نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
٤٩-٦٤
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.14718.1734

ارزیابی توان اکولوژیکی به‌منظور جنگل‌کاری با استفاده از روش ANP (حوضه آبخیز ارنگه، استان البرز)

***فرحناز رشیدی[۱] و شادی شریفیان[۲]**

[۱]استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
[۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد محیط زیست- ارزیابی وآمایش سرزمین، دانشگاه پیام‌نور، واحد تهران شرق، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۱۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به روند تخریب جنگل‌های طبیعی، افزایش جمعیت انسانی و نیاز روزافزون به خدمات اکوسیستمی، توسعه جنگل و جنگل‌کاری امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. پروژه‌های جنگل‌کاری در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی- اجتماعی، رشد زیادی داشته و به‌صورت یک فعالیت عمرانی و توسعه در سطح بین‌الملل مطرح گردیده است. در همین راستا، قبل از هر گونه اجرای پروژه جنگل‌کاری می‌باید مکان‌یابی مناطق مستعد و ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه مدنظر قرارگیرد. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره گسترش فراوانی داشته و در این میان روش تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل شبکه‌ای بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. فرایند تحلیل شبکه‌ای، ضمن حفظ همه قابلیت‌های AHP می‌تواند بر محدودیت‌های جدی آن، از جمله در نظر نگرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم و فرض این‌که ارتباط بین عناصر تصمیم، سلسله‌مراتبی و یک‌طرفه است، برتری یافته و چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسایل مختلف فراهم آورد. بنابراین ANP روش مناسبی در بحث تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این پژوهش با هدف ارزیابی توان اکولوژیک حوضه آبخیز ارنگه واقع در استان البرز و مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای جنگل‌کاری صورت گرفته است. به‌منظور ارزیابی توان جنگل‌کاری منطقه از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد.

مواد و روش‌ها: براساس مطالعات پیشین و نظرات کارشناسان، شاخص‌های متناسب با شرایط منطقه تعیین و پس از ایجاد شبکه، پرسشنامه‌ها بین کارشناسان توزیع شد و آنان به مقایسه خوشه‌ها و عوامل مؤثر در جنگل‌کاری به‌صورت زوجی و امتیازدهی پرداختند. با استفاده از مقایسه و ارزیابی گزینه‌های مؤثر در ارزیابی توان جنگل‌کاری از طریق پرسشنامه و وزن نهایی گزینه‌ها با محاسبه سوپرماتریس حد در هر پرسش‌نامه، از طریق نرم‌افزار Decision Super تعیین گردید. سپس یازده گزینه مؤثر در فرآیند در قالب چهار خوشه توپوگرافی، خاک، اقلیم و زیستی طبقه‌بندی شد. یازده زیر معیار مربوط به این خوشه‌ها شامل شیب، ارتفاع، جهت، بافت خاک، فرسایش، زهکش، عمق خاک، دما، بارندگی، تراکم پوشش و تیپ گیاهی، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی با طبقات مربوط تهیه گردید. نقشه معیارها با استفاده از نرم‌افزار IDRISI در دامنه فازی ۰-۲۵۵ استانداردسازی شدند. سپس گزینه‌ها به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل و با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی (WLC) لایه‌های وزن‌دار شاخص‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تلفیق شدند.

* مسئول مکاتبه: rashidi@rifr-ac.ir

یافته‌ها: نقشه نهایی توان جنگل‌کاری منطقه در ٤ طبقه به‌دست آمد. نتایج بیانگر آن است که ٤/٦ درصد از منطقه تناسب خوب، ۱۳/۹ درصد تناسب متوسط و ۱۹/۲ درصد تناسب کم و ٦۲/۱ درصد تناسب بسیار کم برای توسعه جنگل دارد. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که معیار ارتفاع از سطح دریا بیش‌ترین و معیار فرسایش کم‌ترین تأثیر را در تعیین مناطق مناسب جهت جنگل‌کاری در منطقه مورد مطالعه دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، جنگل‌کاری در حوزه آبخیز ارنگه بر اساس نقشه پتانسیل منطقه قابل انجام بوده و توسعه جنگل در ۱۸/۵ درصد از منطقه از توان مناسب تا متوسط برخوردار است. قسمت‌های غرب به‌سمت مرکز در منطقه ارنگه به‌عنوان اولویت جنگل‌کاری می‌باشد و بررسی کاربری‌های دیگر برای قسمت‌هایی از منطقه که توان نامناسب و بسیار نامناسب را نشان می‌دهند قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ترکیب خطی وزنی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، جنگل‌کاری، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

یکی از دغدغه‌های اصلی بشر تصمیم‌گیری در ارتباط با نوع استفاده از اراضی می‌باشد. از آن‌جا که استفاده از منابع اکولوژیکی به یک منبع محدود نمی‌شود و شامل استفاده هم‌زمان از چند منبع می‌باشد، اهمیت ارزیابی اکولوژیکی در تعیین پتانسیل مناسب برای هر کاربری مشخص‌تر می‌شود. اجرای طرح در مکانی که بالقوه فاقد توان اکولوژیکی مناسب برای اجرای کاربری خاصی باشد، باعث تخریب بیش‌تر محیط و عدم بهبود وضعیت و بروز مشکلات زیست‌محیطی زیادی مانند تخریب محیط‌زیست پیرامون شهرها، منابع طبیعی و بخش‌های وسیعی از مرغوب‌ترین و مناسب‌ترین اراضی (٤) کاهش تنوع زیستی، استعداد و قابلیت بهره‌وری سرزمین می‌شود (۱۳). در سال‌های اخیر در ایران نیز ارزیابی توان اکولوژیک به‌عنوان یک ضرورت در برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین (آمایش سرزمین) مطرح شده است (۱۵).

ایران از نظر پوشش جنگل جزء کشورهای با پوشش کم‌جنگل (LFCc) (در حدود ۷ درصد سطح کشور) محسوب می‌شود. بنابراین به‌منظور افزایش این سرانه و همچنین استفاده از کارکردهای جنگل‌کاری مانند افزایش تنوع زیستی، حفظ ساختار و مواد مغذی خاک و ایجاد مخزن برای ترسیب کربن ایجاد جنگل‌های مصنوعی جزء برنامه‌های دستگاه‌های متولی در برنامه‌های توسعه می‌باشد (۱۹). انتخاب منطقه مناسب یکی از تصمیمات مهم در فرآیند جنگل‌کاری است، که منجر به افزایش موفقیت خواهد شد. روش‌های مختلفی برای انتخاب منطقه مناسب در جنگل‌کاری وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور بهترین تصمیم‌سازی می‌باشد (۱۳). در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره گسترش فراوانی داشته و در این میان روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تحلیل شبکه‌ای (ANP) بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به محدودیت روش AHP که ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله‌مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. روش ANP چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسایل مختلف به‌صورت در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم را فراهم می‌سازد (۲۸). بنابراین ANP به‌عنوان روش مناسب‌تری در مطالعات تصمیم‌گیری‌های چندمنظوره و برای حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری مطرح شده است. محمدی و محمدی لیمایی (۲۰۱۸) به‌منظور مشخص کردن

بهترین معیارها برای مدیریت پایدار جنگل در حوضه آبخیز شفارود واقع در استان گیلان از دو روش AHP و ANP استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که در این تصمیم‌گیری روش ANP بسیار قوی‌تر از روش AHP عمل نموده است (۱۳). نتایج مطالعه رحیمی و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه مدل‌های Fuzzy AHP و ANP در ارزیابی توان جنگل‌داری در حاشیه شهر بهبهان نیز نشان داد، که درصد مساحت ارائه شده برای کاربری جنگل‌داری در روش ANP به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد و روش ANP را به‌عنوان روش مناسب‌تر نسبت به روش Fuzzy AHP معرفی می‌کنند (۱۷). ذبیح‌اللهی و مهدوی (۲۰۱٤) روش ANP را به‌عنوان نسل جدید روش‌های تصمیم‌گیری به‌منظور مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس پیشنهاد نمودند (۲٦). گارسیا ملون و همکاران (۲۰۱۲) نیز ارزیابی استراتژی‌های گردشگری پایدار در ونزوئلا را با استفاده از روش ANP و دلفی پیشنهاد می‌دهند (۷). با توجه به کارایی مناسب این روش در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، متأسفانه مطالعات کمی درباره ارزیابی توان کاربری‌ها به‌خصوص ارزیابی پتانسیل مناطق مناسب برای جنگل‌کاری با روش ANP در داخل و خارج ایران انجام شده است. فضل‌الهی محمدی و همکاران (۲۰۱۵) تعیین مناسب‌ترین منطقه برای جنگل‌کاری با گونه بادام (*Amigdalus scoparia*) را با روش ANP بر اساس مدل BOCR در استان مرکزی انجام دادند. از میان چهار سایت پیشنهادی، سایت B را به‌عنوان مناسب‌ترین منطقه برای جنگل‌کاری در نظر گرفتند (٦). هایدایتی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای مطالعه‌ای جهت بهینه‌سازی احیای درختان نخل روغنی در شمال سوماترا اندونزی انجام دادند. در قالب سه فاکتور محیطی، منابع انسانی و رویشی ۹ خوشه و ۳۱ زیر معیار تعیین شد. سپس با استفاده از نظر متخصصین جهت انتخاب معیارهای اولویت‌دار مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند و بعد از امتیازدهی با تحلیل شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج ANP نشان می‌دهد که عامل جمعیت و یکنواختی گیاهان در هکتار، گیاهان تصفیه‌کننده، کود، روش‌های کار، مناسب بودن زمین و به‌کارگیری تکنولوژی باعث بهبود بهره‌وری درختان نخل روغنی می‌شود (۹). اما مطالعات بیش‌تری بر روی جنگل‌کاری و مدیریت جنگل با روش AHP انجام شده است. بوتارو و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تأثیرات مثبت و منفی جنگل‌کاری در جنگل‌کاری‌های غیرصنعتی خصوصی در مرکز شیلی با روش AHP پرداختند. به‌منظور این بررسی ۳ معیار زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی با ۲٤ زیر معیار بر اساس مرور منابع و نظرات کارشناسان انتخاب شد. سپس ماتریس مقایسه زوجی تشکیل و زیرمعیارها توسط ۱۵ متخصص دو به دو رتبه‌بندی شد. ضریب ناسازگاری قضاوت‌ها در همه موارد کم‌تر از ۰/۱ به‌دست آمد. ۱٤ شاخص محیط زیستی با روش AHP مورد بررسی قرار گرفت و شاخص کنترل فرسایش خاک و ترسیب کربن در تأثیرات مثبت و یکنواختی چشم‌انداز و کاهش تنوع زیستی در تأثیرات منفی بیش‌ترین امتیاز را به‌ترتیب نشان دادند (۲). حجاریان و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعه‌ای به کاربرد رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه برای مدیریت جنگل‌های هیرکانی به کمک روش‌های AHP، TOPSIS، ELECTRE III و SAW پرداختند. در هر چهار روش رتبه‌های اول تا چهارم به‌ترتیب به تعرض به عرصه‌های جنگلی، حضور دام در جنگل، برداشت غیرمجاز چوب از جنگل و برداشت چوب برای تأمین سوخت اختصاص یافت (۸). کندری و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی زمین

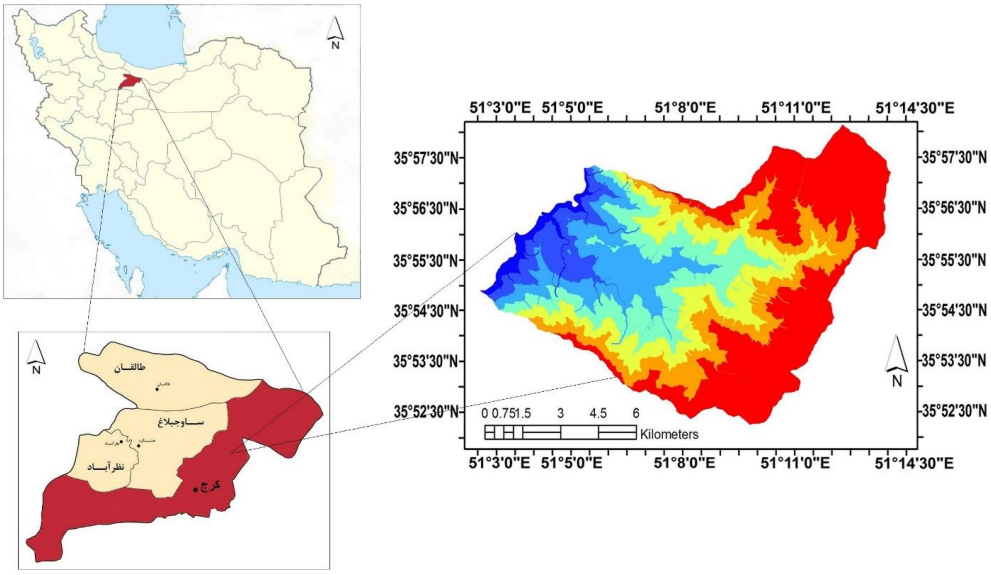
برای جنگل‌کاری بر اساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP را در جزیره باتن در جنوب‌شرقی استان سولاوی اندونزی در چهار محدوده در منطقه کالالاسی انجام دادند. این مطالعه در سه مرحله ۱- جمع‌آوری داده ۲- ارزیابی ۳- تولید نقشه انجام گرفت. داده‌ها شامل بیوفیزیک زمین، اقلیم و داده‌های آماربرداری مربوط به طرح‌های جنگلداری بود. در منطقه نتایج بیانگر توان متوسط (۳۸۳٦/۰۵ هکتار) و کم (۱٦۹۱٦/۸۷) جهت جنگل‌کاری در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (۱۲). رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مکان‌های مناسب جهت جنگل‌کاری در منطقه استپی کوهستنای غیرجنگلی حوضه آبخیز درکه- ولنجک شهر تهران (دامنه جنوبی البرز) با استفاده از روش AHP پرداختند. نتایج نشان داد که از ۳۲٤۲ هکتار منطقه تنها ۷٤۰ هکتار فاقد محدودیت مطلق به‌منظور توسعه جنگل بوده، که از این میزان نیز ۲۵۷ هکتار توان مناسب‌تری نسبت به مناطق دیگر داشته و قابل توسعه جنگل می‌باشد (۱۸). زارع و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی توان رویشگاه دره وسیه در غرب استان تهران واقع در دامنه جنوبی البرز به روش ارزیابی چندمعیاره (AHP) انجام شد. از مجموع مساحت ۲۵۱٦/۵۳ هکتار منطقه، طبقه ۱ با مساحت ۳۷٤ و طبقه ۲ با مساحت ٤۲٤ هکتار مناسب برای توسعه جنگل معرفی شد (۲۸). مرادزاده و همکاران (۲۰۱۱) ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه سطحی جنگل با استفاده از روش AHP در حوزه آبخیز منطقه دادآباد در استان لرستان انجام دادند. قابلیت اراضی برای توسعه جنگل در چهار طبقه توان طبقه‌بندی گردید. در مرحله آخر با توجه به بررسی‌های انجام شده طبقه توان ۱ و ۲ برای انجام برنامه‌ریزی جهت توسعه سطحی جنگل انتخاب گردید (۱٤). شمسه (۲۰۱۰) نیز ارزیابی توان اکولوژیک به‌منظور توسعه جنگل‌کاری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای (AHP) در حوضه آبخیز قلعه‌گل، شهرستان خرم‌آباد انجام داد. قابلیت اراضی برای جنگل‌کاری بر اساس ارزش‌های مشخص شده در ٤ طبقه توان عالی، توان خوب، توان متوسط، توان ضعیف مشخص شد و طبقه متوسط بیش‌ترین مساحت از کل منطقه را شامل می‌شود (۲۱).

بررسی مطالعات انجام گرفته بیانگر کارایی روش ANP بر AHP در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در مباحث منابع طبیعی است. فرایند تحلیل شبکه‌ای، شکل گسترده AHP است و تمامی ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و همچنین می‌تواند ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله‌مراتبی در نظر بگیرد (۳۰). اما بررسی‌ها بر روی استفاده از روش ANP در مطالعات جنگل‌کاری در داخل و خارج کشور بسیار محدود انجام شده است. بنابراین بررسی پتانسیل و مشخص کردن مناطق مستعد برای جنگل‌کاری و شناسایی معیارهای مؤثر در ارزیابی منطقه با استفاده از روش ANP در حوضه آبخیز ارنگه واقع در استان البرز انجام گرفت. بنابراین تعیین دقیق مناطق با این روش علاوه بر حفظ آب و خاک و افزایش غنای گونه‌ای و زیر اشکوب، مدیران منطقه‌ای را قادر می‌سازد که تصمیم‌گیری صحیح در استفاده از اراضی و انتخاب عناصر رویشی مناسب این اراضی داشته باشند، بسیاری از جنگل‌کاری‌هایی که توسط متولین صورت می‌گیرد، بعد از مدتی اثری از آن‌ها باقی نمی‌ماند و باعث هدررفت هزینه و همچنین عدم موفقیت پروژه‌ها می‌شود. بنابراین انجام

جنگل‌کاری بر اساس توان اکولوژیکی مناطق با روش تحلیل شبکه‌ای باعث کارایی بهتر در این پروژه‌ها خواهد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز ارنگه (شکل ۱) با مساحت ۱۰۰۹۸/۵ هکتار و حداکثر ارتفاع ۳۶۶۵ و حداقل ۱۶۳۷ متر بین طول‌های شرقی ´۲ °۵۱ و ´۱۳ °۵۱ و عرض‌های شمالی ´۵٤ °۳۵ و ´۵۷ °۳۵ در شمال شهرستان کرج واقع شده است جهت جغرافیایی کلی منطقه شمال‌غربی، فرسایش متوسط و حدود ۷۸ درصد از بافت خاک منطقه شنی لومی و شنی رسی لومی می‌باشد. حداقل دما در منطقه ۱/۲۸- و حداکثر دما ۱۲/٤ درجه سانتی‌گراد است. حداقل و حداکثر و متوسط بارندگی در منطقه به‌ترتیب ٤۰۰ و ۱۱۳۹ و ۷۸۵/۸ میلی‌متر می‌باشد (۵).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز ارنگه.

Figure 1. Geographic location of the Arangeh basin.

روش تحقیق: برای تولید نقشه نهایی توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه، ابتدا معیارهای اثرگذار در تعیین توان اکولوژیک با توجه به هدف مطالعه، خصوصیات منطقه و همچنین استفاده از مطالعات مشابه و نظر کارشناسان تعیین گردید. سپس نقشه مدل ارتفاعی رقومی و نقشه‌های پوشش گیاهی (تیپ پوشش گیاهی و تراکم پوشش گیاهی)، فرسایش‌پذیری و واحد اراضی خاک (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) تهیه گردید. نقشه‌های طبقات شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع، نقشه هم‌باران و هم‌دما و نقشه‌های خاک تولید شد. نقشه معیارها با استفاده ازروش فازی در دامنه عددی ۰-۲۵۵ قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزار IDRISI استاندارد شد. به‌منظور تعیین ضرایب اهمیت معیارها و شاخص‌ها، ابتدا ساختار مدل تحلیل شبکه‌ای ترسیم گردید. در این مرحله هدف مورد نظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گروه‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح هستند، تبدیل می‌شود. معیارهای درون خوشه ممکن است با یک یا

تمامی معیارهای خوشه‌های دیگر در ارتباط باشند که این ارتباط‌ها با فلش نشان داده می‌شود. همچنین ممکن است معیارهای درون یک خوشه بین خودشان دارای ارتباط متقابل باشند که این گونه ارتباط‌ها به‌وسیله یک کمان متصل به آن خوشه نشان داده می‌شود. براساس مطالعات صورت گرفته و نظرات کارشناسان، یازده شاخص شیب، جهت، ارتفاع، تیپ گیاهی، تراکم گیاهی، بافت خاک، فرسایش، زهکشی، عمق خاک، دما و بارش در قالب چهارخوشه توپوگرافی، خاک، پوشش گیاهی و اقلیم برای ارزیابی توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته و روابط بین آن‌ها تعیین شد. سپس نظرات کارشناسان جهت امتیازدهی شاخص‌ها به‌وسیله پرسشنامه‌ها (ماتریس مقایسه زوجی) (در یک بازه امتیازدهی ۱ تا ۹) گردآوری گردید. امتیاز زوجی و مقایسه خوشه‌ها و عوامل مؤثر در جنگل‌کاری با استفاده از نرم‌افزار Super Decision به‌دست آمد. میزان نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها محاسبه و پس از کسب اطمینان در رابطه با سازگار بودن قضاوت‌ها (ضریب ناسازگاری در همه موارد کم‌تر از ۰/۱ به‌دست آمد که بیانگر وضعیت قابل‌قبول می‌باشد)، ضرایب اهمیت معیارها از روش بردار ویژه محاسبه گردید. سپس ماتریس خوشه‌ای و ابرماتریس تشکیل شد (۲۵). پیش از محاسبه بردار اولویت‌های نهایی که در غالب ابرماتریس حد محاسبه می‌گردد، لازم است تا آن را به ابرماتریسی وزن‌دهی‌شده مبدل نمود. برای این منظور لازم است تا داده‌های ماتریس خوشه‌ای در ابرماتریس وزن‌دهی‌نشده ضرب و نرمالیزه گردد. پس از محاسبه ابرماتریس وزن‌دهی‌شده نوبت به تشکیل ابرماتریس حد می‌باشد، برای این منظور ابرماتریس وزن‌دهی شده به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شوند (۱). با اعمال ضرایب اهمیت معیارها، شاخص‌ها و هم‌پوشانی لایه‌ها، مناطق مستعد توسعه جنگل به روش ترکیب خطی وزنی (WLC) به‌دست آمدند و طبقه‌بندی گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تعیین وزن هر یک از گزینه‌های مؤثر در فرآیند ارزیابی توان منطقه برای جنگل‌کاری در پرسشنامه کارشناسان که حاصل از محاسبه سوپرماتریس حدی است، در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول مقادیر همه سطرها که پس از همگرا کردن به‌صورت مساوی در آمده است، نشان‌دهنده وزن هر یک از گزینه‌های موجود در سطر دوم جدول است. همان‌طور که در سوپرماتریس حدی مشخص است بیش‌ترین وزن در این پرسشنامه مطابق با جدول ۱ مربوط به ارتفاع با وزنی برابر با ۰/۳۸۲۳ و کم‌ترین وزن مربوط به فرسایش با وزنی برابر با ۰/۰۰۲۷ می‌باشد.

جدول ۲ نشان‌دهنده خوشه‌ها، گزینه‌ها، نحوه طبقه‌بندی لایه‌های استفاده شده و میزان مطلوبیت هر کدام از شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خوشه‌ها، گزینه‌ها و وزن نهایی گزینه‌ها.

Table 1. Clusters, options and final weight of options.

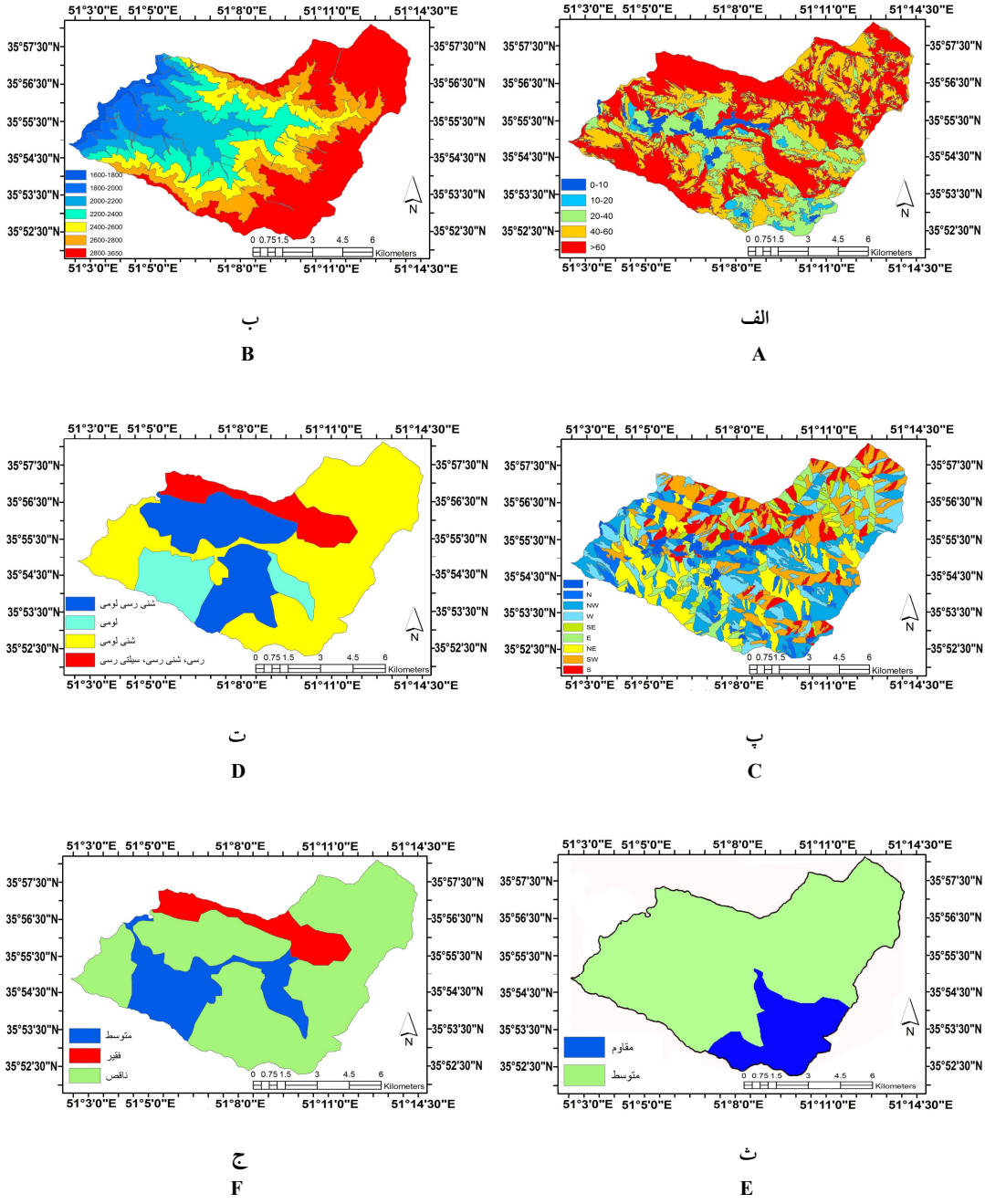
مجموع Total	پوشش گیاهی Vegetation		خاک Soil				فیزیوگرافی Physiography			اقلیم Climate		خوشه Clusters
	تراکم پوشش گیاهی Vegetation cover	تیپ پوشش گیاهی Vegetation type	زهکشی Drainage	عمق Depth	فرسایش Erosion	بافت Soil texture	جهت Aspect	ارتفاع Elevation	شیب Slop	باران Rainfall	دما Temperature	معیار Criterion
1	0.0565	0.0406	0.0288	0.0346	0.0027	0.0403	0.0446	0.3823	0.1299	0.09899	0.1406	وزن نهایی Final weight

جدول ۲- نحوه طبقه‌بندی لایه‌های به‌کار رفته.

Table 2. Classification of the used layers.

خوشه Cluster	گزینه (معیار) Criterion	مطلوبیت Desirability
توپوگرافی Topography	ارتفاع Elevation (متر) metere	1600-1800 equally 255, 1800-2000 equally 219, 2000-2200 equally 183, 2200-2400 equally 147, 2400-2600 equally 108, 2600-2800 equally 72, 2800-3000 equally 36, 3000-3650 equally 0
	شیب Slop (درصد) (%)	0-5 equally 255, 5-10 equally 204, 10-20 equally 153, 20-40 equally 102, 40-60 equally 51, >60 equally 0
	جهت Aspect	F equally 255, N equally 223, NW equally 191, W equally159, E equally 127, SW equally 95, NE equally, 63, SE equally 31, S equally 0
خاک Soil	بافت Soil texture	sandy clay lomi equally 255, lomi equally 191, sandy lomi equally 127, clay, sandy clay , silti clay equally 63
	فرسایش Erosion	Impervious equally 255, average equally 127
	زهکشی Drainage	Average 255, defective 127, poor 0
	عمق Depth	Very shallow to shallow 0, Shallow 51, Shallow to fairly shallow 102, Shallow to semi-deep 153, Semi-deep 204, Fairly deep to deep 255
اقلیم Climate	بارندگی Rainfall (میلی‌متر) (Milimetre)	1000-1139 equally 255, 900-1000 equally 211, 800-900 equally 170, 700-800 equally 127, 600-700 equally 85, 500-600 equally 42, 400-500 equally 0
	دما Temperature (سانتی‌گراد) (Centigrade)	10-12 equally 255, 8-10 equally 204, 6-8 equally 153, 4-6 equally 102, 2-4 equally 51, -1.28-2 equally 0
محیط‌زیست Environment	تیپ گیاهی Vegetation type	Grass- legume equally 255, grass ky gavan equally 204, grass barbed plants equally 153, grass gavan equally 102, gavan grass equally 51, Agriculture-Residential areas, Stone outburst and Very steep lands 0
	تراکم پوشش Vegetation cover (درصد) (%)	Lake, residential areas, Garden, Lands without vegetation and Stone outburst 0, Rangeland 5-25% 85, Rangeland 25-50% 185, Rangeland >50% 255

نقشه‌های شاخص‌های قابل مقایسه و کمی شده از روش فازی، شامل نقشه‌های شیب، ارتفاع، جهت، بافت خاک، فرسایش، زهکشی، عمق خاک، تیپ گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، بارندگی و دما در زیر نشان داده شده است (شکل ۲).



الف

A

ب

B

پ

C

ت

D

ث

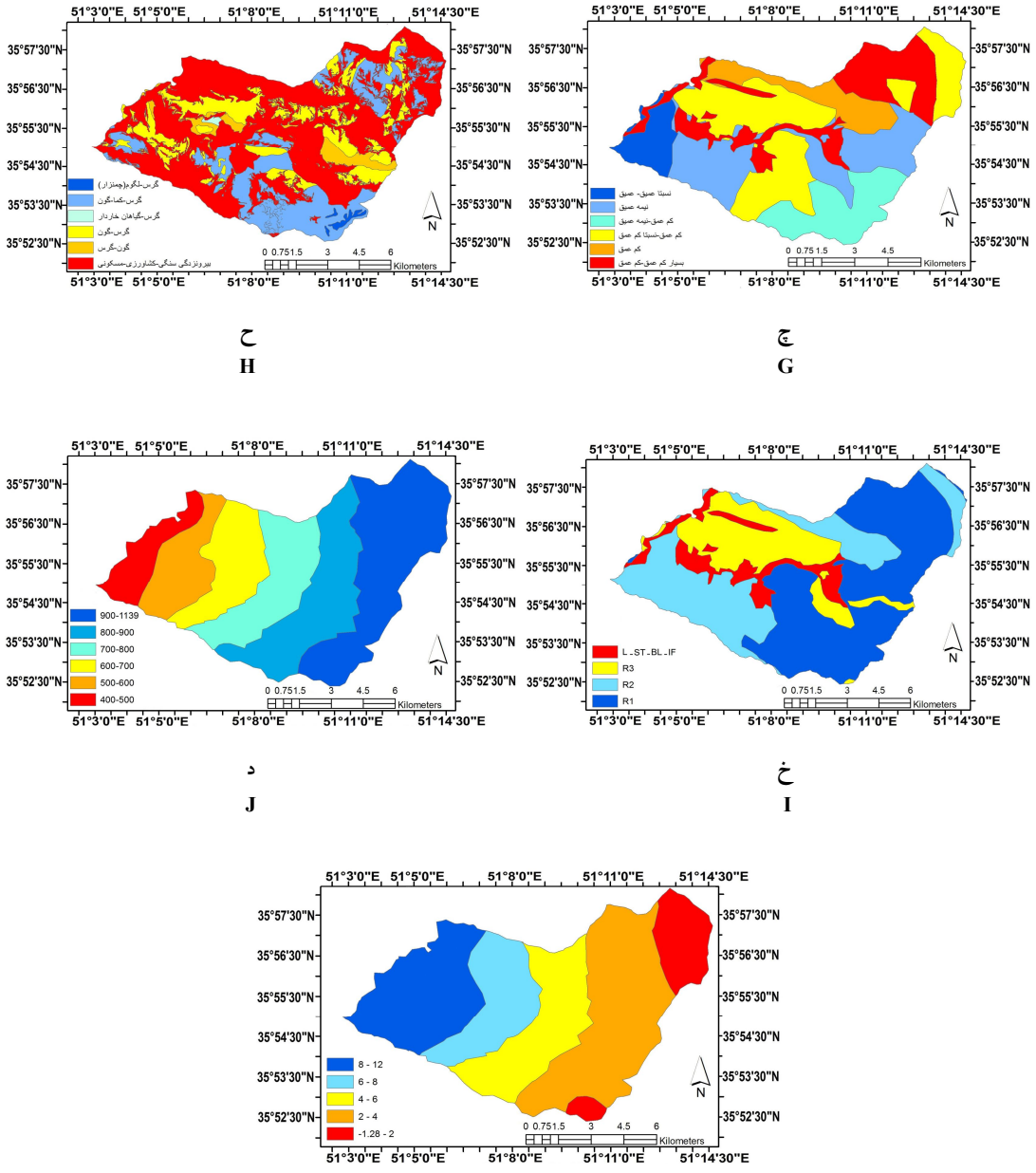
E

ج

F

شکل ۲- نقشه شیب (الف)، نقشه ارتفاع (ب)، نقشه جهت (پ)، نقشه بافت خاک (ت)، نقشه فرسایش (ث) زهکشی (ج)، عمق (چ)، نقشه تیپ گیاهی (ح)، نقشه تراکم پوشش گیاهی (خ)، نقشه بارندگی (د) و نقشه دما (ذ) منطقه مورد مطالعه.

Figure 2. The map of slope (A), elevation map (B), aspect map (C), soil texture map (D), erosion map (E), Drainage (F), Depth (G), vegetation type map (H), vegetation cover map (I), rainfall map (J) and the temperature map (K) of the study area.



ح
H

چ
G

د
J

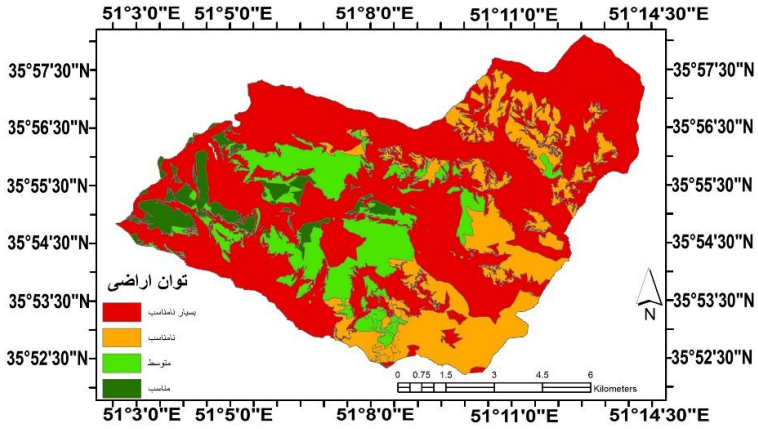
خ
I

ذ
K

ادامه شکل ۲-

Continue Figure 2.

پس از محاسبه وزن عوامل مؤثر بر ارزیابی توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه و تهیه نقشه‌های مربوط به این عوامل، با استفاده از ترکیب خطی وزنی، نقشه نهایی توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه در ٤ طبقه تهیه شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که از کل منطقه مورد مطالعه ٤٧١/١ هکتار (٤/٦ درصد) توان مناسب، ١٣٩٧/٥ هکتار (١٣/٩ درصد) توان متوسط، ١٩٣٥/٥ هکتار (١٩/٢ درصد) توان نامناسب و ٦٢٣٦/٢ هکتار (٦٢/١ درصد) توان بسیار نامناسب برای توسعه جنگل را دارا می‌باشد (جدول ۳).



شکل ۳- نقشه نهایی توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه.

Figure 3. Final map of capability of plantation of the study area.

جدول ۳- مساحت طبقات مختلف در نقشه توان جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه.

Table 3. Area of different classes in the map of forestry potential of the studied area.

طبقه Class	طبقه مناسب (۱) Class high 1	طبقه متوسط (۲) Class average 2	طبقه نامناسب (۳) Class law 3	طبقه بسیار نامناسب (٤) Class very law 4
مساحت (هکتار) Area (hectare)	471.1	1397.5	1935.5	6236.2
مساحت (درصد) Area (%)	4.6%	13.9%	19.2%	62.1%

هدف از عملیات ارزیابی اکولوژیکی سرزمین، پیدا کردن توان طبیعی یا اکولوژیکی محیط زیست برای استفاده انسان از سرزمین است. از این قرار وقتی سرزمین خود مهیای نوعی کاربری است، بهره‌بردای از آن با کم‌ترین هزینه انجام شده و دوام و پایداری بیش‌تری را در آینده تضمین می‌کند. با توجه به مشکلات محیط زیستی کلان شهرهایی چون کرج و به‌منظور کاهش بحران‌های ناشی از این مشکلات، ارزیابی اکولوژیکی با هدف مکان‌یابی اراضی مستعد برای توسعه جنگل در حوضه آبخیز ارنگه با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای انجام شد. نتایج این مطالعه بیانگر تقسیم منطقه مورد مطالعه به چهار طبقه توان (مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب) می‌باشد. نتایج مطالعات رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) و زمانی و همکاران (۲۰۱٤) نیز که به‌ترتیب توان دامنه جنوبی البرز و اطراف شهر سنندج را جهت جنگل‌کاری مورد ارزیابی قرار دادند به نتایج مشابه این مطالعه رسیدند که به‌ترتیب ۷/۷ درصد (۲٤۹ هکتار) (مساحت طبقه خوب ۱۱٦ هکتار و متوسط ۱۳۳ هکتار) و ٤/۲ درصد (۱۰۷۱/۷ هکتار) (طبقه بسیار خوب ۷/۲ هکتار و خوب ۱۰٦٤/۵ هکتار) را جهت توسعه جنگل معرفی کردند (۱۸ و ۲۷).

توان مناسب جنگل‌کاری در حوضه آبخیز ارنگه از بخش‌های غرب، شمال‌غربی شروع شده و به‌سمت مرکز منطقه مطالعاتی گسترش پیدا کرده است. در این محدوده جهت عمده شمال‌غربی (۲٦/۸ درصد) و غربی (۲۱/٦ درصد) و کم‌ترین جهت جنوبی (۰/٤ درصد) می‌باشد. کلانتری و همکاران (۲۰۱٦) بیش‌ترین رشد درختان زربین را در جهت غربی گزارش نمودند (۱۱). زرینی بهادر و همکاران

(۲۰۱۵) بیان کردند که در شیب شمالی فعالیت بیولوژیک و تحول خاک نسبت به شیب جنوبی بیش‌تر می‌باشد (۲۹). بنابراین قرارگیری جهت شمال‌غربی و غربی به‌عنوان بیش‌ترین و جهت جنوبی به‌عنوان کم‌ترین سطح پراکندگی در طبقه مناسب، منطبق با مطالعات صورت گرفته می‌باشد. از طرفی با توجه به این‌که جهت شیب بر مقدار عمق خاک و نگهداشت آب در شیب شمالی نسبت به شیب جنوبی تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش ضخامت و عمق خاک می‌شود (۳ و ۲۹)، بنابراین قرارگیری بیش‌تر خاک منطقه با توان مناسب در قسمت عمیق- نسبتاً عمیق منطقی به‌نظر می‌رسد. بیش‌ترین قسمت محدوده دارای دمای ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۱۸۰۰-۲۰۰۰ متر می‌باشد.

محدوده پتانسیل متوسط برای جنگل‌کاری از شمال‌غربی، جنوب‌غربی شروع شده و در مرکز منطقه مطالعاتی از شمال به جنوب گسترش پیدا کرده است که در این محدوده شرایط مناسب اکولوژیکی به غیر از فرسایش نسبت به طبقه مناسب کاهش پیدا کرده است. کاهش دما (۶-۱۰ درجه سانتی‌گراد)، کاهش عمق خاک (طبقه کم‌عمق- نسبتاً کم‌عمق) و افزایش ارتفاع (مساحت بیش‌تر منطقه در ارتفاع ۲۲۰۰ تا ۲۴۰۰ متر) نمونه‌هایی از نامناسب شدن شرایط اکولوژیکی نسبت به طبقه مناسب است. ۱۹/۲ و ۶۲/۱ درصد (۱۹۳۵/۵ و ۶۲۳۶/۲ هکتار) منطقه به‌ترتیب دارای پتانسیل نامناسب و بسیار نامناسب برای جنگل‌کاری هستند. طبقه بسیار نامناسب دارای بیش‌ترین ارتفاع، بیش‌ترین شیب (۷۰/۷ درصد منطقه دارای شیب بالای ۶۰ درصد می‌باشد)، زهکشی فقیر و عمق بسیار کم و کم خاک می‌باشد. بنابراین بررسی نتایج بیانگر آن است که شرایط اکولوژیکی از طبقه مناسب به بسیار نامناسب کاهش پیدا کرده است.

در این پژوهش به‌منظور تعیین توان اکولوژیکی برای توسعه جنگل‌کاری در منطقه مورد مطالعه، یازده معیار اصلی با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای در رویکرد تلفیقی با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. نتایج حاصل از مدل تحلیل شبکه‌ای نشان می‌دهد، معیار ارتفاع با وزن ۰/۳۸۲۳ بیش‌ترین تأثیر و معیار فرسایش با وزن ۰/۰۰۲۷ کم‌ترین تأثیر را در تعیین توان اکولوژیک برای توسعه جنگل در منطقه داشته است. نتایج مطالعات رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) و زارع و همکاران (۲۰۱۱) و مرادزاده و همکاران (۲۰۱۱) در راستای این مطالعه بوده (۱۴، ۱۸ و ۲۸) و معیار ارتفاع دارای بیش‌ترین وزن می‌باشد. از آن‌جا که معیار ارتفاع بر پارامترهای بارندگی و دما تأثیر می‌گذارد (۲۸)، بنابراین بالا بودن وزن معیار بارندگی در مطالعات هایدایتی و همکاران (۲۰۱۵) و زمانی و همکاران (۲۰۱۴) نیز هم‌سو با نتایج مطالعه انجام گرفته است (۹ و ۲۷). مطالعات رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) و مرادزاده و همکاران (۲۰۱۱) و یمانی و همکاران (۲۰۱۶) به معیار فرسایش و زمین‌شناسی به‌عنوان عواملی با کم‌ترین وزن اشاره می‌کنند (۱۴، ۱۸ و ۲۴).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعات بیانگر آن است که به‌دلیل وجود معیارهای متعدد و متفاوت و ارتباطات شبکه‌ای بین عناصر و معیارها در حوزه منابع طبیعی، روش تحلیل شبکه‌ای بستری مناسب برای تعیین اولویت‌ها در این حوزه را فراهم می‌کند (۶، ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۴). در نهایت با توجه به نتایج این مطالعه و مطالعات انجام گرفته روش ANP به‌عنوان روش مناسب جهت تعیین مناطق مناسب برای کاربری جنگل‌کاری در منطقه مورد مطالعه قابل توصیه می‌باشد. در حوضه آبخیز ارنگه در ۱۸/۵ درصد سطح منطقه در دو طبقه مناسب و متوسط امکان توسعه جنگل وجود دارد و در دو طبقه نامناسب و بسیار نامناسب بررسی پتانسیل منطقه برای کاربری‌های دیگر قابل توصیه می‌باشد.

منابع

1. Aliani, H., Babaee Khefaki, S., Safa'i, A., and Monavari, M. 2016. Land capability assessment to identify suitable tourism development areas using the analytical network process (ANP). Rem. Sens. J. Inf. Syst. Geograph. Natur. Resour. 7: 4. 1-17. (In Persian)
2. Bottaro, G., Roco, L., Pettenella, D., Micheletti, S., and Vanhulst, J. 2015. Forest plantations' externalities: an application of the analytic hierarchy process to non-industrial forest owners in central chile. Article in Forests. 9: 1-21.
3. Broxton, P.D., Troch, P.A., and Lyon, S.W. 2009. On the role of aspect to quantify water transit times in smallmountainous catchments. Water Resources Research, 45: 8. 1-15.
4. Chung, S., Lee, A., and Pearn, W. 2005. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. Inter. J. Prod. Econ. 96: 15-36.
5. Directorate of natural resources and watershed management of Tehran province, 2008. Report Argenh watershed, Alborz province. (In Persian)
6. Fazlollahi Mohammadi, M., Najafi, A., and Ahmadlo, F. 2015. Using the Analytical Network Process (ANP) based on BOCR Model to select the most suitable region for forestation with almond species. Nusantara Bioscience. 7: 118-127. (Translated in Persian)
7. Garcia-Melon, M., Gomez-Navarro, T., and Acuna-Dutra, S. 2012. A Combined ANP-delphi approach to evaluate sustainable tourism. Environmental Impact Assessment Review. 34: 41-50.
8. Hidayati, J., Sukardi, Suryani, A., Sugiharto, and Anas, M. 2015. Optimization of Palm Oil Plantation Revitalizationin North Sumatera Indonesia. Inter. J. Adv. Sci. Engin. Inf. Technol. 5: 6. 460-468.
9. Hjarian, M., Hossein Zadeh, O., and Khaledi Koreh, F. 2016. Using combined MADM approach for Hyrcanian forests management, Environmental Sciences Quarterly. 3: 1-12. (In Persian)
10. Jaafari, A., Najafi, A., and Gholami, D. 2012. ANP, an Approach to Sustainable Forest Management in the Zagros. J. Natur. Ecosyst. Iran. 2: 2. 1-10. (In Persian)
11. Kalantari, H., Fallah, A., and Hojjati, M. 2016. Functional Ecology Effect Aspect Geographic on the Cypress (*Cupresuss sempervirens* L. var horizontalis) Growth in the Abbas Abad Behshahr Planting Stand. J. Environ. Sci. Technol. 18: 4. 165-177. (In Persian)
12. Kandari, A., Kasim, S., Limi, M., and Karim, J. 2015. Land Suitability Evaluation for Plantation Forest Development Based on Multi- Criteria Approach. Agriculture, Forestry and Fisherise. 4: 5. 228-238.
13. Mohammadi, Z., and Mohammadi Limaei, S. 2018. Multiple criteria decision making approaches for forest sustainability (Case study: Iranian caspian forests). Forestry Research and Engineering: Inter. J. 2: 2. 114-120.
14. Moradzadeh, F., Babaee Kafaki, S., and Mataj, A. 2011. Assessment of ecological potential of forest surface development using GIS; a Case study: Dadabad Region in Lorestan Province. J. Renewable Natur. Resour. Res. 4: 11-23. (In Persian)
15. Nazm Far, H., Mousavi, N., Aftab, A., and Eshghi, A. 2016. Evaluation of ecological power of Urumieh city and urban development using ANP and GIS. Geographical and Urban-Regional Design. 21: 47-62. (In Persian)
16. Niknejad, M., Mahdavi, A., and Karami, O. 2015. Determination of areas susceptible to development or kotorism using a network analysis (ANP) processn a case study: Khorramabad city. Geography Magazine and Urban-Regional Design. 14: 195-214. (In Persian)
17. Rahimi, V., Pourchabaz, H., Eghdar, H., and Mohammadari, F. 2015. Comparison of fuzzy AHP models with general and ANP in assessing forestry power; a case study: Behbahan beyond. Appl. Ecol. J. 13: 15-30. (In Persian)

18. Rahimizadeh, N., Babaee Kafaki, S., and Mataj, A. 2011. Determination of suitable species for afforestation on the ecosystems of southern Alborz Range using GIS; a case study: Darakeh-Velenjk Shemiran. Quar. J. Natur. Resour. Sci. Technol. 1: 43-56. (In Persian)
19. Saeedi, H., and Najafi, A. 2010. Application of network analysis process (ANP) in determining priority of livestock exit from forest and organizing foresters; a case study: Babakouh series, Dugilan Watershed. For. J. Iran. 2: 4. 309-321. (In Persian)
20. Sagheb-Talebi, Kh., Dastmalchi, M., and Gheisy, S. 1996. Results of Elimination Trials with Tree Species in the Semi-Arid Zone of Iran (west-Azarbaidjan), XI World Forestry Congress. Antalya, Turkey, pp. 13-22.
21. Shamseh, M. 2010. Assess ecological capability for forestry development using information system Geographical Information System (GIS) in Qa'al Gol water catchment area and Khorramabad city. MSc master's degree in forestry, Faculty of Natural Resources. University of Guilan, 76p. (In Persian)
22. Vacik, H., Wolfslehner, B., Seidl, R., and Lexer, M.J. 2006. Integrating the DPSIR - Approach and the analytic network process for the assessment of forest management strategies. Article *in* USDA Forest Service- General Technical Report PNW. Pp: 393-411.
23. Wolfslehner, B., Harald Vacik, H., and Lexer, M.J. 2005. Application of the analytic network process in multi-criteriaanalysis of sustainable forest management. Forest Ecology and Management. 207: 157-170.
24. Yamani, M., Yousefi, F., Moradi, A., Abassi, M., and Barzegar, M. 2016. Enterprise zoning using ANP and AHP for tourism development; A Case study: Oshnavieh County. Scientific - Research Quarterly of Geographical Data. 26: 102. (In Persian)
25. Yuksel, İ., and Dagˇdeviren, M. 2007. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis-A Case study for a textile firm. Information Sciences. 2: 47-62.
26. Zabihollahhi, S., and Mahdavi, A. 2014. An analysis of network analysis (ANP) and its application to sustainable forest management (SFM), Second National Conference on Environmental Hazards in Zagros, Tehran, Zagros Environmental Engineering Society of Lorestan. 6p. (In Persian)
27. Zamani, S., Pire Bavaghar, M., Shabanian, N., and Ghazanfari, H. 2014. Suitability analysis for plantation development (Case study: Sanandaj). Iran. J. For. Pop. Res. 22: 1. 1-12. (In Persian)
28. Zare, R., Babaei Khafaki, S., and Metaji, A. 2011. Assessing planting ability to determine the appropriate species. Forestry on the southern slopes of Alborz with the use of (GIS); A Case study: Valley of Wadi watershed. J. Renewable Natur. Resour. Res. 1: 55-67. (In Persian)
29. Zarinibahador, M., Nabiollahi, K., and Norouzi, M. 2015. Influence of different slope aspects on some soil properties and forest soils evolution (Case study: Rostam Abad region, Guilan Province). J. Water Soil. 29: 3. 648-662. (In Persian)
30. Zebardast, E. 2009. Applying the analytical network process (ANP) to urban and regional planning. Art. 7.9. Beautiful Architecture and Urbanism. 41: 79-90. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 26 (1), 2019
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.14718.1734

Ecological potential assessment for forest plantation using ANP method (Case study: Arangeh Watershed, Alborz Province)

***F. Rashidi[1] and Sh. Sharifian[2]**
[1]Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran,
[2]M.Sc. Graduate of Environment - Land Evaluation and Preparation, University of Payam Noor (PNU), Easern Tehran Branch, Iran
Received: 02.07.2018; Accepted: 06.07.2019

Abstract
Background and Objectives: Regarding to the destruction process of natural forests, increasing human population and increasing demand for ecosystem services, the forest development and the forestry will be unavoidable. Forestry projects have grown in recent years due to environmental and socioeconomic importance and have been raised as a developmental activity and development internationally. Therefore, before any implementation of the forestry project, it should be possible to locate the susceptible areas and evaluate the ecological capability of the area. In recent years, using of multi-criteria evaluation methods has been expanded and hierarchical and network analysis have been more widely considered. The network analysis process, while maintaining all the capabilities of AHP, can address its serious constraints, including not considering the interdependencies between decision elements and assuming that the relationship between decision elements is hierarchical and one-sided, and the appropriate framework for analyzing various issues. Therefore, ANP is a suitable method for discussing multi-criteria decision-making. This research was conducted for evaluation of ecological ability of Arangeh drainage basin located in Alborz province. ANP and geographical information system have been used in order to evaluate the forestation ability in the area.

Materials and Methods: According to previous studies and experts opinion, the indexes that were suitable for the area's condition, were specified and after establishing of network, the questionnaires were distributed among experts and they compared the clusters and effective factors in forestry in a pair and scored by help of comparison and evaluation of the effective options in evaluating the power of forestry, it is done through questionnaire and the final weight of options calculated by the super matrix limit it was determined through Super Decision software. Nine sub-criteria related to these clusters have been provided that includes slope, elevation, aspect, soil texture, erosion, temperature, rainfall, cover and types of vegetation in the environment of the geographical information systems with a certain clarification. Comparison and evaluation of effective options in evaluation of ecological ability for forestation by questionnaire and the final weight of options by calculating limited supermatrix is fulfilled in every questionnaire. The map of criteria has been standardized in the fuzzy range of 0-255 by using IDRISI software, then the options are converted to information layers and the weight-carrying layers of indexes in the geographical information systems of area are assimilated by WLC technic.

*Corresponding author: rashidi@rifr-ac.ir

Results: The final plans of forestry ability of the area are obtained in four classes. The results of evaluation indicate that 4.6 percent has high proportion, 13.9 percent has average proportion; 19.2 percent has low and 962.1 percent have a very low proportion for forest development. Results of this study indicate that the elevation criteria has the highest and erosion criteria has the least impact to determine the appropriate areas for forestry in the studied areas.

Conclusion: Although considering the acquired results in this study and according to potential map of the region, forestry in Arangeh watershed is possible and the forest development has a proper to mediocre potential in 18.5 percent of the total area. The western parts of the center are in the region of Arenghe as a priority for forestry, and it's advisable to check other uses for parts of the area that show inappropriate and highly inappropriate potential.

Keywords: Forestation, Geographic information system, Multiple criteria decision making, Weighted linear combination