

## مکان‌یابی اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ به کمک سیستم تصمیم‌یار مکانی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

محمد جعفری<sup>۱</sup>، حسین آذر نیوند<sup>۲</sup>، مهشید سوری<sup>۳\*</sup> و سیده خدیجه مهدوی<sup>۴</sup>

۱- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، پست الکترونیک: [m.souri@urmia.ac.ir](mailto:m.souri@urmia.ac.ir)

۴- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۸

### چکیده

بالا بودن میزان فرسایش، کمبود آب و پائین بودن میزان رطوبت در خاک مناطق نیمه‌خشک، از عوامل محدودکننده در احیاء و اصلاح آنها به حساب می‌آید. با توجه به معضل کمبود آب و پایین بودن رطوبت در خاک مناطق مورد بحث، اجرای پروژه‌های ذخیره نزولات جوی می‌تواند یکی از راهکارهای بسیار مناسب برای جبران کم‌آبی در چنین مناطقی باشد. از طرفی مدیریت و تصمیم‌گیری در انتخاب مکان‌های مناسب اجرای چنین پروژه‌هایی با در نظر گرفتن اینکه باید داده‌های مکانی و معیارهای متعددی در این انتخاب در نظر گرفته شوند، کار دشواری است. این معیارها شامل معیارهای فنی و اقتصادی-اجتماعی است. برای انجام این پژوهش، حوضه میخوران به مساحت ۹۰۹۲/۲۲ هکتار در استان کرمانشاه در نظر گرفته شد. در این تحقیق به منظور تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی مناطق مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ، از داده‌های مکانی متعدد نظیر داده‌های زمین‌شناسی، خاکشناسی، توپوگرافی و ... به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که پردازش داده‌های مکانی در محیط نرم‌افزاری Arc\GIS و GS<sup>+</sup> و PCI-GEOMATICA انجام شده است. مرحله اول شامل تعیین سطوح سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیارها، زیرمعیارها و عوامل است. طی مرحله دوم، استانداردسازی عوامل و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها براساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی و مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها با ارزش‌های ارجحیتی یک تا نه، و میزان ناسازگاری کمتر از یک‌دهم در محیط نرم‌افزاری Arc\GIS و به کمک زیر برنامه AHP انجام شد. در مرحله آخر، پس از تلفیق این لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های بهینه اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ تهیه گردید. به طوری که استفاده از این الگو برای مکان‌یابی سایر پروژه‌هایی که بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی انجام می‌شوند، باعث استفاده بهینه از داده‌های مکانی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: داده‌های مکانی، مکان‌یابی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پیتینگ، فاروئینگ.

### مقدمه

جهان می‌باشد (Graymore et al., 2009). از طرفی توزیع بارندگی در کشور از نظر زمانی و مکانی یکنواخت نبوده و از این رو بیشتر نقاط کشور همواره با مشکل فرسایش و کم‌آبی مواجه می‌باشد. از طرف دیگر، رشد سریع جمعیت و

کشور ایران در منطقه نیمه‌خشک جهان قرار گرفته است که میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۲۵۵ میلی‌متر است. این مقدار بارش کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی سالانه

پیتینگ و فاروئینگ را فراهم می‌کند. چنین روش‌هایی با ترکیب عواملی از قبیل هوش انسان، اطلاعات و تکنولوژی، به تصمیم‌گیران در بکارگیری داده‌ها و مدل‌ها برای حل مسائل پیچیده کمک می‌کند و مدیران را در انتخاب بهترین تصمیم از بین چندین راهکار یاری می‌رساند. روش تحلیل سلسله‌مراتبی، روش بسیار انعطاف‌پذیری است، بطوری‌که می‌تواند با پیشرفت تکنولوژی تکامل یابد (Maia & Schumann, 2007) بنابراین دلیل ویژگی‌های برجسته این روش، در این تحقیق از این روش به‌منظور مکان‌یابی پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. نکته‌ی شایان ذکر این است که روی هم انداختن اطلاعات در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بدون تحلیل و انجام عملیات ارزیابی چند معیاره نمی‌تواند برنامه‌ریزی و تصمیم‌درستی را ارائه دهد، چون اطلاعات گوناگون از جنس متفاوت، با واحدهای گوناگون هستند. همچنین وقتی عوامل و معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری دخالت می‌کنند باید اولویت و وزن آنها نسبت به هم معین شوند. یعنی نباید انگاشت که همه عوامل به یک اندازه در وزن‌دهی اهمیت دارند (جمالی، ۱۳۸۶). زمانی که چندین معیار برای مکان‌یابی در نظر گرفته می‌شود، مکان‌یابی پیچیده می‌شود و پیچیدگی زمانی بالا می‌گیرد که معیارها با هم در تضاد و یا از جنس‌های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی از حالت ساده تحلیل که ذهن قادر به انجام است خارج شده و به ابزار تحلیل قویتری نیاز خواهد بود. AHP، یکی از کارآمدترین ابزارهای تعاملی سیستم‌های تصمیم‌یار مکانی است (Marinoni, 2004). زیرا این فرایند روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Assimacopolous, 2005). این روش، در سال ۱۹۸۰، توسط توماس. ال. ساعتی برای بیان تصمیم‌گیری‌های چند معیاره پیشنهاد شد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (Moreno, 2005). این فرایند مبتنی بر نظریه ساده‌ای است

افزایش نیاز به مواد غذایی، تخریب منابع آب و خاک و نابسامانی محیط زیست را سبب شده است. حفاظت خاک، تأمین آب و بهره‌وری بهینه از این عنصر حیاتی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در چنین شرایطی مهار و بهره‌برداری بهینه از آب کلید حل مسئله کم‌آبی محسوب می‌شود. بنابراین باید عرصه‌های مناسب اجرای پروژه‌هایی از قبیل پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ شناسایی شوند. چون آب از یک طرف مهمترین عامل محدودکننده توسعه پایدار بوده و از طرف دیگر در صورت عدم مدیریت مناسب به عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت تبدیل می‌گردد. از سوی دیگر، به دلیل متعدد بودن معیارها و شاخص‌ها (نظیر معیارهای ژئومورفولوژی، اقلیمی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و ...) در انتخاب نوع عملیات کارآمد و مناسب‌ترین مناطق برای طراحی و اجرای آنها، عملاً انتخاب محل‌ها و نوع عملیات با دقت مورد انتظار از نظر علمی که بتواند نیازها را برطرف نماید با مشکل روبرو می‌باشد. به‌طورکلی مجموعه عملیات مربوط به جمع‌آوری و ذخیره و ترکیب داده‌ها و اطلاعات و همچنین تجزیه و تحلیل آنها به‌منظور مکان‌یابی محل‌های اجرای پروژه‌های منابع طبیعی با تکیه بر مطالعات صحرائی با توجه به حجم لایه‌های اطلاعاتی و لزوم تلفیق آنها، مبتنی بر روش‌های سنتی دشوار بوده و ممکن است موجب بروز خطا گردد، ضمن آن‌که نیاز به زمان طولانی دارد. بنابراین ایجاد یک سیستم دقیق با کارایی بالا در رابطه با اطلاعات در برنامه‌ریزی‌ها واجد اهمیت بسیار زیادی است. در این راستا، استفاده از تکنیک‌هایی مانند تحلیل سلسله‌مراتبی (Analytical Hierarchy Process) به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System) از یک‌سو موجب امکان پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های پر حجم و در ارتباط با یکدیگر می‌شود و از سوی دیگر با این روش، بررسی معیارها و شاخص‌ها به‌طور جامع و در تقابل با یکدیگر جهت دستیابی به هدف موضوع تحقیق حاضر، با دقت زیاد امکان‌پذیر بوده و علاوه بر افزایش سرعت انجام کار و افزایش دقت نتایج، امکان تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب پروژه‌هایی از قبیل

عبدی (۱۳۸۴) برای ارائه روشی جهت طراحی شبکه جاده جنگلی با حداقل هزینه ساخت از روش AHP در محیط GIS استفاده کرد. وی در تحقیق خود معیارهای شیب، عرض دامنه، جهت جغرافیایی و نوع خاک منطقه را حائز اهمیت دانسته و از آنها استفاده کرده است. ایشان پس از طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری طبقات داخلی نقشه‌ها از فرایند AHP و روش مقایسات زوجی استفاده نمود. وی برای تلفیق معیارها با توجه به اهمیت‌شان از روش ارزیابی چندمعیاره استفاده کرد. اورژن (۱۳۸۷) در تحقیقی که در استان لرستان انجام داد، براساس روش AHP برای حل مشکلات، ابتدا تعدادی گزینه شامل عملیات مکانیکی، بیولوژیکی، عمرانی و خدماتی را انتخاب کرد. سپس برای انتخاب بهترین گزینه معیارهای هزینه، حفاظت خاک، کاهش سیلاب، تولیدات زراعی و دامی را در نظر گرفت. سپس اقدام به ارزیابی گزینه‌ها با ماتریس مقایسه زوجی نمود، پس از انجام محاسبات، هزینه را به‌عنوان مهمترین معیار و عملیات بیولوژیک را به‌عنوان بهترین طرح معرفی کرد. وی نتیجه گرفت که AHP، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. Antonella و همکاران (۲۰۰۸)، به‌منظور مکان‌یابی یک پارک محلی در ایتالیا، از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری و همچنین فرایند AHP و ایجاد مدل شاخه درختی و تجزیه و تحلیل داده‌ها و تحلیل حساسیت برای طراحی عناصر پارک و تلفیق لایه‌ها استفاده کردند. با توجه به موارد ارائه شده، در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، مکان بهینه پروژه‌های پیتینگ و فاروینگ تعیین شد.

### مواد و روش‌ها

#### الف) شرایط منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز میخوران با مساحت ۹۰۹۲/۲۲ هکتار در محدوده شمال‌غربی استان کرمانشاه، در شهرستان سنقر قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین  $38^{\circ} 56'$  تا  $47^{\circ} 38'$  تا  $35^{\circ} 04'$  تا  $47^{\circ} 02'$  طول شرقی و  $34^{\circ} 56' 25''$  تا  $35^{\circ} 04' 09''$

که بر سه اصل تجزیه، قضاوت مقایسه‌ای و سنتز سلسله مراتبی اولویت‌ها استوار است. در فرایند AHP، در بالاترین سطح هدف قرار دارد و در سطوح بعدی، به ترتیب معیارها، زیرمعیارها و عوامل قرار گرفته‌اند. این فرایند متکی بر معیارهایی است که با یک مقیاس نسبی قابل اندازه‌گیری هستند و در آن تصمیم‌گیرندگان باید مقایسه‌ای بصورت دو به دو برای معیارها داشته باشند. در روش AHP معیارها ابتدا بصورت کیفی بوده و بعد با بهره‌گیری از جدول ساعتی (Saati) بصورت کمی ارائه می‌شوند. در این فرایند نسبت ناسازگاری (Consistency Ratio) تعیین می‌شود و اگر میزان آن کمتر از یک‌دهم باشد، دلالت بر سطح قابل قبول سازگاری مقایسه‌های دو به دو دارد (Cimren et al., 2007).

به‌منظور تهیه برخی از لایه‌های اطلاعاتی به‌عنوان داده‌های اطلاعاتی اولیه مورد نیاز فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور مکان‌یابی پروژه‌های پیتینگ و فاروینگ در حوضه آبخیز میخوران، از تحلیل‌های زمین‌آماری در محیط نرم‌افزاری GS<sup>+</sup> استفاده گردید. بطور مشابه، زارع چاهوکی (۱۳۸۵) نیز به‌منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی خاکشناسی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک، از روش تحلیل‌های زمین‌آماری استفاده کرد. همچنین، سلاجقه (۱۳۸۸) نیز در بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر روند تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت بم، از تحلیل‌های زمین‌آماری در محیط نرم‌افزاری GS<sup>+</sup> استفاده نموده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز، با بکارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، شامل طراحی مدل شاخه‌درختی، استانداردسازی داده‌ها، وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها، و تعیین میزان ناسازگاری، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکان‌های مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروینگ در حوضه آبخیز میخوران گردید. در همین راستا، خیرخواه (۱۳۸۷) نیز در تحقیقی از روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه نظنز استفاده نموده است.

با روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین همسایه و میزان تولید با روش قطع و توزین پوشش گیاهی تعیین گردید. در نهایت وضعیت مرتع نیز با روش چهار عاملی سازمان جنگلبانی امریکا مشخص گردید. سپس، اقدام به تهیه نقشه‌های شیب با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه رتبه‌بندی آبراهه‌ها، با استفاده از نقشه توپوگرافی و براساس روش استراهلر (Strehler)، نقشه ژئومرفولوژی، با استفاده از زیربرنامه ORTHO ENGINE در محیط نرم‌افزاری PCI GEOMATICA، نقشه ویژگی‌های خاکشناسی، براساس اطلاعات جمع‌آوری شده حاصل از عملیات صحرایی و آزمایش‌های خاک، و پس از تهیه فایل مربوط به موقعیت پروفیل‌های حفر شده و با بکارگیری روش میان‌یابی کریجینگ تهیه شد. لازم به ذکر است تجزیه و تحلیل نرمال بودن داده‌ها به کمک نرم‌افزار MINITAB و تحلیل‌های زمین‌آماري نیز بوسیله نرم‌افزار GS<sup>+</sup> انجام شدند. لایه‌های اطلاعاتی پوشش گیاهی نیز براساس اطلاعات جمع‌آوری شده طی عملیات صحرایی و انتقال نتایج به محیط نرم‌افزار Arc\GIS تهیه شدند. همچنین برای ساخت لایه فاصله از جاده‌ها و لایه فاصله از روستاهای منطقه نیز از نقشه توپوگرافی در محیط Arc\GIS استفاده شد. لایه‌های میزان مشارکت مردمی و میزان تراکم جمعیت نیز با توجه به فرم‌های نظرسنجی که در مورد پروژه‌های مورد نظر با استفاده از روش پرسش‌نامه و مصاحبه و مراجعه به ۳۰ بهره‌بردار نمونه در هر روستا و نیز مصاحبه با مطلعین و شورای روستا ایجاد شدند. نقشه کاربری اراضی نیز، براساس نقشه «منابع و قابلیت استفاده از اراضی» تهیه شده توسط اداره منابع طبیعی استان کرمانشاه) و همچنین با استفاده از Google Earth تهیه گردید. در ادامه، مدل شاخه درختی طراحی شد، در طراحی مدل شاخه درختی ارتباط هر عنصر با سایر عناصر در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف (هدف اصلی، معیارها، زیرمعیارها و عوامل) مشخص گردید و ارتباط هدف اصلی موجود از مسئله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده مشخص شد. در گام بعدی بدلیل این‌که عوامل در نظر گرفته

عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۲۶۳ متر، حداقل ارتفاع در خروجی حوضه برابر ۱۸۳۸ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوضه ۲۰ درصد می‌باشد. از نظر هیدرولوژیکی حوضه مطالعاتی میخوران یکی از سرشاخه‌های رودخانه گاورود از زیرحوضه‌های حوضه مرزی غرب کشور می‌باشد. براساس روش دومارتن اصلاح شده، اقلیم حوضه میخوران به دو بخش اصلی ارتفاعات و نیمه‌خشک سرد تقسیم می‌گردد. حوضه میخوران در زون ساختمانی سندج-سیرجان واقع شده است. کاربری‌ها در حوضه بصورت مرتع، رخنمون سنگی، مسکونی، زراعت آبی و زراعت دیم می‌باشد.

#### ب) روش تحقیق

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز حوضه مطالعاتی اولین مرحله تحقیق بود، در این مرحله برخی از مشخصات و ویژگی‌های منطقه از جمله خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی از گزارش‌های مطالعاتی موجود در زمینه منابع طبیعی استخراج شد. در مرحله بعد، به‌منظور بررسی عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک حوضه آبخیز میخوران، اقدام به عملیات صحرایی در منطقه مورد مطالعه گردید و در هر یک از ۲۶ واحد کاری، اقدام به حفر ۴ پروفیل در دو عمق ۲۰-۰ و ۶۰-۲۰ سانتی‌متری در سطح حوضه گردید و در مجموع ۲۰۸ نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله (بافت خاک به روش دانسیتمتری، درصد آهک با استفاده از دستگاه کلسیتر، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC متر دیجیتالی، اسیدیته با استفاده از گل اشباع خاک، و میزان مواد آلی براساس تخمین کربن آلی خاک به روش والکی‌بلاک) اندازه‌گیری شدند. به‌منظور بررسی عوامل پوشش گیاهی نیز در هر یک از ۲۶ واحد کاری در مجموع ۶۰ پلات نمونه‌برداری از پوشش در امتداد ۶ ترانسکت (۱۰ پلات در امتداد هر ترانسکت ۳۰۰ متری) در امتداد تغییرات شیب و عمود بر شیب منطقه انداخته شد و در داخل هر پلات لیست گیاهان موجود، درصد تاج پوشش، میزان تراکم

شده دارای واحدهای مختلف هستند مثلاً هکتار و کیلوگرم، استانداردسازی هر یک از عوامل از طریق وزن‌دهی مستقیم و با استفاده از روش رتبه‌بندی از صفر تا یک انجام یافت. در این روش، رتبه‌بندی هر معیار بر حسب اولویت تصمیم‌گیران انجام شد. به‌منظور استانداردسازی عوامل، در ابتدا لایه اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل پروژه‌های مختلف را در محیط Arc\GIS وارد شدند و سپس ارزش‌های جدید براساس روش رتبه‌بندی اعمال شدند که در نتیجه نقشه‌های نهایی بصورت کلاسه‌بندی و استاندارد تهیه شدند. در گام بعدی وزن‌دهی و تعیین میزان ناسازگاری در دو مرحله انجام یافت.

مرحله اول: وزن‌دهی زیرمعیارها و تعیین میزان ناسازگاری آنها

وزن‌دهی زیرمعیارها به کمک زیربرنامه AHP انجام شد. بدین منظور، وزن‌دهی به‌کمک روش مقایسه زوجی انجام شد. در این روش فقط دو زیرمعیار در یک زمان با یکدیگر مقایسه شدند، که البته ارزش‌های نسبی در مقیاس پیوسته‌ای از یک‌نهم تا ۹ است. لازم به ذکر است که پس از وزن‌دهی، میزان ناسازگاری وزن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. باید توجه داشت که میزان ناسازگاری در وزن‌دهی تا حد امکان از صفر تا یک‌دهم تغییرات داشته باشد. به‌منظور وزن‌دهی زیرمعیارها، در زیر برنامه AHP لایه‌های استاندارد شده مربوط به هر کدام از زیرمعیارها انتخاب شدند و به بخش توصیف‌گر اضافه گردیدند. در این مرحله ماتریس ارجحیت

زیرمعیارها را تکمیل نموده و فرمان محاسبه اجرا شد. مرحله دوم: وزن‌دهی معیارها و تعیین میزان ناسازگاری آنها

پس از وزن‌دهی زیرمعیارها، و تعیین میزان ناسازگاری آنها، در گام بعدی، نقشه‌های تحلیل سلسله مراتبی زیرمعیارها که در مرحله قبل آماده شده بود را کلاسه‌بندی کردیم و نقشه‌های کلاسه‌بندی‌شده تحلیل‌های سلسله مراتبی ایجاد شدند. در این مرحله نیز وزن‌های نرمال معیارها و همچنین میزان ناسازگاری آنها توسط نرم‌افزار محاسبه و ارائه گردیدند. پس از تعیین وزن‌های نرمال معیارها و اطمینان از مناسب بودن میزان ناسازگاری آنها، با اعمال وزن‌های نرمال معیارهای مربوط به هر یک از پروژه‌های پیتینگ و فاروینگ، نقشه نهایی پهنه‌بندی مکان‌های مناسب هر یک از پروژه‌ها ایجاد شدند. در آخر، از طریق انتخاب کاملاً تصادفی حداقل ده نقطه برای هر یک از عملیات در منطقه تحقیق، با انجام بازدیدهای میدانی و کنترل عوامل مشارکت‌کننده در تعیین مناسب بودن هر محل برای نوع خاصی از عملیات، اعتبار نقشه پهنه‌بندی را تعیین نمودیم.

### نتایج

الف) نتایج مربوط به بررسی نرمال بودن پارامترهای خاک در بین عوامل خاک، تنها دو عامل اسیدیته و هدایت الکتریکی نیاز به نرمال‌سازی داشتند.

جدول ۱- پارامترهای آماری فاکتورهای عمق اول خاک بعد از اعمال تابع تبدیل به‌منظور نرمال کردن داده‌ها

میزان P-VALUE	ضریب ks	میانگین	انحراف معیار	تابع تبدیل	فاکتورهای عمق اول
< ۰/۱۵	۰/۲۱	۱/۰۸۸	۰/۹۴۱۵	Normal Score	اسیدیته
< ۰/۱۵	۰/۰۰۷	۱/۰۲۴۳	۰/۹۸۸۱	Normal Score	هدایت الکتریکی

جدول ۲- پارامترهای آماری فاکتورهای عمق دوم خاک بعد از اعمال تابع تبدیل به‌منظور نرمال کردن داده‌ها

میزان P-VALUE	ضریب ks	میانگین	انحراف معیار	تابع تبدیل	فاکتورهای عمق دوم
۰/۰۵۷	۰/۰۸۹	۱/۷۶۰	۰/۰۱۱۳۷	N-missing	اسیدیته
< ۰/۱۵	۰/۰۱۰	۱/۰۱۸۲	۰/۹۷۸۲	Log10	هدایت الکتریکی

## ب) نتایج مربوط به میان‌یابی پارامترهای خاک

جدول ۳- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه‌های عمق اول

فاکتور	مدل تغییرنا	$C_0$	$C_0 + C$	$a_0$	$E_f$	$C/C_0 + C$	$R^2$	Rss
اسیدیته	* کروی	۰/۰۰۳۵	۰/۰۴۲۵۰	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵۰۱	۰/۸۷	۰/۱۷
ماده آلی	* نمایی	۰/۰۲۴۵	۰/۰۳۹۳	۱۲۶۷۰	۳۸۰۱۰	۰/۵۰۱	۰/۸۴۲	۰/۳۶
هدایت الکتریکی	* نمایی	۰/۰۰۰۱۰	۰/۱۱۷۲۰	۱۱۴۰	۳۴۲۰	۰/۹۹۹	۰/۸۵۸	۰/۱۸
بافت	* کروی	۰/۰۰۱۸	۰/۱۰۶۲۵	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵۰۲	۰/۸۹۰	۰/۲۲
درصد آهک	* نمایی	۰/۰۱۶	۰/۱۱۳۲	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵۰۳	۰/۹۰۱	۰/۱۲

بر متغیر بر حسب متر،  $R^2$ : ضریب همبستگی و RSS: مجموع مربعات

$C_0$ : عرض از مبدأ بر حسب متر، C: سقف یا بخش ساختاری مدل بر حسب متر،  $a_0$ : پارامتر فاصله (دامنه تغییرات) مدل بر حسب متر،  $E_f$ : شعاع تأثیر عوامل اثرگذار

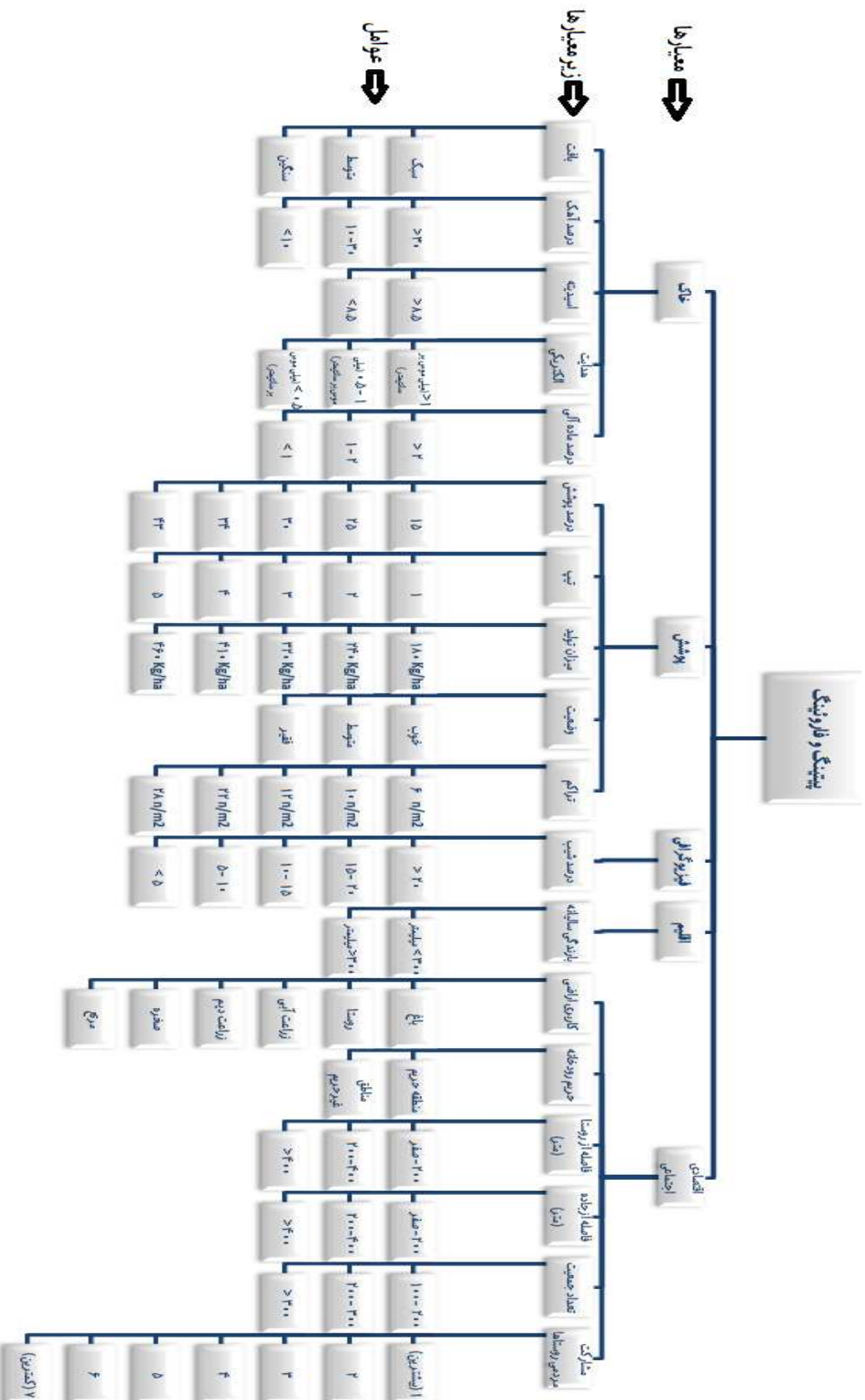
جدول ۴- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) انتخاب شده برای تولید نقشه‌های عمق دوم

فاکتور	مدل تغییرنا	$C_0$	$C_0 + C$	$a_0$	$E_f$	$C/C_0 + C$	$R^2$	Rss
اسیدیته	* نمایی	۰/۰۰۲۳	۰/۲۱۴۰	۱۹۲۰	۵۷۶۰	۰/۸۰۹	۰/۹۳۱	۰/۱۲
ماده آلی	* نمایی	۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۴۲	۱۴۰۰	۴۲۰۰	۰/۸۰۹	۰/۹۰۴	۰/۰۶
هدایت الکتریکی	* گوسی	۰/۰۰۲۵	۰/۱۵۱	۲۱۶۰	۳۷۴۱	۰/۶۳۲	۰/۹۶۸	۰/۰۲
بافت	* نمایی	۰/۰۱۳۸	۰/۰۷۱۷۱	۲۱۱۰۰	۶۳۳۰۰	۰/۵	۰/۹۱۵	۰/۱۶
درصد آهک	* نمایی	۰/۰۷۵۲	۰/۷۹۳۳۳	۲۱۱۰۰۰	۳۳۰۰۰	۰/۵	۰/۹۱۶	۰/۰۴

برای مکان‌یابی عملیات پیتینگ و فاروینگ طراحی شد (شکل ۱).

پ) ترسیم مدل شاخه درختی

با توجه به هدف، وضعیت منطقه و داده‌های موجود که در بخش مواد و روش‌ها تشریح شدند، مدل شاخه درختی



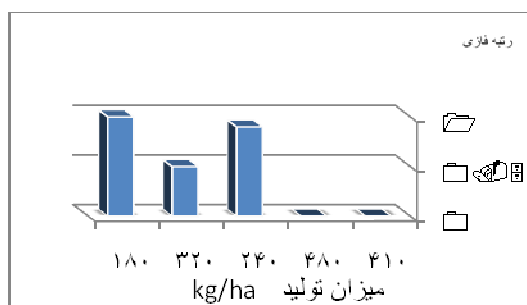
شکل ۱ - مدل شاخه درختی برای پروژه‌های فارونینگ و پیشنگ

\* - تیپ ۸: *Phlomis sp.* - تیپ ۹: *Agropyron desertorum* - تیپ ۱۰: *Astragalus gossypinus* - تیپ ۱۱: *Astragalus gossypinus* - تیپ ۱۲: *Gundelia turnefortii* - تیپ ۱۳: *Astragalus gossypinus*

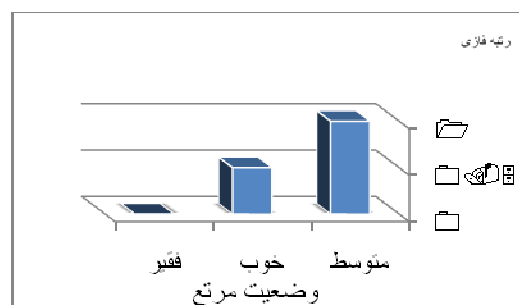
ادامه استانداردسازی برای عوامل مربوط به معیارهای میزان تولید و وضعیت مرتع برای پروژه فاروینگ و عوامل مربوط به معیارهای کاربری اراضی و هدایت الکتریکی خاک برای پروژه پیتینگ انجام یافته است (شکل‌های ۲ تا ۵).

### ت) استانداردسازی عوامل

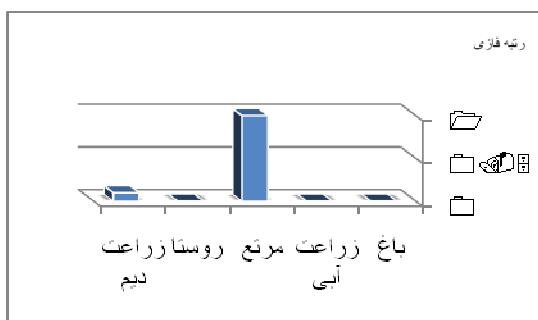
در این مرحله از پیاده‌سازی روش AHP، عوامل هر یک از هجده زیرمعیار پروژه فاروینگ و پیتینگ، با استفاده از روش مقیاس خطکش فازی براساس نظر کارشناسان (Expert knowledge) در محیط GIS استاندارد شدند. در



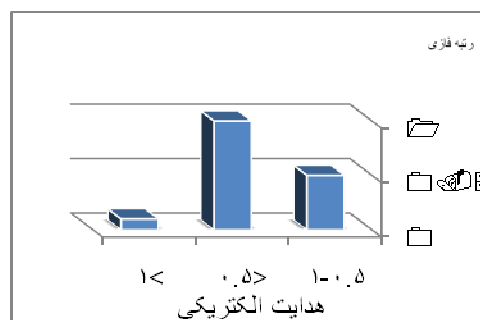
شکل ۳- رتبه‌بندی وضعیت مرتع به منظور مکان‌یابی پروژه فاروینگ



شکل ۲- رتبه‌بندی میزان تولید به منظور مکان‌یابی پروژه فاروینگ



شکل ۵- رتبه‌بندی هدایت الکتریکی خاک به منظور مکان‌یابی پروژه پیتینگ



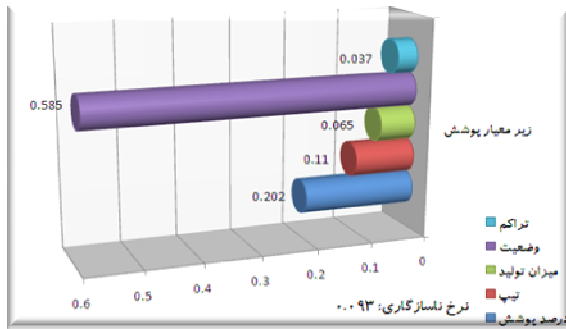
شکل ۴- رتبه‌بندی کاربری اراضی به منظور مکان‌یابی پروژه پیتینگ

هدایت الکتریکی و ماده آلی)، پوشش (درصد پوشش، میزان تولید، وضعیت مرتع، تیپ گیاهی و تراکم پوشش) و اقتصادی - اجتماعی (مشارکت مردمی، تراکم جمعیت، فاصله از جاده، فاصله از روستا، حریم رودخانه، کاربری اراضی). پروژه‌های فاروینگ و پیتینگ ارائه گردیده است (شکل ۶ تا ۱۱).

### ث) وزن‌دهی و تعیین میزان ناسازگاری

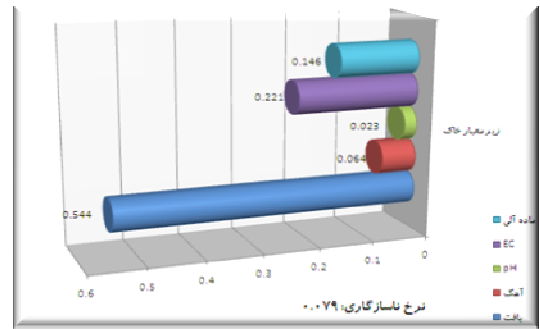
وزن‌دهی زیرمعیارها و تعیین میزان ناسازگاری مطابق روش تشریح شده در بخش مواد و روش‌ها، وزن‌دهی به زیرمعیارهای مرتبط با معیارهای اصلی پروژه‌ها انجام شد و نتایج محاسبه میزان ناسازگاری آنها توسط زیربرنامه AHP نرم‌افزار Arc\GIS انجام گردید. وزن‌دهی زیرمعیارهای مرتبط با معیار خاک (بافت، آهک، اسیدیته،





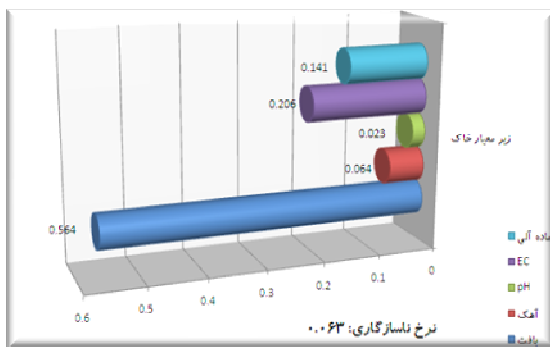
شکل ۷- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری زیرمعیارهای پوشش

گیاهی پروژه فاروپیتینگ



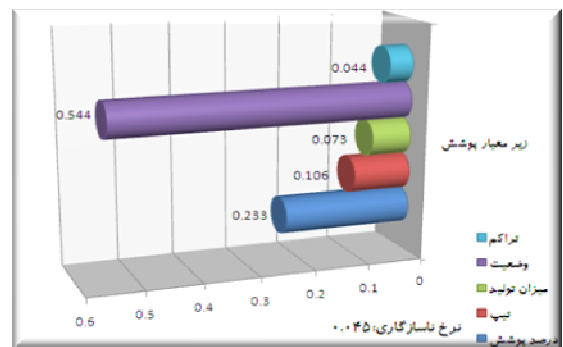
شکل ۶- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری زیرمعیارهای خاک

پروژه فاروپیتینگ



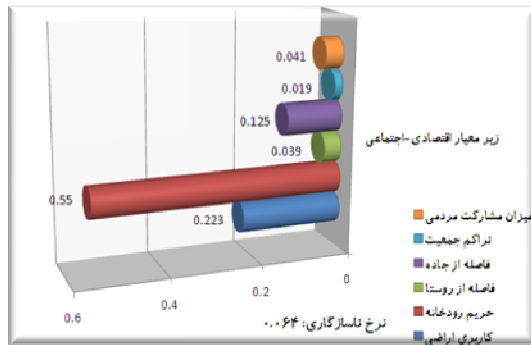
شکل ۹- وزن‌های نرمال ناسازگاری زیرمعیارهای خاک

پروژه فاروپیتینگ



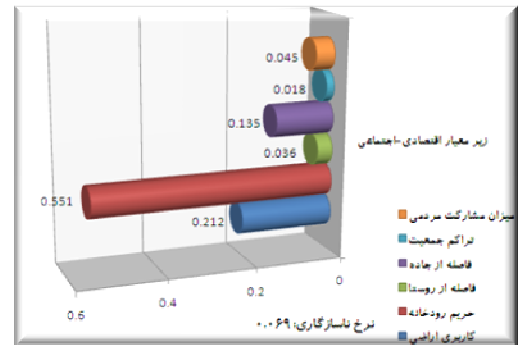
شکل ۸- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری زیرمعیارهای

پوشش گیاهی پروژه فاروپیتینگ



شکل ۱۱- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری زیرمعیارهای اقتصادی-

اجتماعی پروژه پیتینگ

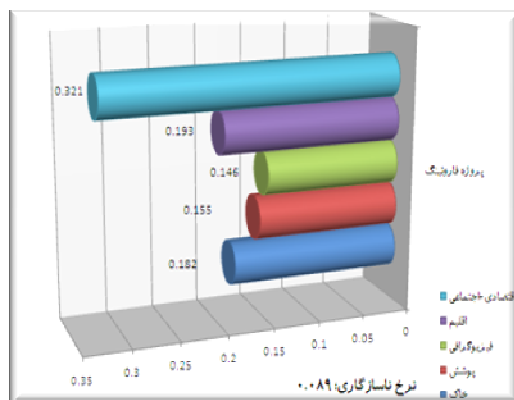
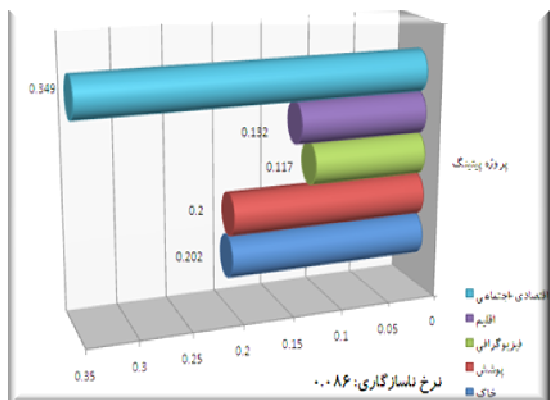


شکل ۱۰- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری زیرمعیارهای

اقتصادی-اجتماعی پروژه فاروپیتینگ

Arc\GIS انجام گردید. نتایج حاصل برای پروژه پیتینگ در شکل ۱۲ و برای پروژه فاروپیتینگ در شکل ۱۳ ارائه شده است.

ج) وزن‌دهی معیارها و تعیین میزان ناسازگاری مطابق روش تشریح شده در بخش مواد و روش‌ها، وزن‌دهی به ۵ معیار اصلی پروژه‌ها انجام شد و نتایج محاسبه میزان ناسازگاری توسط زیربرنامه AHP نرم‌افزار

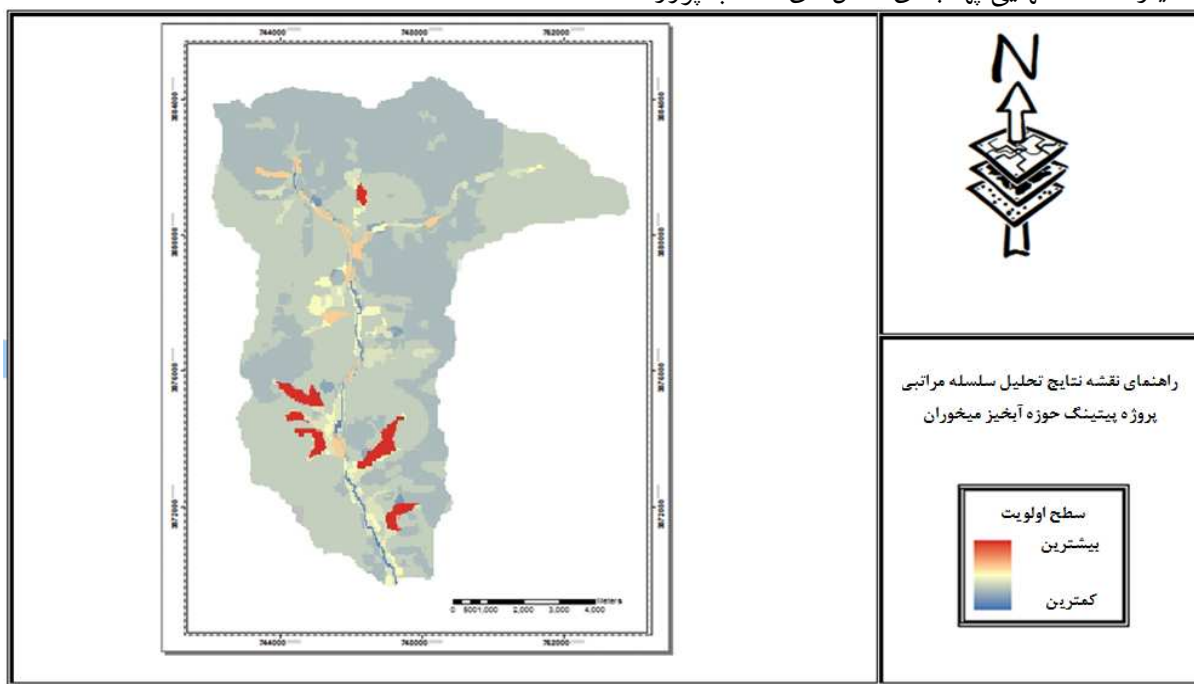


شکل ۱۲- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری معیارهای خاک، پوشش، اجتماعی-اقتصادی، فیزیوگرافی و اقلیم پروژه پیتینگ

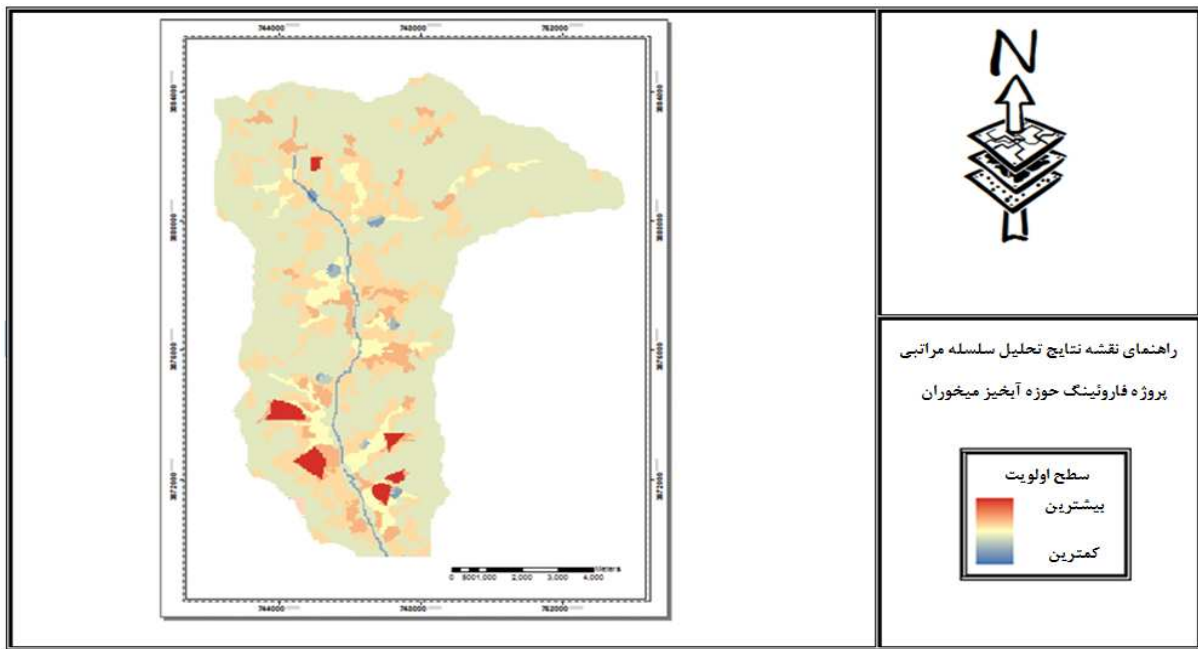
شکل ۱۳- وزن‌های نرمال و میزان ناسازگاری معیارهای خاک، پوشش، اجتماعی-اقتصادی، فیزیوگرافی و اقلیم پروژه فاروئینگ

پیتینگ به صورت شکل ۱۴ و برای پروژه فاروئینگ به صورت شکل ۱۵ تهیه شد.

ح) تهیه نقشه پهنه‌بندی در نهایت به کمک نرم‌افزار Arc\GIS با اعمال وزن‌های نرمال معیارها، نقشه نهایی پهنه‌بندی مکان‌های مناسب پروژه



شکل ۱۴- نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب پروژه پیتینگ



شکل ۱۵- نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب پروژه فاروئینگ

## بحث

فرایند تأییدکننده فرضیه اول تحقیق مبنی بر تعدد معیارها و زیرمعیارهای دخیل در انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های فاروئینگ و پیتینگ می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق از میان معیارهای اقتصادی - اجتماعی، اقلیم، پوشش، خاک و فیزیوگرافی، معیار اقتصادی - اجتماعی با وزن نرمال ۰/۳۲۲ بیشترین تأثیر و معیار فیزیوگرافی با وزن نرمال ۰/۱۴۶ کمترین تأثیر را بر مکان‌یابی اجرای پروژه فاروئینگ دارا هستند. همچنین از بین معیارهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی اجرای پروژه پیتینگ، معیار اقتصادی - اجتماعی با وزن نرمال ۰/۳۴۹ بیشترین تأثیر و معیار فیزیوگرافی با وزن نرمال ۰/۱۱۷ کمترین تأثیر را دارند. این مطلب نشان‌دهنده صحت فرضیه دوم این تحقیق است که بیان می‌کند معیارهای مؤثر در مکان‌یابی پروژه‌ها دارای اهمیت یکسانی نیستند. پس از تعیین مکان‌های مناسب برای هر پروژه مجدداً اقدام به اعتبارسنجی روش از طریق بازدیدهای صحرائی از مناطقی که توسط نرم‌افزار Arc\GIS به‌عنوان مناطق با اولویت بالا در اجرای پروژه‌ها تعیین شده بودند، گردید. در این سلسله بازدیدها، اجرای پروژه‌ها با توجه به خصوصیات ظاهری و فیزیکی منطقه مورد بازدید،

به‌منظور تهیه برخی از لایه‌های اطلاعاتی به‌عنوان داده‌های اطلاعاتی اولیه مورد نیاز فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور مکان‌یابی پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ در حوزه آبخیز میخوران، از تحلیل‌های زمین‌آماری در محیط نرم‌افزاری GS<sup>+</sup> استفاده گردید. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز، با بکارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، شامل طراحی مدل شاخه‌درختی، استانداردسازی داده‌ها، وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها، و تعیین میزان ناسازگاری، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکان‌های مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ در حوزه آبخیز میخوران گردید. در نتایج بدست آمده در مرحله وزن‌دهی معیارها، میزان ناسازگاری معیارهای پروژه فاروئینگ ۰/۰۸۹ و میزان ناسازگاری معیارهای پروژه پیتینگ ۰/۰۸۶ محاسبه شده است که این ارقام تأییدکننده صحت وزن‌دهی انجام شده می‌باشد. در این تحقیق معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی انجام پروژه‌های فاروئینگ و پیتینگ در قالب پنج معیار و هجده زیرمعیار شناسایی و تحلیل شدند که این

-جمالی، ع.، ۱۳۸۷. فنون تحلیل چندمعیاره مکانی، تصمیم، تحلیل سلسله مراتبی و استانداردسازی فازی در تعیین بحرانی‌ترین چراگاه‌های حوضه آبخیز. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۴.

-خیرخواه زرکش، م.، ۱۳۸۷. استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی. پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹.

-عبدی، ا.، ۱۳۸۴. طراحی شبکه جاده جنگلی با حداقل هزینه ساخت و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

-قاسمی، ه.، ۱۳۸۹. مدیریت جامع منابع آب با استفاده از روش DSS، مطالعه موردی: حوضه کاشان. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

-کارآموز، م.، ۱۳۸۷. چالش‌های کاربرد رویکردهای نوین در مدیریت منابع آب ایران. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

-Assimacopolous, D. 2005. An integrated Decision Support System for Evaluation of Water Management Strategies. *Journal of Water Practice & Technology*, 11(1), pp:15-32

-Antonella, Z., Sharifi, A.M., Andrea, G.F. 2008. Application of Spatial Multi-Criteria Analysis to Site Selection for A Local Park: A Case study in The Bergamo Province, Italy. *Journal of Operational Research*, 158, pp:1-18

-Cimren, E., B., Catay, E., Budak. 2007. Development of a Machine Tool Selection System Using AHP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35, pp: 363-376.

-Dragan M., E. Feoli, M., Ferneti and W., Zerihun. 2003. Application of an Erosion Decision Support System (SDSS) to Reduce Soil Erosion in Northern Ethiopia. *Journal of Environmental Modeling and software*. Volume 18, pp: 861-868

-Farahpour, M. 2002. A Planning Support System for Rangeland Allocation in Iran, PhD thesis, Wageningen University, ITC Netherlands, 186 pp.

-Graymore, M.L.M., Wallis, A.M., Richards, A.J., 2009. A Regional Sustainability: A GIS-Based Multiple Criteria Analysis Decision Support System for Progressing Sustainability. *Ecological Complexity* 6, pp: 453-462.

-Maia, R., Schumann, A. 2007. DSS Application to the Development of Water Management Strategies in

امکان‌سنجی گردید. صحت نتایج برای پروژه‌های تعریف شده ۷۵ درصد برای پروژه پیتینگ و ۸۲ درصد برای فاروئینگ محاسبه گردید. این نتایج تأییدکننده فرضیه شماره سه تحقیق، مبنی بر این که سامانه تصمیم‌یار مکانی قابلیت تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه‌های فاروئینگ و پیتینگ را دارد، می‌باشند. در نهایت عوامل تأثیرگذار بر کاهش اعتبار نتایج تحلیل سلسله مراتبی در تهیه نقشه پهنه‌بندی اجرای پروژه‌ها در حوضه آبخیز میخوران، مشخص شدند و معلوم شد که عامل کوچک بودن مقیاس نقشه، مهمترین منبع خطاست. کوچک بودن مقیاس نقشه باعث حذف بخشی از اطلاعات واقعی منطقه از نقشه‌های مورد استفاده می‌شود. نتایج حاصل مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه‌بندی مناطق مناسب برای اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ برخوردار بوده و بکارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی را به‌عنوان یک سیستم تصمیم‌یار مکانی مؤثر در مکان‌یابی این پروژه‌ها تأیید می‌نماید.

بنابراین پیشنهاد می‌شود مکان‌یابی چنین عملیاتی، در صورت امکان با بکارگیری سایر روش‌های تعاملی سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی مانند TOPSIS و یا SAW در منطقه حوضه آبخیز میخوران انجام شده و نتایج حاصل به‌منظور انتخاب کارآمدترین تکنیک مکان‌یابی با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مقایسه شوند. همچنین پیشنهاد می‌شود برای افزایش دقت نتایج در تحقیقات آینده، از نقشه‌های پایه با مقیاس بزرگ‌تر استفاده شود.

### منابع مورد استفاده

-اورژن، م.، جلیلیان، ح. و رستمی نژاد، ق.، ۱۳۸۷. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی رهیافتی به سوی مدیریت جامع حوضه آبخیز. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

-جمالی، ع.، ۱۳۸۶. سامانه تصمیم‌یار مکانی در تعیین مناطق مناسب عملیات بیولوژیک و مکانیکی حفاظت خاک. رساله دکتری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی.

-Moreno-Jimenez, J.M. 2005. A Spreadsheet Module for Consistent Consensus Building in AHP-Group Decision making. *Journal of Group Decision and Negotiation*, 14, pp: 89-108.

Ribeiras Algarve River Basin. *Journal of Water Resources Management*. 21(5): 897-907.  
-Marinoni, O. 2004. Implementation of the Analytical Hierarchy Process with VBA in ArcGIS. *Journal of Computers and Geosciences*. 30(6), pp: 637-646.

## Determining suitable locations for pitting and furrowing projects using SDSS (Case Study: Kermanshah Province)

M. Jafari<sup>1</sup>, H. Azarnivand<sup>2</sup>, M. Souri<sup>3\*</sup> and S. Kh. Mahdavi<sup>4</sup>

1- Professor of Faculty of Natural Resources, University of Tehran

2- Associated Professor of Faculty of Natural Resources, University of Tehran

3\*-Corresponding Author, Assistant Professor of Faculty of Natural Resources, University of Urmia, Email: [m.souri@urmia.ac.ir](mailto:m.souri@urmia.ac.ir)

4- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Azad University of Noor

Received:10/9/2011

Accepted:28/5/2011

### Abstract

Water deficiency and low soil moisture, are considered as limiting factors in rehabilitation and improvement of semi-arid rangelands. Considering the problem of water deficiency and low soil moisture in pastures discussed, rainfall storage projects can be one of suitable strategies to compensate for water shortages in such areas. On the other hand, considering several criteria that must be considered in this selection, makes it difficult to choose the appropriate locations to execute projects such as pitting and furrowing. These factors include technical and social-economical criteria. Meykhoran region in Kermanshah Province was considered in this research. In this study, in order to locate suitable areas for pitting and furrowing projects, spatial decision support system were used in three stages. The first stage involves determining hierarchical levels consisting of object, criteria, sub-criteria, and factors. During the second stage, the standardization of criteria based on fuzzy logic, weighting criteria and sub-criteria based on analytical hierarchy process, and paired comparisons of criteria and sub-criteria, with preference values of one to nine and an inconsistency rate of less than one-tenth, were done in ARC-GIS software by using AHP subprogram. In the final step, after integration of these layers, the final maps of optimal sites for pitting and furrowing were prepared. Using this template to locate other natural resources projects will help to optimize use of spatial data, save time and costs.

**Keywords:** optimize positioning, spatial decision support system, analytical hierarchy process, pitting, furrowing.