰/۲۲۷	۰/۱۸۶	۰/۳۱۶	بافت خاک
۰/۱۴۷	۰/۲۳۸	۰/۲۲۱	۰/۲۸۲	۰/۱۰۷	۰/۲۷۱	۰/۲۴۸	۰/۱۲۳	۰/۱۵۹	۰/۱۷۷	عمق خاک
۰/۱۷۱	۰/۳۳۱	۰/۲۹۵	۰/۴۰۰	۰/۱۹۶	۰/۳۴۶	۰/۲۶۰	۰/۲۷۸	۰/۲۷۰	۰/۲۸۲	فرسایش خاک
۰/۱۸۱	۰/۲۴۲	۰/۲۴۲	۰/۲۸۸	۰/۱۱۸	۰/۲۰۵	۰/۲۶۱	۰/۱۹۲	۰/۲۰۸	۰/۲۲۷	زهکشی خاک
۰/۲۲۲	۰/۳۱۶	۰/۳۴۵	۰/۴۱۴	۰/۱۳۴	۰/۴۰۶	۰/۴۱۴	۰/۲۸۳	۰/۲۸۸	۰/۳۰۶	شیب
۰/۲۱۷	۰/۳۰۳	۰/۲۷۳	۰/۲۵۹	۰/۱۳۱	۰/۳۲۳	۰/۳۵۷	۰/۲۱۹	۰/۲۲۵	۰/۲۶۵	تراکم پوشش گیاهی
۰/۲۵۳	۰/۳۳۲	۰/۲۳۲	۰/۴۱۰	۰/۲۲۳	۰/۳۸۵	۰/۳۶۳	۰/۲۵۲	۰/۲۵۴	۰/۲۸۷	فاصله از منبع آب
۰/۱۷۴	۰/۱۸۱	۰/۲۱۶	۰/۳۳۷	۰/۱۰۶	۰/۲۶۹	۰/۲۷۷	۰/۱۷۹	۰/۲۳۵	۰/۲۰۹	بارش
۰/۱۲۵	۰/۲۴۷	۰/۲۸۱	۰/۳۳۴	۰/۱۱۲	۰/۳۱۷	۰/۲۶۵	۰/۱۷۰	۰/۱۶۰	۰/۲۲۳	دما

جدول ۵. مجموع تأثیرات معیارها

r - c	r + c	C	r	معیارهای اکولوژیکی
-۷/۷۵۱	۱۲/۹۵۶	۱۰/۳۵۳	۲/۱۸۸	ساختمان خاک
۰/۶۱۶	۵/۰۷۱	۲/۲۲۷	۲/۸۴۳	بافت خاک
-۰/۱۷۸	۴/۱۳۱	۲/۱۵۴	۱/۹۷۶	عمق خاک
-۰/۳۰۶	۵/۹۷۷	۳/۱۴۱	۲/۸۳۵	فرسایش خاک
-۱/۱۰۶	۵/۴۴۴	۳/۲۷۵	۲/۱۶۸	زهکشی خاک
۱/۶۹۰	۴/۵۷۴	۱/۴۴۲	۳/۱۳۲	شیب
-۰/۸۷۹	۶/۰۲۹	۳/۴۵۴	۲/۵۷۵	تراکم پوشش گیاهی
۰/۳۱۸	۵/۶۷۲	۲/۶۷۶	۲/۹۹۵	فاصله از منبع آب
-۰/۶۴۱	۵/۰۱۸	۲/۸۳۰	۲/۱۸۸	بارش
۰/۳۶۸	۴/۱۰۹	۱/۸۷۰	۲/۲۳۸	دما

جدول ۶. ماتریس حد آستانه (ماتریس F)

معیارهای اکولوژیکی	تراکم	ساختمان	بافت خاک	عمق خاک	فرسایش خاک	زهکشی خاک	شیب	گیاهی	تراکم پوشش	فاصله از منبع آب	بارش	دما
ساختمان خاک	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
بافت خاک	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
عمق خاک	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰
فرسایش خاک	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰
زهکشی خاک	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
شیب	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
تراکم پوشش گیاهی	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰
فاصله از منبع آب	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰
بارش	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰
دما	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰

جدول ۷. سوپرماتریس وزنی

خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیرمعیارها)		خاک									پوشش گیاهی - شیب		هیدروکلیماتولوژی	
		بافت خاک	عمق خاک	ساختمان	فرسایش خاک	زهکشی خاک	شیب	گیاه	تراکم پوشش	دما	بارش	فاصله از منبع آب		
بافت خاک		۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۹	۰/۰۳۰	۰	۰	۰	۰		
عمق خاک		۰	۰	۰	۰/۳۳۳	۰/۲۷۷	۰/۲۰۷	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۳	۰/۰۴۶	۰		
ساختمان خاک		۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰۳	۰/۰۴۷	۰/۵۰۰	۰	۰	۰		
زهکشی خاک		۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰	۰/۰۵۵	۰/۱۲۹	۰/۱۷۶	۰	۰/۱۷۵	۰	۰		
فرسایش خاک		۰/۱۲۴	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴	۰/۱۶۶	۰	۰/۰۹۴	۰/۱۴۵	۰	۰/۱۱۰	۰	۰		
تراکم پوشش گیاهی - شیب		۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۱۲۴	۰/۲۷۷	۰	۰/۵۰۰	۰/۴۱۶	۰/۳۳۳	۰	۱		
دما		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
هیدروکلیماتولوژی		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	بارش	
فاصله از منبع آب		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ژی	

جدول ۸. سوپر ماتریس حد

فاصله از منبع آب	هیدروکلیماتولوژی		پوشش گیاهی - شیب					خاک			خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیرمعیارها)
	بارش	دما	شیب	گیاه	تراکم گیاهی	فرسایش خاک	ساختمان خاک	عمق خاک	بافت خاک		
۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	بافت خاک
۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	عمق خاک
۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	ساختمان خاک
۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹	زهکشی خاک
۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	فرسایش خاک
۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	تراکم پوشش
۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	شیب
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	دما
۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	بارش
۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	فاصله از منبع آب

جدول ۹. وزن نهایی معیارها

معیارها	بافت خاک	عمق خاک	ساختمان خاک	زهکشی خاک	فرسایش خاک	گیاه	شیب	دما	بارش	فاصله از منبع آب
وزن نهایی	۰/۰۱۸	۰/۰۹۶	۰/۰۲۷	۰/۱۱۳	۰/۰۸۰	۰/۱۸۰	۰/۱۵۳	۰	۰/۲۵۰	۰/۰۸۳

جدول ۱۰. ارزیابی فازی معیارهای اکولوژیک کاربری کشاورزی

معیار	خاک	اقلیم	فیزیوگرافی	تراکم گیاهی	فاصله از منابع آب	وزن نهایی
خاک	۱،۱،۱	۱،۳/۲،۲	۳/۲،۲،۵/۲	۵/۲،۳،۷/۲	۱،۱،۱	۰/۲۴۲
اقلیم	۰/۵، ۰/۱۶۶، ۱	۱،۱،۱	۳/۲،۲،۵/۲	۳/۲،۲،۵/۲	۱،۳/۲،۲	۰/۳۰۵
فیزیوگرافی	۰/۴، ۰/۵، ۰/۱۶۶	۰/۴، ۰/۵، ۰/۱۶۶	۱،۱،۱	۱،۳/۲،۲	۰/۵، ۰/۱۶۶، ۱	۰/۱۳۵
گیاهی	۰/۲۹، ۰/۳۳، ۰/۴	۰/۴، ۰/۵، ۰/۱۶۶	۰/۵، ۰/۱۶۶، ۱	۱،۱،۱	۰/۴، ۰/۵، ۰/۱۶۶	۰/۰۷۳
منابع آب	۱،۱،۱	۰/۵، ۰/۱۶۶، ۱	۱،۳/۲،۲	۳/۲،۲،۵/۲	۱،۱،۱	۰/۰۷۳

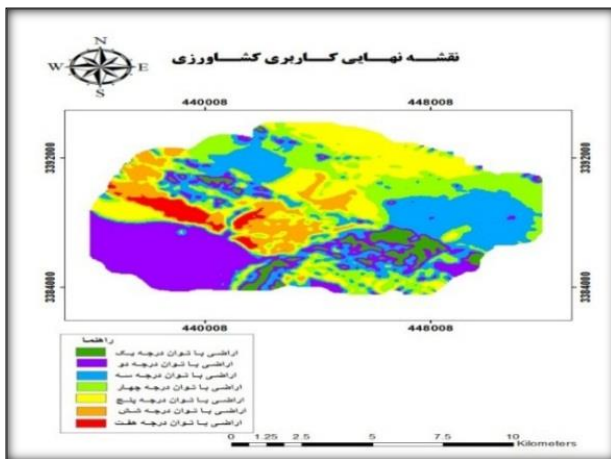
جدول ۱۱. ارزیابی زیرمعیارهای اقلیم کاربری کشاورزی

وزن نهایی	بارش	دما	زیرمعیارها	معیار اصلی
۰/۷۱۳	۳/۲, ۲, ۵/۲	۱, ۱, ۱	دما	اقلیم
۰/۲۸۶	۱, ۱, ۱	۰/۴, ۰/۵, ۰/۶۶	بارش	

جدول ۱۲. ارزیابی زیرمعیارهای خاک کاربری کشاورزی

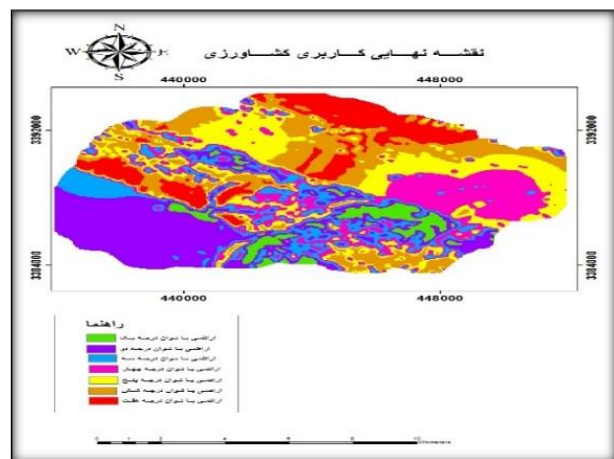
وزن نهایی	فرسایش خاک	زهکشی خاک	عمق خاک	ساختمان خاک	بافت خاک	معیار
۰/۲۴۲	۱, ۱, ۱	۵/۲, ۳, ۷/۲	۳/۲, ۲, ۵/۲	۲, ۵/۲, ۳	۱, ۱, ۱	بافت خاک
۰/۳۰۵	۰/۵, ۰/۶۶, ۱	۱, ۳/۲, ۲	۰/۵, ۰/۶۶, ۱	۱, ۱, ۱	۰/۳۳, ۰/۴, ۰/۵	ساختمان خاک
۰/۱۳۵	۰/۵, ۰/۶۶, ۱	۱, ۳/۲, ۲	۱, ۱, ۱	۱, ۳/۲, ۲	۰/۴, ۰/۵, ۰/۶۶	عمق خاک
۰/۰۷۳	۰/۲۹, ۰/۳۳, ۰/۴	۱, ۱, ۱	۰/۵, ۰/۶۶, ۱	۰/۵, ۰/۶۶, ۱	۰/۲۹, ۰/۳۳, ۰/۴	زهکشی خاک
۰/۰۷۳	۱, ۱, ۱	۵/۲, ۳, ۷/۲	۱, ۳/۲, ۲	۱, ۳/۲, ۲	۱, ۱, ۱	خاک فرسایش

در نهایت نقشه‌های نهایی کاربری کشاورزی با دو روش به دست آمدند (شکل‌های ۴ و ۵).



شکل ۵. نقشه نهایی کاربری کشاورزی به روش ANP

مطالعه دارند. از مجموع کل مساحت منطقه، ۴ درصد دارای اراضی با توان درجه یک و ۳ درصد دارای اراضی با توان درجه هفت برای کشاورزی به روش ANP و به روش FAHP، ۴ درصد دارای توان درجه یک و ۱۱ درصد دارای توان درجه هفت هستند (جدول‌های ۱۳ و ۱۴).



شکل ۴. نقشه نهایی کاربری کشاورزی به روش FAHP

در روش ANP در بین وزن‌های نهایی، معیار بارش دارای بیشترین تأثیرگذاری و بافت خاک کمترین تأثیرگذاری را دارند و در روش FAHP در بین معیارهای اصلی، معیار اقلیم بیشترین تأثیرگذاری و فاصله از منابع آب و تراکم گیاهی کمترین تأثیرگذاری را در منطقه مورد

جدول ۱۳. مساحت کلاس‌های توان منطقه روش FAHP

روش FAHP		کلاس‌ها
مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	
۴	۵/۶	اراضی درجه یک
۲۰	۲۵/۶	اراضی درجه دو
۱۱	۱۴/۵	اراضی درجه سه
۱۷	۲۲/۶	اراضی درجه چهار
۱۹	۲۶	اراضی درجه پنج
۱۸	۲۲	اراضی درجه شش
۱۱	۱۴	اراضی درجه هفت
۱۰۰	۱۳۰/۳	جمع

جدول ۱۴. مساحت کلاس‌های توان منطقه روش ANP

روش ANP		کلاس‌ها
مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	
۴	۵/۱	اراضی درجه یک
۲۱	۲۷/۷	اراضی درجه دو
۲۴	۳۱	اراضی درجه سه
۲۰	۲۶/۵	اراضی درجه چهار
۲۰	۲۶/۴	اراضی درجه پنج
۸	۱۰/۳	اراضی درجه شش
۳	۳/۳	اراضی درجه هفت
۱۰۰	۱۳۰/۳	جمع

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی از نظر کشاورزی با نگرش همه جانبه به فاکتورهای اکولوژیک در شمال بهبهان با استفاده از مدل تلفیقی ANP-DEMATEL و FAHPCHANG همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برنامه ریزی سرزمین مدنظر بوده است. در واقع، این مدل تلفیقی با ترکیب روش‌های مختلف، راه حل مؤثری را برای کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارائه داد و از این طریق وزن نهایی معیارهای مؤثر در کاربری کشاورزی مشخص شد. نوآوری که در تحقیق حاضر صورت گرفته علاوه بر استفاده از مدل تلفیقی ANP-DEMATEL برای

تجزیه و تحلیل اولیه روابط متقابل میان معیارها و وزن دهی فاکتورها با توجه به ضریب تأثیرگذاری آن‌ها، مقایسه نتایج به دست آمده از این مدل با نتایج مدل FAHPCHANG است. به طور کلی می‌توان گفت که منطقه مورد مطالعه از نظر توان اکولوژیک برای کاربری کشاورزی به دلایل نزدیکی منطقه به کوهستان و تپه‌های ماهوری و وجود سازندهای انحلالی گچ و از لحاظ شیب، بافت، عمق، دانه بندی، فرسایش و حاصل خیزی خاک برای کاربری کشاورزی محدودیت دارد که این نتیجه به وضوح در هر دو روش دیده می‌شود، اما با توجه به اینکه مناطق نامساعد در روش CHANGFAHP مساحت بیشتری نسبت به

نتایج قابل قبولی به دست آمد که در مطالعه حاضر علاوه بر به کار بردن این روش از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره FAHP CHANG نیز استفاده و نتایج هر دو روش با هم مقایسه شده است. متولیان امر می‌توانند با کمک نتایج چنین مطالعاتی از توان منطقه برای کاربری کشاورزی در مکان‌های تعیین شده هر چه بهتر استفاده کنند. در هر صورت می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی تناسب اراضی مناطق برای کاربری‌های مختلف بسیار مفیدند.

### یادداشت

1. Analytic Network Process
2. Feedback
3. Digital Elevation Model
4. Reclassification
5. Euclidean distance
6. Membership Function
7. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
8. Fuzzy Analytical Hierarchy Analysis
9. Extant Analysis
10. Weighted linear combination method

روش ANP-DEMATEL دارند می‌توان گفت که روش FAHP CHANG دارای دقت بالاتری است. مقایسه این نتایج با واقعیت‌های زمینی درستی و صحت نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. مقایسه تحقیق حاضر با مطالعات مشابه موضوعی نشان می‌دهد که نوری و همکاران (۱۳۸۹) برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی بدون در نظر گرفتن وزن و اهمیت معیارها و تنها با تلفیق آن‌ها با منطق بولین، ارزیابی توان اکولوژیک را انجام دادند که این سبب ایجاد گپ و عدم ارائه پهنه‌های دقیق کاربری موردنظر می‌شود. Thapa و Murayama (۲۰۰۷) نیز در ارزیابی اراضی پسرکرانه شهری برای کاربری کشاورزی از دو تکنیک GIS و AHP استفاده کردند، در این مطالعه مشابه تحقیق حاضر عملیات استانداردسازی و تلفیق خطی لایه‌ها انجام گرفته، اما از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارائه بهتر نتایج استفاده چندانی نشده است. پورخباز و همکاران (۱۳۹۲) برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی دشت قزوین از مدل تلفیقی ANP-DEMATEL استفاده کرده و استانداردسازی و تلفیق خطی لایه‌ها نیز انجام گرفته و

### منابع

- آسایش، ح. ۱۳۸۲. اصول روش‌های برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، انتشارات پیام نور، ص ۳۰.
- اقدار، ح. ۱۳۹۱. مسیریابی خطوط لوله نفت با استفاده از GIS و منطق فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران.
- امیری، م، ج، سلمان ماهینی، ع، جلالی، س. غ، حسینی، س، م، آذری دهکردی، ف. ۱۳۸۸. مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین- فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های حوضه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران، مجله علوم محیطی، شماره ۲، ۱۰۹-۱۲۴.
- بحرینی، س. ح.، کریمی، ک. ۱۳۸۱. برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه زمین، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- پریزادی، ع، صحت، س. ۱۳۸۸. به کارگیری تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای در تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید (مطالعه موردی: شرکت سهامی بیمه ایران)، نشریه مدیریت صنعتی، شماره ۲، صص ۱۰۵-۱۲۰.
- پورخباز، ح. ر.، جوانمردی، س، یآوری، ا. ر. فرجی سبکبار، ح. ۱۳۹۲. کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: دشت قزوین)، مجله محیط‌شناسی، شماره ۱۵۱-۱۶۴.
- جعفری، م. ح. ۱۳۷۹. مدل‌های تبیین علی در رهیافت جامعه‌شناسی اثبات‌گرایی، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، دوره دوم، صص ۲۲-۲۳.

- زاهدی‌پور، ح. ا، فتاحی، م، میرداودی اخوان، ح. ۱۳۸۴. بررسی پراکنش و خصوصیات رویشگاه‌های پسته وحشی در استان مرکزی، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر، جلد ۱۳، شماره ۱، ص ۱۹۱-۱۹۹.
- شریف‌آبادی مروتی، ع. ۱۳۹۱. ارائه مدل تلفیقی فرایند تحلیل شبکه‌ای و پرومته برای رتبه‌بندی وبگاه‌ها بر اساس معیارهای کاربردپذیری، مجله مدیریت فناوری اطلاعات، شماره ۲، صص ۱۸۷-۲۰۶.
- عطایی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.
- غضنفری، م، رضایی، م. ۱۳۸۵. مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- قدیری معصوم، م، علیقلی فیروزجایی، ن. ۱۳۸۲. جایگاه روستا و کشاورزی در برنامه‌های عمرانی قبل از پیروزی انقلاب اسلامی ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، ۱۱۵-۱۳۰.
- قاسمی، س. ع. دانش، ش. ۱۳۹۰. کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) در تعیین گزینه بهینه تصفیه آب‌های لب شور زیرزمینی، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- محمدی، ج.، گیوی، ج. ۱۳۸۰. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، صص ۱۰۳-۱۱۵.
- مالچفسکی، ی. ۱۹۹۹. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمه پرهیزگار، اکبر و غفاری گیلانده، عطا. ۱۳۸۵. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- مخدوم، م.، درویش‌صفت، ع. ا.، جعفرزاده، ه.، مخدوم، ع. ۱۳۸۳. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مینایی، م. ۱۳۸۸. پیاده‌سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از منطق فازی و GIS (منطقه مورد مطالعه: فریدون‌شهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران.
- نوری، س. ه.، صیدایی، س. ا.، کیانی، ص.، سلطانی، ز.، نوروزی آورگانی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی توان اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی با استفاده از GIS در بخش مرکزی شهرستان کیار، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۷، صص ۳۳-۴۶.
- Chang, D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. Eur J Oper Res 95, pp: 649- 655.
- Jharkharia, S., and Shankar, R. 2007. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) Omega, Vol. 35, No. 3, pp. 274-289.
- Kangas, J., et al. 2003. Evaluating the management strategies of a forestland estate-the S-O-S approach, Journal of Environmental Management, 69, pp. 349-358.
- Khan, S., and Faisal, M.N. 2007. An analytical network process model for municipal solid waste disposal option, Waste management, xx: pp. 6-15.
- Reshmidevi, T.V., Eldho, T.L., and Jana, R. 2009. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds, Agricultural Systems, 101: 101-109.
- Rostamzadeh, R., and Sofian, S. 2011. Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study), Expert Systems with Applications, 38, 5166-5177.
- Saaty, T.L. 1999. Fundamentals of the analytic network process, ISAHp, Kobe, Japan August, pp. 12-14.
- Shrestha, R.K., Alavalapati, J.R.R., and Kalmbacher, R.S. 2004. Exploring the potential for silvopasture adoption in South-central Florida: an application of SWOT-AHP method, Agricultural Systems, 81, pp. 185-199.



Sicat, R.S., Carranza, E.J.M., and Nidumolu, U.B. 2005. Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification, *Agricultural Systems*, 83, pp. 49-75.

Thapa, R.B., and Murayama, Y. 2007. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi, *Land Use Policy*, 25, pp. 225-239.

Tseng, M.-L. 2009. A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 7738-7748.

Wu, W.-W. 2008. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach, *Expert Systems with Applications*, 35, pp. 828-835.

Yeh, T.-M., Huang, Y.-L. 2014. Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL and ANP, *Renewable Energy*.