تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی به منظور مکان‌یابی اجرای عملیات کپه‌کاری مراتع (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مراوه‌تپه، استان گلستان)

ابراهیم کیخا*[۱]، اکبر فخیره[۲]، حامد روحانی[۲] و بهاره بهمنش[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

چکیده

با توجه به تخریب گسترده مراتع، یکی از راه‌های موثر جهت بازیابی توان اراضی مرتعی بهره‌بردن از روش‌های اصلاحی-احیایی می‌باشد. کپه‌کاری یکی از متداول‌ترینِ این روش‌ها می‌باشد که تعیین مناسب‌ترین مکان برای اجرای موفقیت‌آمیز آن به‌جهت حجم بالای اطلاعات و متعدد بودن عوامل تاثیرگذار، امری دشوار و زمان‌بر است. لذا استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی راه‌گشا خواهد بود. یکی از این روش‌ها مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) است. در این مطالعه چهار معیار اکولوژیکی پوشش‌گیاهی، خاک‌شناسی، فیزیوگرافی و اقلیم به همراه چهارده زیرمعیار تعیین گردید. ماتریس‌های مقایسات زوجی‌فازی معیارها و زیرمعیارها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی تشکیل شد و با استفاده از اعداد فازی‌مثلثی اهمیت نسبی هر یک بر دیگری با نظر کارشناسان ارائه گردید. در مرحله بعد با استفاده از مدل تحلیل‌توسعه‌ای چانگ وزن‌های FAHP معیارها و زیرمعیارها به‌دست آمد. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به زیرمعیارها تهیه شد و وزن‌های FAHP در آن‌ها اعمال گردید. در نهایت با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی شده، نقشه اولویت‌بندی شده جهت اجرای عملیات کپه‌کاری برای مراتع حوزه آبخیز مراوه‌تپه به‌دست آمد. نتایج نشان داد که معیارهای اقلیم و پوشش‌گیاهی به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۵۵۹ و ۰/۱۹۰ و زیرمعیارهای متوسط بارندگی سالیانه، ترکیب‌گیاهی و متوسط دمای سالیانه به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۳۶۸، ۰/۱۶۲ و ۰/۰۹۳ به عنوان مهم‌ترین عوامل اکولوژیکی، بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی این عملیات دارند. همچنین نتایج حاصل از نقشه مکان‌یابی شده بیانگر آن است که مناطق با اولویت عالی برای اجرای عملیات کپه‌کاری ۱/۴۹ درصد از کل منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. به‌منظور ارزیابی صحت مکان‌یابی صورت گرفته، از طریق بازدید صحرایی و با بررسی خصوصیات اکولوژیکی اقدام به اعتبارسنجی مدل گردید. صحت نتایج ۸۶/۹۴ درصد محاسبه گردید. نتایج نشان داد که استفاده از مدل AHP و فازی به‌دلیل ساده‌سازی فرایندهای پیچیده و رفع عدم قطعیت، می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها قدرت انتخاب مناسب‌تری را در اختیار مدیران قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تخریب مراتع، روش‌های اصلاحی‌احیایی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل‌توسعه‌ای چانگ، مقایسات زوجی‌فازی.

[۱]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

[۲]- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

* نویسنده مسئول: ebrahim.keykha@yahoo.com

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

مقدمه

مراتع به‌عنوان یکی‌از وسیع‌ترین و ارزشمندترین منابع‌طبیعی تجدیدشونده در برنامه‌ریزی‌های توسعه ملی بسیاری از کشورها جایگاه ویژه‌ای دارد. در ایران مراتع بخش گسترده‌ای از وسعت کشور را شامل می‌شود که به‌دلیل بهره‌وری غیراصولی و مدیریت نامناسب به‌شدت تخریب یافته‌است (۸). حال‌اگر نتوان با روش‌های تجدید حیات طبیعی، پوشش‌گیاهی را در مدت‌زمان قابل قبولی بازگرداند اجرای برنامه‌های اصلاح، احیاء و توسعه مراتع ضرورت پیدا می‌کند. که باتوجه به شرایط هر منطقه، یکی‌از این برنامه‌ها انتخاب و اجرا می‌شود (۴). دراین میان کپه‌کاری یکی‌از متداول‌ترین روش‌های اصلاح مراتع می‌باشد (۲۰). کپه‌کاری، یکی‌از روش‌های بذرکاری است که در آن تعدادی بذر گیاه در چاله‌های حفرشده با دست قرارمی‌گیرد. این روش در مراتع با وضعیت فقیر تا خیلی‌فقیر با درصد ترکیب گیاهان مرغوب کمتراز ۱۰ تا ۱۵ درصد، شیب بیشتر از ۲۰ درصد، خاک با بافت متوسط، کم‌عمق تا نیمه عمیق، بدون شوری و قلیاییت زیاد و اقلیم نیمه‌خشک و مرطوب با حداقل بارندگی سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر اجرا می‌شود (۴). حال‌اگر مکان‌یابی اجرای این عملیات، مبتنی بر روش‌های سنتی باشد، به‌دلیل حجم بالای اطلاعات و متعدد بودن معیارها، عملی دشوار، زمان‌بر و بعضاً دارای خطا خواهدبود (۱۵). بنابراین در شرایط مواجهه با عوامل، معیارها و گزینه‌های مختلف، باید از روش‌هایی استفاده شود که بتواند براساس شایستگی نسبی هریک از گزینه‌ها و معیارها، ارزیابی لازم را جهت تصمیم‌گیری بهتر در انتخاب گزینه مناسب برای رسیدن به هدف ارائه کند. ازطرفی معیارهای مختلف نسبت به‌هم درجه‌اهمیت متفاوتی دارند و به‌منظور انتخابی صحیح و دقیق، تعیین وزن‌های نسبی معیارها ضروری است (۳۴). در این شرایط روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] اهمیت پیدا می‌کند (۱۴). یکی‌از این روش‌ها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] است (۳۴). AHP یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط ساعتی[3] در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید (۱۸). روش AHP امکان فرموله کردن مسائل را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم‌می‌کند. همچنین دراین روش امکان درنظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی درمسائل وجوددارد (۶). از AHP می‌توان در تصمیم‌گیری‌های گروهی بهره‌برد و ارزش‌نسبی معیارهای تصمیم را طی فرایند مقایسات‌زوجی برآورد کرد (۲۷). در روش AHP گزینه‌های مختلفی را می‌توان در تصمیم‌گیری دخالت داد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها وجود دارد (۶). اما ابهام و نبود قطعیت در ارزیابی اهداف، معیارها ازیک سو و ناسازگاری و بی‌دقتی در نظرات و قضاوت افرادِ تصمیم‌گیرنده از سوی دیگر، سبب گرایش به نظریه‌های مجموعه‌های فازی و به‌دنبال آن منطق‌فازی[4] گردیده‌است (۲۷). عدم‌اطمینان در الویت‌بندی معیارها و تردید در تصمیم‌گیری‌ها را می‌توان با تئوری فازی برطرف نمود. منطق فازی این امکان را فراهم می‌کند تا با انتخاب و طبقه‌بندی معیارها در شرایطی که با اطلاعات مبهم و غیردقیق روبرو هستیم، همراه با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری به راه‌حل بهینه دست‌یابیم (۳۰). ازطرفی وجود معیارهای مختلف دریک تصمیم‌گیری موجب می‌شود با مقیاس‌های متنوع، ماهیت‌های غیرهمگن و واحدهای غیر قابل مقایسه مواجه‌شویم که به‌منظور استانداردسازی مقیاس‌ها می‌توان از منطق‌فازی بهره‌برد (۲۳). برهمین اساس در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی[5] که تلفیقی از منطق‌فازی و فرآیندهای تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد، بیش‌از پیش گسترش یافته است. یکی‌از جامع‌ترین و پرکاربردترینِ این روش‌ها، مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)[6] می‌باشد (۱۰).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منطق‌فازی در تحقیقات گسترده‌ای استفاده‌شده که ازجمله آن‌ها می‌توان به مطالعات: رجبی (۲۰۱۴)، جهت مکان‌یابی عرصه‌های مناسب عملیات اصلاح‌مرتع (۲۸)؛ صادقی‌روش و خسروی (۲۰۱۴)، برای ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی (۲۹)؛ منوچهری و همکاران (۲۰۱۴)، بررسی کارآیی روش‌های تعیین وضعیت‌مراتع (۱۹)؛ قریشی (۲۰۱۵)، به‌منظور مکان‌یابی بذرپاشی و کودپاشی مراتع (۱۲)؛ محمدی و

1- multi-criteria decision making
2- Analytic Hierarchy Process (AHP)
3- Saaty
4- Fuzzy logic
5- Fuzzy multi-criteria decision making
6- Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

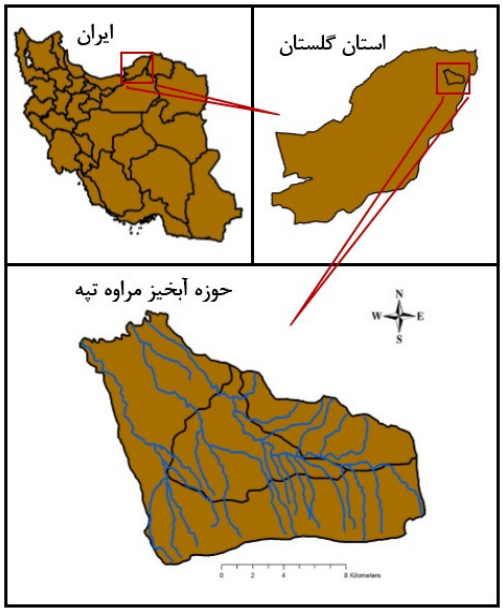
همکاران (۲۰۱۷)، برای بررسی شایستگی مراتع به‌منظور طبیعت‌گردی (۲۱)؛ المامون و همکاران (۲۰۱۸)، جهت ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی (۲)؛ محمودی و همکاران (۲۰۱۸)، در یک تصمیم‌گیری برای اولویت‌سنجی اهداف (۱۸)؛ قربان‌نیا و همکاران (۲۰۱۸)، برای شناسایی مناطق‌بالقوه توسعه‌اکوتوریسم (۱۱)؛ راهداری و همکاران (۲۰۱۹)، جهت ارزیابی قابلیت جنگل‌داری (۲۷)؛ هایدارا و همکاران (۲۰۱۹)، به‌منظور بررسی آسیب‌پذیری خاک در برابر فرسایش (۱۳)؛ پی و گوپیناس (۲۰۱۹)، برای ارزیابی میزان نفوذپذیری آبخوان‌ها (۲۵)؛ عباسی‌خالکی و همکاران (۲۰۲۰)، جهت مکان‌یابی دیم‌زارهای مستعد احیا (۱) و نارویی و همکاران (۲۰۲۰)، به‌منظور ارائه راهبردهای مدیریتی جهت بهره‌برداری پایدار از مراتع (۲۴)، اشاره نمود.

مراتع حوزه آبخیز مراوه‌تپه به‌علت بهره‌برداری غیراصولی و فشار شدید چرای دام به شدت تخریب یافته، لذا نیاز است با استفاده از روش‌های مرتع‌کاری نظیر کپه‌کاری به بازیابی توان اراضی مرتعی آن کمک کرد. ازآنجایی‌که در انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها جهت اجرای عملیات کپه‌کاری، عوامل و معیارهای فراوانی دخیل هستند، به‌منظور کاهش خطاهای انسانی به‌جای استفاده‌از روش‌های سنتی، تصمیم برآن شد که‌از روش‌های نوین تصمیم‌گیری به‌منظور مکان‌یابی اجرای عملیات کپه‌کاری استفاده کنیم. لذا در تحقیق حاضر از مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به‌منظور شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای عملیات کپه‌کاری در مراتع حوزه آبخیز مراوه‌تپه بهره‌برده شد و میزان کارایی مدل مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز مراوه‌تپه یکی‌از زیرحوزه‌های رودخانه مرزی اترک می‌باشد و در قسمت جنوبی شهر مراوه‌تپه قرار دارد. منطقه مورد مطالعه با وسعتی بالغ بر ۱۹۴۴۴ هکتار در محدوده جغرافیایی ۳۱/۲۷ و ۵۴ و ۵۵ الی ۲۶/۶ و ۰۹ و ۵۶ طول شرقی و ۱۸/۷ و ۴۶ و ۳۷ الی ۱۳/۱ و ۵۵ و ۳۷ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). اقلیم حاکم بر منطقه نیمه‌خشک بوده و میزان بارندگی سالانه آن به‌طور متوسط ۳۸۳/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. تبخیر و تعرق سالانه حوزه ۲۶۲۵/۱ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۱۵ درجه سلسیوس، حداکثر ارتفاع حوضه ۱۳۴۰ متر و حداقل ارتفاع آن در خروجی حوضه ۱۸۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رطوبت نسبی حوزه نیز از ۶۸/۳۲ در خرداد ماه تا ۷۸/۳ در دی ماه متغیر است (۳).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

مدل FAHP برای اولین‌بار در مطالعات ون لارهوون و پدریکز خود مورد توجه قرارگرفت (۳۱). سپس روش‌های FAHP متعددی در پژوهش‌های محققین ارائه‌شد. تحلیل توسعه‌ای یکی‌از متداول‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است که مبتنی‌بر استفاده از اعداد فازی مثلثی و مقایسه‌های زوجی بوده و توسط چانگ توسعه یافته است. دراین روش پس‌از تشکیل سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری، باتوجه به‌میزان اهمیت هر معیار یک عدد فازی‌مثلثی به‌آن اختصاص می‌یابد و ماتریس‌های مقایسات‌زوجی برای هر سطح از سلسله‌مراتب ایجادمی‌شود (۱۰). عدد فازی‌مثلثی نوع خاصی از اعداد فازی است که بااستفاده از سه‌تایی مرتب (l, m, u) و رابطه (۱) تعریف می‌گردد. درهر عدد فازی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

مثلثی l حدپایینی، u حدبالایی و m نیز مقدار میانه است (۱۷).

رابطه (۱):

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \le x \le u \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

تحلیل‌توسعه‌ای چانگ شامل مراحل زیر است (۷ و ۱۰ و ۱۷):

مرحله ۱: مقدار ترکیبی فازی (S_i) نسبت به معیار i ام با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه (۲):

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]} . i = 1. \cdots . n \cdot$$

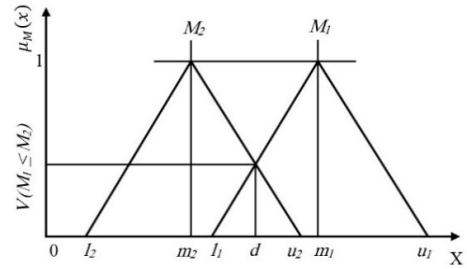
که در آن (⊗) به‌معنی ضرب گسترده دو عدد فازی است و هریک از اعداد فازی به‌دست آمده، نشان دهنده وزن نسبی یک معیار نسبت به یک معیار دیگر می‌باشد.

مرحله ۲: چنانچه M_1 و M_2 دو عدد فازی‌مثلثی باشند درجه‌بزرگی $M_2= (l_2,m_2,u_2) \ge M_1= (l_1,m_1,u_1)$ با استفاده از رابطه (۳) تعریف می‌شود.

رابطه (۳):

$$\mu(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \ge m_1 \\ \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - m_1) - (m_2 - l_2)} & otherwise \\ 0 & l_1 \ge u_2 \end{cases}$$

در رابطه فوق $\mu(d) = V(M_1 \le M_2)$ ، $M_1= (l_1,m_1,u_1)$ و $M_2= (l_2,m_2,u_2)$ می‌باشد و همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد، d مختصات بالاترین نقطه تقاطع بین μ_{M1} و μ_{M2} است.



شکل ۲: درجه امکان

مرحله ۳: درجه امکان[1] یک عدد فازی محدب از درجه امکان k عدد فازی محدب M_i (i= 1,2,3,…,k) بیشتر است. که به صورت زیر قابل تعریف است (رابطه ۴).

رابطه (۴):

$$V(M \ge M_1,M_2,\ldots,M_K)= V(M \ge M_1) \text{ and } V(M \ge M_2) \text{ and } \ldots \text{ and } V(M \ge M_k)= \min V(M \ge M_k),\ i= 1,2,\ldots,k$$

چنانچه رابطه زیر مفروض گردد:

رابطه (۵):

$$d'(A_i)= \min V(S_i \ge S_k)$$

در این صورت برای $k = 1,2,\ldots,n;\ k\neq i$ بردار وزن با استفاده از رابطه (۶) به‌دست می‌آید.

رابطه (۶):

$$W'= (d'(A_1), d'(A_2),\ldots,d'(A_n))^T$$

مرحله ۴: پس از نرمال‌سازی W'، بردار وزن نرمال‌شده مطابق رابطه (۷) محاسبه‌می‌گردد که در آن W یک عدد غیرفازی است.

رابطه (۷):

$$W= (d (A_1), d (A_2),\ldots,d (A_n))^T$$

سازگاری ماتریس‌های مقایسات‌زوجی باید در فرآیند تصمیم‌گیری بررسی شود. سازگاری قضاوت‌ها با محاسبه نسبت سازگاری (CR)[2] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

رابطه (۸):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

در رابطه فوق (CI)[3] شاخص سازگاری و (RI)[4] شاخص نسبت یک ماتریس تصادفی است که با استفاده از اطلاعات ارائه‌شده در جدول (۱) به‌دست می‌آید.

جدول ۱: شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی

N	۱	۲	۳	۴	۵
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲
N	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

فقط درصورتی‌که CR محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد، قضاوت‌های انجام گرفته مورد قبول خواهند بود، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود (۱۴).

1- Degree of Possibility
2- Consistency Ratio (CR)
3- Consistency Index (CI)
4- Random Consistency Index (RI)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

تعیین معیارها و زیرمعیارها

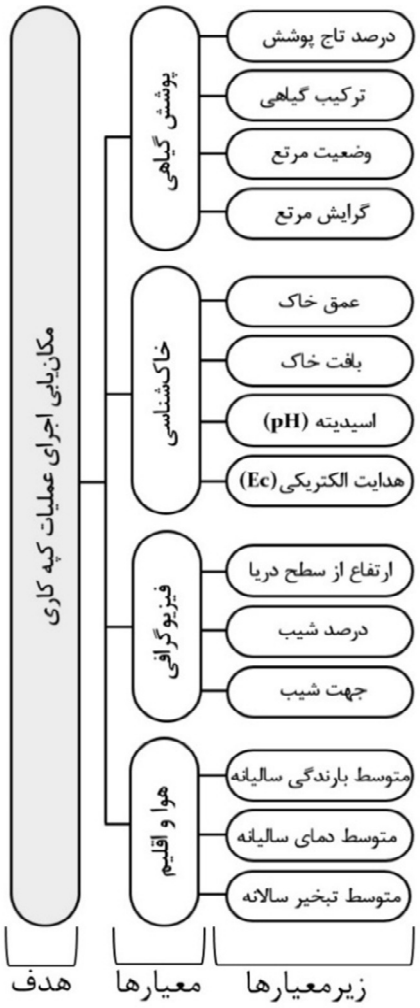
در یک تصمیم‌گیری چندمعیاره برای دستیابی به هدف ابتدا باید معیارها و زیرمعیارها را تعیین کرد. در این مطالعه ابتدا با مرور منابع و بررسی ضوابط موجود و همچنین نظر کارشناسان و متخصصین، معیارها و زیرمعیارهای موثر در مکان‌یابی عملیات اصلاحی کپه‌کاری مراتع تعیین و تدوین گردید (۴ و ۵ و ۱۶). چهار معیار اصلی و چهارده زیرمعیار در این تحقیق مورداستفاده قرارگرفت. معیار پوشش گیاهی شامل زیر معیارهای درصد تاج‌پوشش، ترکیب‌گیاهی، وضعیت‌مرتع و گرایش‌مرتع، معیار خاک‌شناسی شامل زیرمعیارهای عمق‌خاک، EC، pH و بافت‌خاک، معیار فیزیوگرافی شامل زیرمعیارهای ارتفاع از سطح‌دریا، درصد شیب و جهت‌شیب و معیار اقلیم شامل زیرمعیارهای متوسط بارندگی سالیانه، متوسط دمای سالیانه و متوسط تبخیر سالانه، درنظر گرفته‌شد.

ایجاد ساختار سلسله مراتبی

به‌منظور ایجاد درک بهتر مسأله نیاز به نمایش گرافیکی مسأله می‌باشد برهمین اساس ساختاری سلسله مراتبی ایجادگردید (شکل ۳). در بالاترین سطح سلسله مراتب هدف مطالعه، در سطح بعدی معیارها و در زیرمجموعه آن زیرمعیارها قرار دارند.

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و فازی‌سازی

ماتریس مقایسات‌زوجی فازی به‌منظور تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها نسبت به یکدیگر تشکیل شد (۶). یک تیم کارشناسی متشکل از ۱۰ نفر از متخصصان خبره تشکیل‌شد. ماتریس‌های مقایسات‌زوجی فازی معیارها و زیرمعیارها در قالب پرسشنامه‌هایی تهیه‌گردید و توسط کارشناسان ارزیابی و امتیازدهی شد. معیارها و زیرمعیارها به صورت دوبه‌دو و با استفاده از مقیاس زبانی و فازی ارئه‌شده در جدول (۲)، براساس آرای گروه تصمیم‌گیری این پژوهش مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس پرسشنامه‌ها جمع‌آوری به‌دقت تجزیه و تحلیل شد. قضاوت‌ها و سلایق شخصی مورد بررسی قرارگرفت و تصحیحات لازمه اعمال‌شد. درنهایت با استفاده از نرم‌افزار اکسل و Expert Choice11 میانگین هندسی پرسشنامه‌ها به‌منظور تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها و میزان ناسازگاری مقایسات زوجی، محاسبه‌شد.



شکل ۳: معیارها و زیرمعیارهای موثر در مکان‌یابی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

جدول ۲: طیف فازی معادل مقیاس ۹ درجه ساعتی در *AHP*

عبارت کلامی	معادل فازی	معادل فازی معکوس
ترجیح یکسان *(E.P)*	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
بینابین	(۳، ۲، ۱)	(۰/۳۳۳، ۰/۵، ۱)
کمی مرجح *(M.P)*	(۴، ۳، ۲)	(۰/۲۵، ۰/۳۳۳، ۰/۵)
بینابین	(۵، ۴، ۳)	(۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳۳)
خیلی مرجح *(S.P)*	(۶، ۵، ۴)	(۰/۱۶۶، ۰/۲، ۰/۲۵)
بینابین	(۷، ۶، ۵)	(۰/۱۴۲، ۰/۱۶۶، ۰/۲)
خیلی زیاد مرجح *(V.S.P)*	(۸، ۷، ۶)	(۰/۱۲۵، ۰/۱۴۲، ۰/۱۶۶)
بینابین	(۹، ۸، ۷)	(۰/۱۱۱، ۰/۱۲۵، ۰/۱۴۲)
کاملا مرجح *(E.P)*	(۹، ۹، ۹)	(۰/۱۱۱، ۰/۱۱۱، ۰/۱۱۱)

مدل‌سازی مکان‌یابی عملیات اصلاحی کپه‌کاری

پس از آن‌که لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مدل FAHP وزن‌دهی شدند، با استفاده از مدل هم‌پوشانی شاخص یا مجموع ساده وزن دار (SAW) تلفیق زیرمعیارهای مربوط به هر معیار صورت گرفت. سپس لایه‌های وزنی مربوط به معیارها حاصل گردید و آن‌ها نیز با همین روش باهم تلفیق شدند. جهت هم‌پوشانی با روش SAW ابتدا ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شد، سپس با استفاده از ضرایب وزنی معیارها، ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار به‌دست آمد و با توجه به این ماتریس، امتیاز هر گزینه محاسبه‌گردید. در این روش نقشه‌های معیار با استفاده از رابطه زیر با هم ترکیب شدند (رابطه ۹). که در آن A_i امتیاز گزینه i ام و x_{ij} نمره گزینه i ام در مورد صفت j ام می‌باشد؛ و w_j وزن صفت j ام می‌باشد. این روش متداول‌ترین مدل در کار بر روی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی می‌باشد (۲۴). رابطه (۹):

$$A_i = \sum w_j x_{ij} \quad . \quad \sum w_j = 1$$

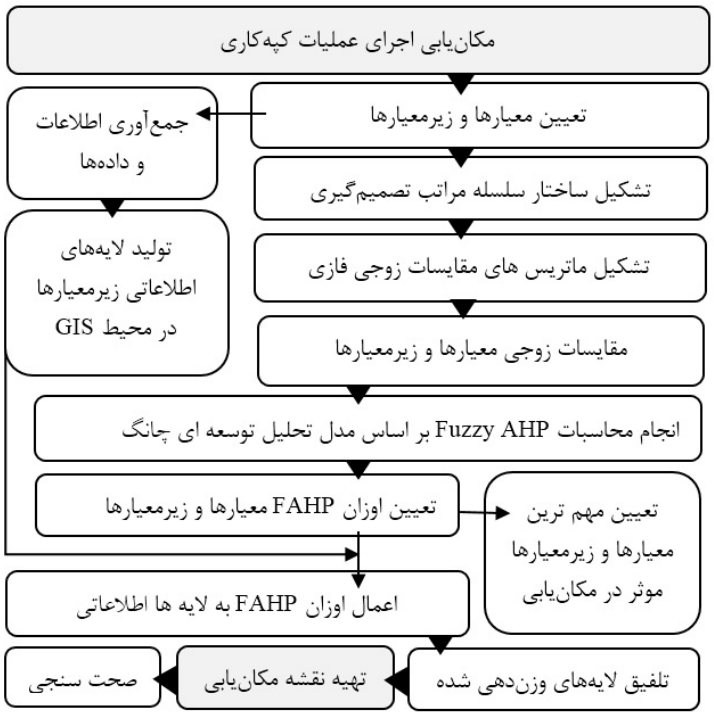
لایه‌ها که با استفاده از منطق‌فازی و توابع عضویت فازی استانداردسازی و در مدل وزن‌دهی FAHP وزن‌دهی شدند پس از طی سلسله عملیات تلفیق لایه‌ها، نقشه نهایی و مکان‌های مناسب برای اجرای عملیات کپه‌کاری مراتع به دست آمد (۱۲). با توجه به وزن نهایی به‌دست آمده عملیات طبقه‌مجدد نقشه‌های نهایی به‌روش Natural- break در ۵ کلاس: نامناسب، ضعیف، متوسط، خوب و عالی برای عملیات کپه‌کاری انجام گرفت (۲۲).

صحت‌سنجی مکان‌یابی

بعد از مرحله تولید پهنه‌های مناسب جهت برنامه اصلاحی کپه‌کاری لازم بود که از میزان انطباق مکان‌های پهنه‌بندی شده در نرم‌افزار ArcGIS9 با واقعیت زمینی، اطمینان حاصل شود. بنابراین ازطریق انتخاب کاملاً تصادفی حداقل بیست نقطه در منطقه موردمطالعه، انتخاب‌شد. سپس با انجام بازدیدهای میدانی و کنترل عوامل اکولوژیکی مؤثر در مناسب بودن هر محل برای عملیات اصلاحی کپه‌کاری، اعتبار نقشه‌های پهنه‌بندی شده تعیین‌گردید (۱۵). شکل (۴) مراحل کلی انجام پژوهش را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]



شکل ۴: مراحل کلی روش پژوهش

نتایج

نتایج مربوط به ارزش نسبی معیارها و زیر معیارها

ماتریس مقایسات زوجی‌فازی ادغام شده معیارها در جدول (۳) آمده است. به‌منظور محاسبه وزن نسبی معیارها و نیز تعیین سهم هر یک از معیارها در مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری با توجه به روابط (۱) تا (۷) وزن نسبی‌فازی هر معیار محاسبه شد. بر اساس جدول (۳) معیار اقلیم با وزن فازی ۰/۵۵۹ مهم‌ترین عامل انتخاب شد و در رتبه دوم معیار پوشش گیاهی با وزن ۰/۱۹۰ قرار گرفت.

به طور مشابه، وزن نسبی هر یک از زیرمعیارها پس از انجام مقایسات‌زوجی، با استفاده از روابط مذکور محاسبه گردید که در جدول (۴) تا جدول (۷) ماتریس مقایسات زوجی‌فازی هر یک از زیرمعیارها نشان داده شده‌است.

آنچه در این تحقیق برای ما اهمیت دارد وزن کلیه زیرمعیارها نسبت به هدف مطالعه می‌باشد (جدول ۸). در جدول (۸) اولویت تمامی زیرمعیارها در کنار یکدیگر دیده می‌شود. نتایج حاصل از این جدول نشان‌می‌دهد که مهم‌ترین زیرمعیارهای اکولوژیکی مؤثر در مکان‌یابی کپه‌کاری مراتع در حوزه مورد مطالعه به‌ترتیب متوسط بارندگی سالیانه، ترکیب‌گیاهی و متوسط دمای سالیانه با وزن ۰/۳۶۸، ۰/۱۶۲ و ۰/۰۹۳ می‌باشند.

جهت بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسات‌زوجی بعد از غیرفازی کردن مقایسات و با استفاده از رابطه (۸) نرخ ناسازگاری محاسبه‌شد که نتایج بیانگر این‌است که نرخ ناسازگاری ماتریس‌های غیرفازی مقایسات‌زوجی معیارها و زیرمعیارها، بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۹ (کمتر از ۰/۱) است؛ لذا قضاوت‌های انجام شده سازگار بوده و استفاده از آن‌ها در فرآیند مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری بلامانع است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

جدول ۳: ماتریس مقایسات فازی ادغام شده

وزن فازی	اقلیم			فیزیوگرافی			خاک‌شناسی			پوشش گیاهی		
۰/۱۹۰	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۲۲	۴/۴۹	۳/۶۹	۲/۸۶	۴/۴۵	۳/۶۶	۲/۸۴	۱	۱	۱
۰/۱۱۲	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۸۸	۰/۶۶	۰/۵۰	۱	۱	۱	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۲۲
۰/۱۴۰	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۷	۱	۱	۱	۲	۱/۵۱	۱/۱۴	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۲۲
۰/۵۵۹	۱	۱	۱	۵/۸۸	۴/۸۵	۳/۸۱	۵/۹۱	۴/۸۹	۳/۸۷	۴/۴۶	۳/۶۸	۲/۸۶

	پوشش گیاهی		
پوشش گیاهی	۱	۱	۱
خاک‌شناسی	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۵
فیزیوگرافی	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۵
اقلیم	۲/۸۶	۳/۶۸	۴/۴۶

جدول ۴: ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارهای مربوط به معیار پوشش گیاهی

وزن فازی	گرایش مرتع			وضعیت مرتع			ترکیب گیاهی			درصد پوشش		
۰/۱۳۰	۲/۲۵	۱/۴۱	۰/۹۰	۰/۵۳	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۲۱	۱	۱	۱
۰/۵۸۰	۵/۹۱	۴/۸۹	۳/۸۵	۴/۹۳	۳/۹۱	۲/۸۸	۱	۱	۱	۴/۷۴	۳/۶۶	۲/۵۰
۰/۲۶۵	۴/۸۴	۳/۸۰	۲/۷۱	۱	۱	۱	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۰	۳/۹۵	۲/۹۳	۱/۸۹
۰/۰۹۳	۱	۱	۱	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۷	۱/۱۲	۰/۷۱	۰/۴۴

جدول ۵: ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارهای مربوط به معیار خاک‌شناسی

وزن فازی	EC			pH			عمق			بافت		
۰/۳۰۱	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۲۵	۲/۴۲	۱/۶۶	۱/۰۶	۶/۹۳	۵/۹۲	۴/۹۱	۱	۱	۱
۰/۰۸۰	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۲۸	۱	۱	۱	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۴
۰/۱۹۸	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۲۶	۱	۱	۱	۳/۵۷	۲/۷۵	۱/۸۶	۰/۹۴	۰/۶۰	۰/۴۱
۰/۵۱۰	۱	۱	۱	۳/۸۸	۲/۸۴	۱/۷۶	۴/۸۳	۳/۸۰	۲/۷۴	۳/۹۳	۲/۹۱	۱/۸۷

جدول ۶: ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارهای مربوط به معیار فیزیوگرافی

وزن فازی	ارتفاع			جهت شیب			درصد شیب		
۰/۶۷۶	۴/۸۴	۳/۷۹	۲/۶۸	۴/۸۴	۳/۸۰	۲/۷۴	۱	۱	۱
۰/۲۱۹	۲/۱۷	۱/۷۸	۱/۳۲	۱	۱	۱	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۱
۰/۱۵۳	۱	۱	۱	۰/۷۶	۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۲۱

جدول ۷: ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارهای مربوط به معیار اقلیم

وزن فازی	تبخیر			دما			بارش		
۰/۷۲۵	۵/۸۶	۴/۸۳	۳/۷۹	۵/۹۰	۴/۸۹	۳/۸۶	۱	۱	۱
۰/۱۸۲	۲/۶۱	۱/۶۹	۰/۹۶	۱	۱	۱	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۷
۰/۱۳۳	۱	۱	۱	۱/۰۴	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۷

جدول ۸: نتایج وزن های حاصل از مدل AHP برای زیرمعیارهای اکولوژیکی نسبت به هدف

ردیف	زیرمعیار	وزن	ردیف	زیرمعیار	وزن
۱	متوسط بارندگی سالیانه	۰/۳۶۸	۸	درصد تاج پوشش	۰/۰۳۵
۲	ترکیب گیاهی	۰/۱۶۲	۹	بافت خاک	۰/۰۲۵
۳	متوسط دمای سالیانه	۰/۰۹۳	۱۰	گرایش مرتع	۰/۰۲۴
۴	وضعیت مرتع	۰/۰۷۳	۱۱	جهت شیب	۰/۰۲۰
۵	درصد شیب	۰/۰۶۳	۱۲	pH	۰/۰۱۵
۶	متوسط تبخیر سالیانه	۰/۰۵۸	۱۳	ارتفاع	۰/۰۱۳
۷	EC	۰/۰۴۵	۱۴	عمق خاک	۰/۰۰۶
نرخ ناسازگاری			۰/۰۸		

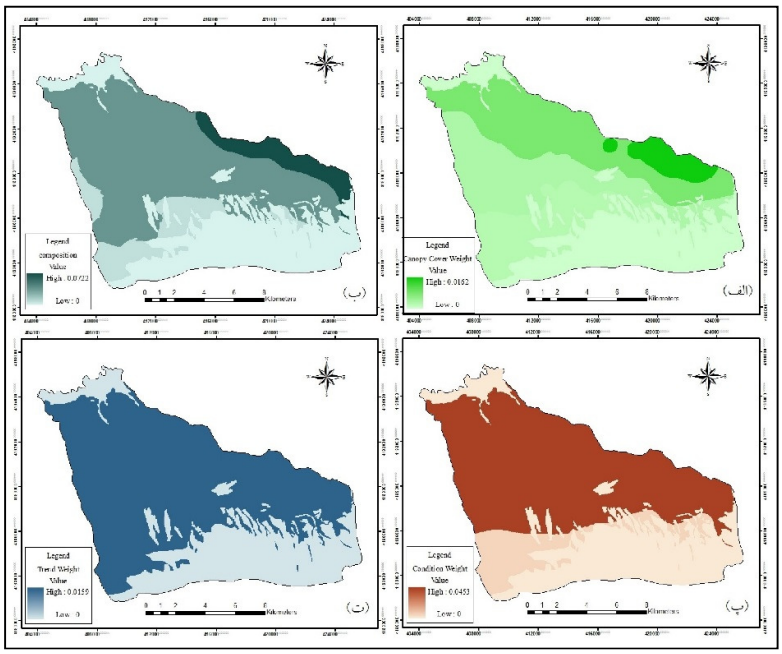
تهیه نقشه‌های زیرمعیارها و معیارها

بعد از محاسبه وزن زیرمعیارهای مختلف در محیط ArcGIS9 با اعمال وزن‌های محاسبه شده، نقشه‌های مربوط به زیرمعیارها به‌دست آمد که به ترتیب در شکل‌های (۵) تا (۸) نمایش داده شده‌است. پس از تلفیق زیرمعیارهای

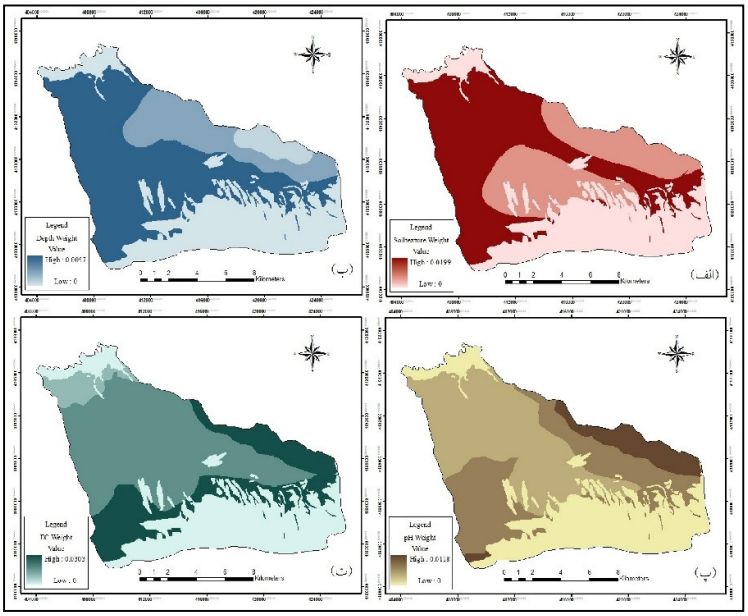
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

مربوط به هر معیار، نقشه اهمیت نسبی مکانی مربوط به معیارها نیز حاصل آمد (شکل‌های ۹ تا ۱۲).



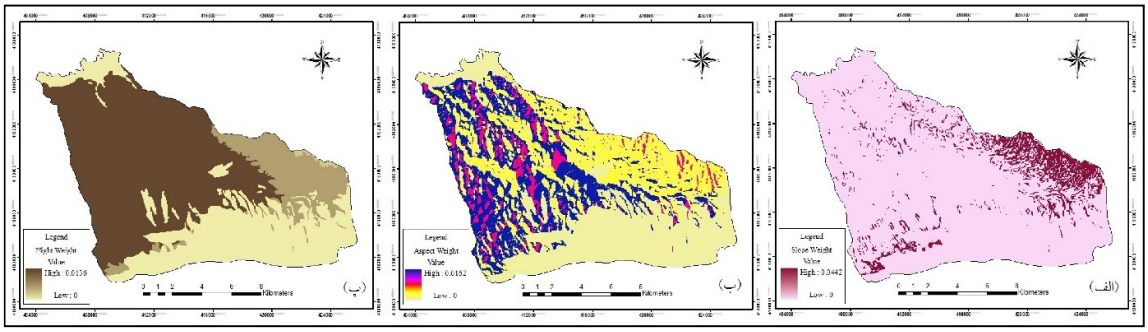
شکل ۵: نقشه‌های اهمیت نسبی مکانی زیرمعیارهای مربوط به معیار پوشش گیاهی (الف: پوشش تاجی؛ ب: ترکیب گیاهی؛ پ: وضعیت مرتع؛ ت: گرایش مرتع)



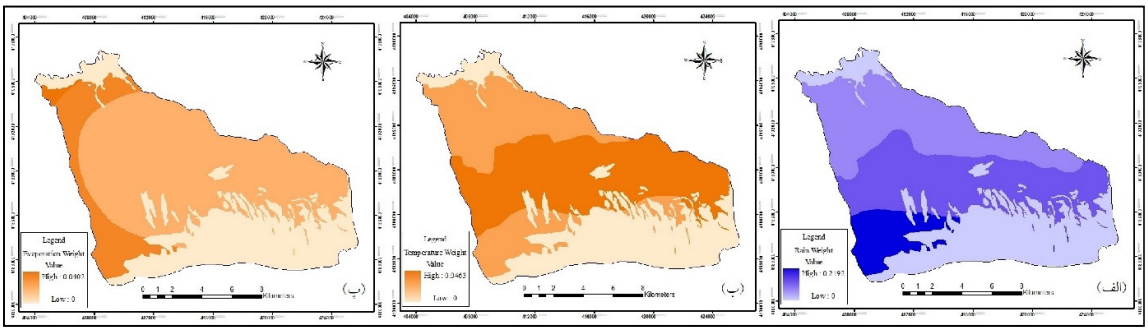
شکل ۶: نقشه‌های اهمیت نسبی مکانی زیرمعیارهای مربوط به معیار خاک‌شناسی (الف: بافت خاک؛ ب: عمق خاک؛ پ: pH؛ ت: EC)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

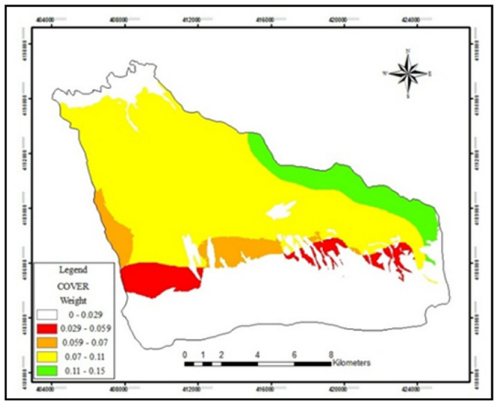
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]



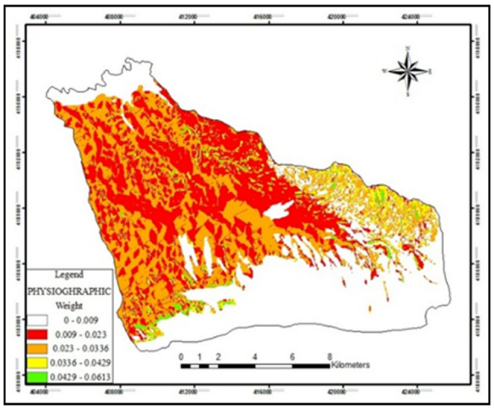
شکل ۷: نقشه‌های اهمیت نسبی مکانی زیرمعیارهای مربوط به معیار فیزیوگرافی (الف: شیب؛ ب: جهت؛ پ: ارتفاع)



شکل ۸: نقشه‌های اهمیت نسبی مکانی زیرمعیارهای مربوط به معیار اقلیم (الف: بارندگی؛ ب: دما؛ پ: تبخیر)



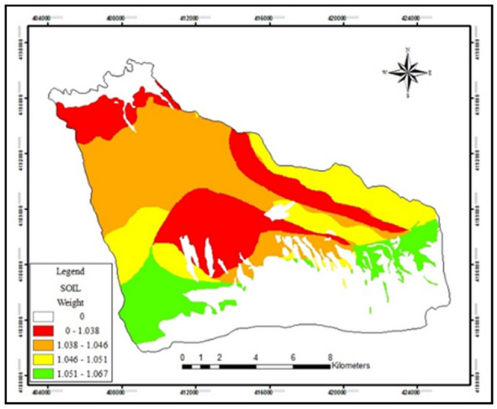
شکل ۹: نقشه اهمیت نسبی مکانی در معیار پوشش گیاهی



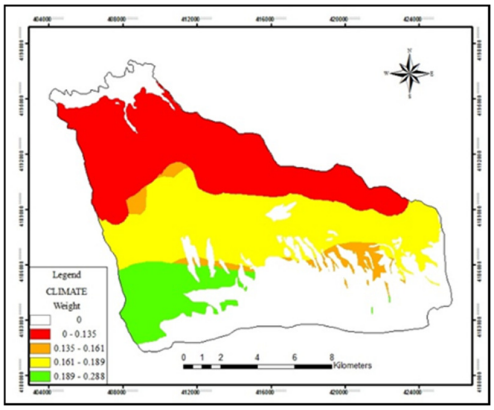
شکل ۱۰: نقشه اهمیت نسبی مکانی در معیار فیزیوگرافی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]



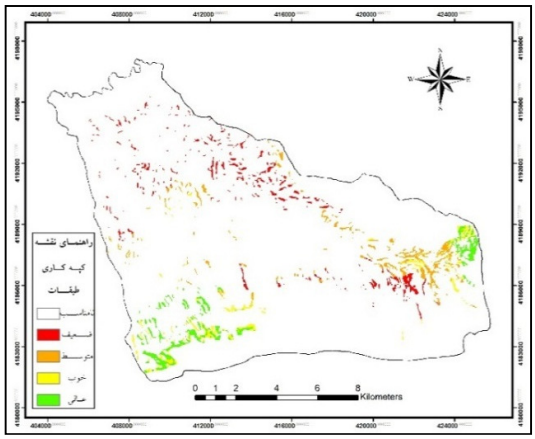
شکل ۱۱: نقشه اهمیت نسبی مکانی در معیار خاک‌شناسی



شکل ۱۲: نقشه اهمیت نسبی مکانی در معیار اقلیم

نقشه نهایی مکان‌یابی

شکل (۱۳) نقشه نهایی مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری را نشان می‌دهد. این نقشه حاصل هم‌پوشانی نقشه‌های اهمیت نسبی مکانی معیارهای پوشش‌گیاهی، خاک‌شناسی، فیزیوگرافی و اقلیم است. نتایج مکان‌یابی به روش طبقه‌بندی Natural- break در جدول (۹) ارائه شده است. نتایج بیان‌گر آن است که ۲۸۸ هکتار (۱/۴۹ درصد) از منطقه مورد مطالعه به‌منظور اجرای عملیات کپه‌کاری در طبقه عالی قرار دارد.



شکل ۱۳: نقشه نهایی مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری

جدول ۹: مساحت طبقات کپه‌کاری

طبقات کپه‌کاری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
نامناسب	۱۸۳۷۳	۹۴/۹۱
ضعیف	۲۷۰	۱/۳۹
متوسط	۲۶۴	۱/۳۶
خوب	۱۶۴	۰/۸۵
عالی	۲۸۸	۱/۴۹

صحت‌سنجی نتایج مکان‌یابی

پس از پهنه‌بندی مکان‌های مناسب برای اجرای عملیات کپه‌کاری، اقدام به اعتبارسنجی مدل از طریق بازدیدهای میدانی از مناطقی که توسط مدل به عنوان مناطق با اولویت عالی تعیین شده بودند، گردید. نتایج ارزیابی بیانگر آن بود که صحت نتایج مدل مورد استفاده ۸۶/۹۴ درصد می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی توسعه‌یافته توسط چانگ مدلی است که در این مطالعه به‌کار گرفته‌شد. معیارها و زیرمعیارهای مهم در فرآیند مکان‌یابی توسط تیم کارشناسی در قالب پرسشنامه موردبررسی و تجزیه و تحلیل قرارگرفت. با استفاده تحلیل‌توسعه‌ای چانگ لایه‌های اطلاعاتی استانداردسازی، مقایسه و وزن‌دهی شد. لایه‌های تهیه شده در راستای فرایند مکان‌یابی در محیط GIS تلفیق و مدل مکان‌یابی نهایی به منظور اجرای عملیات کپه‌کاری تهیه گردید.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

در یک فرایند تصمیم‌گیری ایجاد ناسازگاری در قضاوت‌های پرسشنامه‌ای اجتناب ناپذیر است (۱۴). بنابراین نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها باید تعیین گردد (۲۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده نرخ ناسازگاری در این مطالعه بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۹ بوده که کمتر از ۰/۱ بوده و صحت وزن‌دهی‌های انجام‌شده تایید می‌شود که با نتایج قاسمی و دانش (۲۰۱۲)، سوری و همکاران (۲۰۱۳)، قریشی (۲۰۱۵) المامون و همکاران (۲۰۱۸)، راهداری و همکاران (۲۰۱۹) و هایدارا و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج وزن‌دهی‌های صورت‌گرفته معیار اقلیم با وزن ۰/۵۵۹ و زیرمعیارهای متوسط بارندگی سالیانه و متوسط دمای سالیانه به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۳۶۸ و ۰/۰۹۳ به عنوان مهم‌ترین معیار و زیرمعیارها بیشترین تأثیر را جهت مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری دارند. به‌سبب آن‌که کپه‌کاری در اقلیم‌های نیمه‌خشک و مرطوب با حداقل ۲۰۰ میلی‌متر بارندگی در سال توصیه‌می‌گردد و از آنجایی‌که کپه‌کاری در ارتفاعات انجام‌می‌پذیرد و سرما یکی از عوامل محدود کننده کپه‌کاری و استقرار گیاهان می‌باشد، بر همین اساس در این مطالعه معیار اقلیم و زیرمعیار متوسط بارندگی سالیانه و متوسط دمای سالیانه جزء مهم‌ترین عوامل کپه‌کاری به دست آمده است. در ادامه نتایج حاکی از آن است که معیار پوشش‌گیاهی با وزن ۰/۱۹۰ و زیرمعیار ترکیب گیاهی با وزن ۰/۱۶۲ در درجه اهمیت دوم جهت مکان‌یابی عملیات کپه‌کاری قرار دارند، زیرا کپه‌کاری زمانی اجرا می‌شود که گونه‌های مرتعی بومی قادر به تجدید حیات طبیعی نباشند و مقدار گونه‌های مرغوب مرتعی کمتر از ۱۰ تا ۱۵ درصد باشد (۴). نتایج بررسی مهم‌ترین عوامل مربوط به عملیات کپه‌کاری در این مطالعه با نتایج سوری و همکاران (۲۰۱۳)، محمدحسن‌پور (۲۰۱۳) و رجبی (۲۰۱۴) در یک راستا می‌باشد.

در این مطالعه از منطق‌فازی به‌منظور رفع عدم قطعیت‌ها در مقایسات‌زوجی و استانداردسازی مقیاس‌ها استفاده‌شد. نتایج نشان‌داد به‌دلیل ذهنی بودن قضاوت‌ها در فرایند مقایسات‌زوجی کاربرد منطق‌فازی به‌طور مؤثری باعث کاهش عدم قطعیت‌ها می‌شود. همچنین استفاده از روش فازی برای استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی باعث افزایش دقت و صحت نقشه مکان‌یابی شد. نتایج تحقیقات قنبری و قاضی‌عسگر نایینی (۲۰۱۱)، فرهادوند (۲۰۱۳) و قریشی (۲۰۱۵)، مصدقی و همکاران (۲۰۱۵)، المامون و همکاران (۲۰۱۸)، هایدارا و همکاران (۲۰۱۹)، راهداری و همکاران (۲۰۱۹) و کاظمی و همکاران (۲۰۲۰) همگی به توانایی بالای روش‌های فازی جهت رفع عدم قطعیت در قضاوت‌ها و استاندارسازی لایه‌های اطلاعاتی تأکیددارند که کاملاً مطابق با نتایج این پژوهش است.

در این تحقیق جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از مدل س واقعیت زمینی نیاز است که خروجی مدل صحت‌سنجی شود. این مهم از طریق بازدید صحرایی از مناطق با اولویت عالی انجام پذیرفت (۱۵). صحت نتایج ۸۶/۹۴ درصد محاسبه‌شد. که نتایج صحت‌سنجی در این مطالعه در راستای نتایج جعفری و همکاران (۲۰۱۴) و قریشی (۲۰۱۵) می‌باشد.

نتایج این تحقیق بیان‌گر آن‌است که استفاده ازروش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری و به‌کارگیری GIS برای تجزیه و تحلیل حجم بالای داده‌ها در کنار منطق‌فازی به‌منظور استفاده از واژه‌های زبانی در قضاوت‌ها و استانداردسازی، ابزار کارآمدی را برای مدیران و تصمیم‌گیران فراهم می‌کند، که با نتایج قاسمی و دانش (۲۰۱۲)، سوری و همکاران (۲۰۱۳)، محمدی و همکاران (۲۰۱۷)، محمودی و همکاران (۲۰۱۸)، قربان‌نیا و همکاران (۲۰۱۸)، المامون و همکاران (۲۰۱۸)، پی و گوپیناس (۲۰۱۹)، راهداری و همکاران (۲۰۱۹)، هایدارا و همکاران (۲۰۱۹) و کاظمی و همکاران (۲۰۲۰) تطابق دارد.

یافته‌های این تحقیق نشان داد، با توجه به این که در این‌گونه مطالعات میزان داده‌ها بسیار گسترده بوده و از لحاظ ماهیت متنوع و متفاوت می‌باشند، بهره‌بردن از مدل FAHP و GIS سبب سهولت در دسترسی و بررسی داده‌ها می‌شود و سرعت و دقت تحلیل اطلاعات را بالا می‌برد و کلیه اطلاعات در حین تلفیق آنها، حفظ می‌شوند و تصحیح خطاها و تغییرات به سهولت انجام می‌پذیرد. این موارد موجب افزایش دقت در نتایج حاصله خواهد شد. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که سامانه اطلاعات جغرافیائی از توانایی مطلوبی جهت مدل‌سازی برخوردار است و بهره‌گیری از آن موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها شده و این گونه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

سیستم‌ها و مدل‌ها می‌تواند موجب افزایش میزان موفقیت اجرای برنامه‌های اصلاح و احیا مراتع شود. نتایج حاصل از مدل‌های به‌کار رفته در این مطالعه نشان داد که در مراتع حوزه آبخیز مراوه‌تپه مهم‌ترین عوامل جهت انتخاب مکان‌های مناسب برای کپه‌کاری عوامل مربوط به اقلیم به‌خصوص بارندگی می‌باشد زیرا بذرها پس از قرارگیری در چاله‌ها جهت جوانه‌زنی و رشد نیاز به رطوبت دارند لذا در هنگام اجرای عملیات باید در انتخاب مناطق جهت کپه‌کاری دقت شود. مکان‌های پیشنهادی مدل در شکل (۱۳) مناسب‌ترین مناطق را جهت اجرای عملیات کپه‌کاری در مراتع حوزه آبخیز مراوه‌تپه نشان می‌دهد که با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات گسترده به‌طور موثری خطاهای مربوط به عوامل انسانی در روش‌های سنتی را تقلیل داده و پهنه‌بندی مناسبی ارائه داده است لذا به‌کارگیری نتایج حاصل از این مطالعه به مدیران و تصمیم‌گیران پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Abbasi-Khalaki, M., A. Ghorbani, A. Esmali, A. Shokoohian & A. Jafari, 2020. Site Selection for Capable Dry Farming Lands to Restoration in Balekhluchay Watershed Using Analytical Hierarchy Process (AHP). Rangeland, 14(1): 47-61. (In Persian).
2. Al-Mamun, M.A., M.F. Howladar & M.A. Sohail, 2019. Assesment of surface water quality using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): A case study of Piyain River's sand and gravel quarry mining area in Jaflong, Sylhet. Groundwater for Sustainable Development, doi: https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.03.002.
3. Asadi-Nalivan, O., K. Heidary & M. Sarparast, 2017. Identifying Sub-Watersheds with High Potential of Degradation Using Fuzzy Hierarchical Analysis Approache (Case Study: Maravetappe Watershed). Iran-Watershed Management Science & Engineering, 11(36): 1-9. (In Persian)
4. Azarnivand, H. & M.A. Zare-Chahouki, 2013. Range improvement. University of Tehran Press, 354p. (In Persian)
5. Azarnivand, H., R. Namjoyan, H. Arzani, M. Jafari & M.A. Zare Chahouki, 2007. Localization of range improvement plans using GIS and comparing with suggested projects of range management plans in Lar region. Rangeland, 1(2): 159-169. (In Persian)
6. Banihabib, M.E. & A. Laghabdoost-Arani, 2014. Flood Management Options Using Analytical Hierarchy Process and Evaluation and Mixed Criteria. Journal of Irrigation & Water, 4(14): 72-82. (In Persian)
7. Chandra, P. & M.K. Barua, 2015. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. Journal of Manufacturing Systems, 37: 599-615.
8. Farhadvand, S., 2013. Potential habitat location of two species of *Panicum antidotale* and *Pennisetum divisum* using hierarchical analysis model and fuzzy logic in GIS environment (Negazeh Plain in Ahvaz). M.Sc. thesis. Department of water and soil, University of Zabol, Iran, 122p. (In Persian)
9. Ghanbari, S. & A. Ghazi-Asgar, 2011. Evaluation of different methods of site selection in management of public parking construction in central business of Esfahan using GIS. Geography and Environmental Planning Journal, 42(2): 37-40. (In Persian)
10. Ghassemi, S.A. & Sh. Danesh, 2012. Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Determining the Optimum Alternative of Brackish water Desalination. Journal of Water and Soil, 26(4): 999-1009. (In Persian)
11. Ghorbani-Nia, V., M. Mirsanjari & H. Liaghati, 2018. Evaluating ecotourism potential development in Dena county using multi-criteria evaluation of specific hybrid indices. Rangeland, 12(3): 316-329. (In Persian)
12. Ghoreishi, S.K., 2015. Locating Seeding and Fertilization Operations of Rangelands Using Analytical Hierarchy process and Fuzzy Logic (case study: Anarchai watershed, Meshkinshahr). M.Sc. thesis. Department of water and soil, University of Zabol, Iran, 188p. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

13. Haidaraa, I., M. Tahrib, M. Maananc & M. Hakdaouia, 2019. Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to detect soil erosion vulnerability. Geoderma, 354: 1-15.
14. Halili, M.Gh., A. Sadoddin, A. Mosaedi & A. Salman Mahini, 2009. Fuzzy multicriteria decision making for surface water resources management in Bustan Dam-Golestan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 16(4): 1-24. (In Persian)
15. Jafari, M., H. Azarnivand, M. Souri & S. Kh. Mahdavi, 2014. Determining suitable locations for pitting and furrowing projects using SDSS (Case Study: Kermanshah Province). Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 21(1): 95-108. (In Persian)
16. Jankju, M., 2009. Range Development and Improvement. JDM Press, 239p. (In Persian)
17. Kazemi, F., A. Bahrami & J. Abdolahi Sharif, 2020. Mineral processing plant site selection using integrated fuzzy cognitive map and fuzzy analytical hierarchy process approach: A case study of gilsonite mines in Iran. Minerals Engineering, 147: 1-11.
18. Mahmoudi, M., N. Roohi & M. Sabouhisabouni, 2018. Determination of the Most Appropriate Target Market for Export Raisin of Iran Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Journal of Agricultural Economics and Development, 26(101): 103-124. (In Persian)
19. Manoochehri, E., H. Bashari, M. Bassiri & M. Saeedfar, 2014. Evaluating the performance of six range condition assessment approaches in Semi-Steppe rangelands of Central Zagros. Journal of Rangeland, 7(4): 344-355. (In Persian)
20. Moghaddam, M., 2014. Range and Range management. University of Tehran Press, 470p. (In Persian)
21. Mohamadi, B., M. Azimi & A. Sepehri, 2017. Evaluating rangeland suitability for ecotourism in East Golestan Province (Case study: Tillabad and Khoshyelagh in Azadshahr). Rangeland, 10(3): 315-327. (In Persian)
22. Mohammad-Hasan-Pour, M., 2013. Modeling the Positioning of pit-seeding in Rangeland Useable Areas Using Geographic Information System in Ghushchi Orumieh Watershed. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture, University of Mohghghegh Ardebili, 100p. (In Persian)
23. Mosadeghi, R., J. Warnken, R. Tomlinson & H. Mirfenderesk, 2015. Comparison of AHP-Fuzzy and AHP in spatial multi criteria decision making model for urban land-use planning. Computer, environment and urban systems, 49: 54-65.
24. Narooee, A., H. Piri & M. Rigi, 2020. Introducing management strategies for sustainable utilization of rangelands using multi criteria assessment method and SWOT analysis (Case study: Taftan rangelands, Khash city. Rangeland, 14(1): 132-146. (In Persian).
25. P, J.N. & G. Gopinath, 2019. A Customized FuzzyAHP - GIS based DRASTICL model for intrinsic groundwater vulnerability assessment of urban and peri urban phreatic aquifer clusters, Groundwater for Sustainable Development, doi: https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.03.005.
26. Parhizghar, A. & A. Ghaffari Gilandarreh, 2011. GIS and Multi-criteria Decision Analysis. SAMT Organization Press, 597p. (In Persian)
27. Rahdari, V., A. Soffianian, S. Pourmanafi & S. Maleki, 2019. Assessment of land forestry capability using multi criteria evaluation and fuzzy analytical hierarchy process method. Journal of forest and range protection research, 17(1): 26-39. (In Persian)
28. Rajabi, A., 2014. Locating suitable areas for Rangelands improvement Using Analytical Hierarchy process and Geographic Information System (case study: Rangeland of Qain Plain, Khorasan Jonoobi). M.Sc. thesis. Department of natural resources, University of Zabol, Iran, 167p. (In Persian)
29. Sadeghiravesh, M.H. & H. Khosravi, 2014. Evaluation of Desertification Strategies Using Fuzzy Hierarchical Analysis Process (Case Study of Khazrabad Yazd). Journal of Environmental Science and Technology, 16(2): 87-99. (In Persian)
30. Sepehr, A., M. R. Ekhtesasi & S.A. Almodaresi, 2012. Development of Desertification Indicator System Base on DPSIR (Take advantages of Fuzzy-TOPSIS). Geography and Environmental Planning Journal, 45(1): 9-11. (In Persian)
31. Shapiro, A.F. & M. Koissi, 2017. Fuzzy logic modifications of the Analytic Hierarchy Process. Mathematics and Economics, http://dx.doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.05.003.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]

32. Shenavr, B., S.M. Hosseini & N. Orak, 2016. Assessing Land Capability for Urban Landuse by the Weighted Liner Composition (WLC) in GIS (Case Study: Zardrud Watersheds of Khouzestan Province). J.Env. Sci. Tech., 18(3): 97-114. (In Persian)
33. Souri, M., M. Jafari, H. Azarnivand & B. Farokhzadeh, 2013. Determining suitable locations for water spreading projects using analytical hierarchy process and geographical information systems (Case study: Kermanshah province). Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 97: 92-103. (In Persian)
34. Trong-Duc, T., 2006. Using GIS and AHP Technique for Land-use Suitability Analysis. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 6p.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.4.9.3]