Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران
جلد ۱۷ شماره ۱، صفحه ۳۹-۲۶، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfrpr.2019.124649.1365
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0859.1398.17.26.33.1.1575.32

ارزیابی قابلیت جنگل‌داری اراضی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

وحید راهداری[۱*]، علیرضا سفیانیان[۲]، سعید پورمنافی [۳] و سعیده ملکی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه اکوسیستم‌های طبیعی، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل،زابل، ایران

پست الکترونیک: V.rahdary@gmail.com

۲- دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۱۴

چکیده

زیرحوزه آبخیز پلاسجان در غرب حوزه آبخیز گاوخونی بین استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری واقع شده و دارای پهنه‌های جنگلی است. اکوسیستم جنگلی، دارای کارکردهای متنوعی مانند کنترل رواناب‌ها، گردشگری و تأمین زیستگاه حیات‌وحش است. بنابراین تعیین قابلیت اراضی برای حفاظت، احیاء و توسعه جنگل از طریق مدل‌سازی قابلیت جنگل‌داری سطح زمین ضروریست. برای دستیابی به این هدف و کاهش مقدار عدم قطعیت در تهیه مدل، از روش ترکیبی ارزیابی چند معیاره و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد. معیارها براساس نظر کارشناسان و مرور منابع، تعیین وزن‌های آنها به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مشخص و معیارها و زیرمعیارها به‌صورت فازی و محدودیت‌ها به روش بولین استاندارد شد. بلایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل ترکیب خطی وزن‌دار با یکدیگر ترکیب و با اعمال طبقه‌بندی دوباره بر روی مدل تهیه شده، نقشه قابلیت جنگل‌داری اراضی تهیه شد. بررسی نقشه‌های تولید شده نشان داد مناطق با قابلیت خیلی زیاد برای فعالیت‌های جنگل‌داری، ۹/۶ درصد کل منطقه و منطبق با پراکنش فعلی جنگل‌ها بوده که به‌دلیل مناسب بودن معیارهای ارزیابی، بیشتر در نواحی جنوب‌غربی قرار گرفته‌اند. نتایج این مقاله نشان داد، با وجود اینکه در این مطالعه از روش ترکیب خطی وزن‌دار با حداکثر جبران استفاده شد، اما به‌دلیل محدودیت نسبی موجود در بعضی از معیارها مانند بالا بودن مقدار آهک خاک، شیب و ارتفاع زیاد و کم بودن دما در برخی از نواحی، ۷۷ درصد کل منطقه دارای قابلیت متوسط و کمتر برای فعالیت‌های جنگل‌داری است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی قابلیت اراضی، استانداردسازی، وزن‌دهی، عدم قطعیت، زیرحوزه آبخیز پلاسجان.

مقدمه

جنگل یک اکوسیستم با ارزش و با کارکردهای متنوع، مانند حفاظت از آب، خاک، حیات‌وحش و اقتصادی بوده که از مهمترین اکوسیستم‌های هر کشور است (Mirzavand *et al.*, 2015). Modeste و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه‌ای برای بررسی تأثیر کاربری و پوشش اراضی بر روی فرسایش خاک انجام دادند و جنگل‌ها را یکی از مهمترین پوشش‌ها و مؤثر در کنترل فرسایش خاک و منابع آب بیان کرده‌اند. سطح جنگل‌های ایران محدود است و همین سطح کم نیز بر اثر برداشت‌های بی‌رویه در حال کاهش است، بنابراین باید با انجام طرح‌های جنگل‌داری، مدیریتی مناسب و درخور برای حفاظت از باقیمانده جنگل‌ها، احیای جنگل‌های تخریب‌شده و توسعه اراضی جنگلی اعمال شود (Ananda & Herath, 2009; Zamani *et al.*, 2014; Karami *et al.*, 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

منظور از فعالیت‌های جنگل‌داری، مجموعه‌ای از اقدامات است که با دخالت انسان و با استفاده از توانایی‌های ذاتی سرزمین، باعث حفاظت، احیا و توسعه جنگل‌ها می‌شود (Ananda & Herath, 2009). برای انجام مدیریت مؤثر و جلوگیری از هدررفت منابع طبیعی و مالی ناشی از اقدامات بدون پشتوانه علمی، شناسایی مناطق با قابلیت برای انجام فعالیت‌های جنگل‌داری ضروریست (Phoa & Minowa, 2005; Ananda & Herath, 2009; Rahimi *et al.*, 2015). استفاده از روش‌های علمی و ارزیابی قابلیت سرزمین، باعث می‌شود تا با شناسایی نواحی با قابلیت برای انجام فعالیت‌های جنگل‌داری، از هدررفت منابع جلوگیری شود.

در فرایند ارزیابی توان سرزمین برای یک کاربری، عوامل مختلفی نقش دارند. با توجه به پیچیدگی‌های ذاتی موجود در طبیعت، برای رسیدن به یک ارزیابی صحیح از قابلیت‌های سرزمین، لازم است تا از معیارهای مختلف در ارتباط با موضوع ارزیابی استفاده شود (Mosadeghi *et al.*, 2015). برای شناسایی معیارهای مناسب در یک مطالعه، با توجه به عوامل تأثیرگذار بر روی موضوع، معیارهای درخور تعیین می‌شود. جنگل‌ها دارای تأثیرات زیادی در پایداری و حفاظت از منابع محیط‌زیستی در حوزه آبخیز هستند، بنابراین برای استقرار پایدار و با حداکثر تأثیرات مثبت جنگل، معیارهای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری باید به‌صورت جامع مورد توجه قرار گیرند. روش‌های ارزیابی چند معیاره MCE (Multi Criteria Evaluation) با در نظر گرفتن معیارهای مختلف و استفاده از قابلیت‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای ترکیب داده‌های مکانی، یکی از روش‌های پرکاربرد و دقیق در مطالعات ارزیابی است (Drobne & Lisec, 2009; Hamzeh *et al.*, 2014).

معیارهای مورد استفاده در یک فرایند ارزیابی، دارای واحدها و مقیاس‌های عددی متفاوتی هستند، ازاین‌رو ترکیب آنها بدون استانداردسازی همه معیارها غیرممکن است. روش فازی یکی از روش‌های پرکاربرد در استانداردسازی فاکتورها، به‌ویژه در مطالعات منابع طبیعی که با عدم قطعیت روبرو هستند، است (Mosadeghi *et al.*, 2015). برای استانداردسازی فاکتورها، به روش فازی، تعیین حدود و توابع فازی (S شکل کاهنده یا افزاینده، J شکل کاهنده یا افزاینده، ذوزنقه‌ای و تعریف شده توسط کاربر) ضروری است که با توجه به نقش هر فاکتور در ارزیابی و براساس مرور منابع و نظر کارشناسان و خبرگان تعیین می‌شوند (Chan & Kumar, 2007; Hamzeh *et al.*, 2014). Kahraman و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه خود، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن‌های معیارها استفاده و بیان کردند که این روش با فراهم کردن امکان مقایسه همزمان دو معیار با یکدیگر، توسط کارشناسان، درک ذهنی بهتری برای آنها با توجه به موضوع مطالعه فراهم می‌کند.

در فرایند ارزیابی چندمعیاره، معیارها دارای اهمیت متفاوت هستند، اهمیت هریک از معیارها با محاسبه وزن آنها در مدل ارزیابی مشخص می‌شود (Bunruamkaew & Murayama, 2011; Rahdari *et al.*, 2017). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP (Analytic Hierarchy Process) یک روش کاربردی در تعیین وزن معیارها و اهداف است که امکان به‌کارگیری آرا و نظرات کارشناسان و خبرگان را فراهم کرده و در آن معیارها به‌صورت زوجی، توسط کارشناسان و خبرگان با اعداد حقیقی بین ۱ تا ۹ مقایسه می‌شوند (Drobne & Lisec, 2009; Sener *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2013; Rahdari *et al.*, 2017).

در روش AHP، عدم قطعیت وزن‌های محاسبه شده در مرحله مقایسه زوجی، اهمیت معیارها و گزینه‌های مطالعه توسط کارشناسان مورد توجه قرار نمی‌گیرد، زیرا فرض بر این است که اهمیت نسبی معیارهای مؤثر در کارایی گزینه‌ها قطعی است. این در حالی است که در فرایند تصمیم‌سازی، اولویت و انتخاب تصمیم‌سازان غیرعینی بوده و روابط غیرقطعی و غیردقیقی را میان معیارها و گزینه‌ها شکل می‌دهد و در نهایت بر نتایج ارزیابی تأثیر می‌گذارد (Chan & Kumar, 2007; Bunruamkaew & Murayama, 2011). البته استفاده از مفهوم فازی در AHP و ایجاد روش ترکیبی Fuzzy-AHP برای تطابق بیشتر با واقعیت و کاهش عدم قطعیت راه حل مناسبی است (Mikhailov, 2003; Ertuğru & Karakaşoğlu, 2008;

www.SID.ir

Archive of SID

(Chia, 2010; Hamzeh *et al.*, 2014).

در روش Fuzzy-AHP کاهش مقدار عدم قطعیت از تبدیل مقایسات با اعداد حقیقی به اعداد فازی مثلثی و بعد فازی‌زدایی انجام می‌شود. اعداد فازی مثلثی، گروه ویژه‌ای از اعداد فازی هستند که با استفاده از ۳ عدد حقیقی به‌صورت (l, m, u) نشان داده می‌شوند (Wu *et al.*, 2004; Mosadeghi *et al.*, 2015; Rahdari *et al.*, 2017).

برای تهیه مدل ارزیابی، معیارها و محدودیت‌ها باید روی‌هم‌اندازی شوند و روش‌های مختلفی برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در فرایند ارزیابی وجود دارد. یکی از این روش‌ها، مدل ترکیب خطی وزن‌دار WLC (Weighted Linear Combination) است که در فرایند ارزیابی بیشترین مقدار جبران را دارد. مقدار جبران مربوط به توانایی یک معیار در پوشاندن نقاط ضعف معیارهای دیگر است که در این مورد، معیارهای با وزن بیشتر، دارای قدرت جبران بیشتری هستند. این روش ضمن فراهم کردن امکان تلفیق همزمان معیارها و محدودیت‌ها، وزن‌های محاسبه شده را برای معیارها وارد مدل ارزیابی می‌کند (Morshedi & Koravand, 2014; Rahdari *et al.*, 2017).

Zamani و همکاران (۲۰۱۴) برای ارزیابی توسعه جنگل‌ها در منطقه سنندج، معیارهای مطالعه را با بررسی منابع و تحقیقات انجام شده و پایش نظرات کارشناسان و خبرگان تعیین و وزن آنها را به روش تحلیل سلسله‌مراتبی مشخص کردند. سپس با استفاده از روش روی‌هم‌گذاری ساده وزن‌دار، نقشه قابلیت جنگل‌داری را در ۵ طبقه تهیه نمودند.

Mosadeghi و همکاران (۲۰۱۵) تلفیق روش AHP به‌عنوان یک روش پرکاربرد معمول در مطالعات با روش Fuzzy و استفاده از توابع مثلثی فازی، این امکان را فراهم می‌کند تا با فازی کردن مقایسات، از میزان عدم قطعیت موجود در محاسبه وزن‌های معیارها کاست.

زیرحوزه آبخیز پلاسجان، یکی از مهمترین منابع تأمین آب حوضه آبریز گاوخونی و رودخانه زاینده‌رود است. با توجه به نقش جنگل‌ها در نفوذ آب باران و افزایش میزان آب‌های زیرزمینی، استقرار جنگل‌های طبیعی در منطقه پلاسجان و انجام طرح‌های جنگل‌کاری، مشخص نمودن مناطق مناسب برای این فعالیت‌ها، برای جلوگیری از هدررفت منابع طبیعی و مالی ضروریست. در این مطالعه با توجه به اقلیم و خاک مناسب در زیرحوزه آبخیز پلاسجان برای استقرار جنگل، می‌توان چنین فرض کرد که این منطقه دارای نواحی وسیع با توان بالا برای کاربری جنگل‌داری می‌باشد. هدف اصلی، تعیین قابلیت نواحی مختلف زیرحوزه آبخیز پلاسجان برای فعالیت‌های جنگل‌داری به‌عنوان یک کاربری سازگار با کارکرد اصلی زیرحوزه آبخیز پلاسجان در تأمین آب کل حوزه آبخیز گاوخونی از طریق ارزیابی چند معیاره با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره WLC و ترکیب آن با روش فازی است. اهداف فرعی این تحقیق، شناسایی معیارهای مؤثر در ارزیابی قابلیت جنگل‌داری و بررسی اهمیت آنها از طریق تعیین وزن‌ها با مقدار عدم قطعیت کم است. با توجه به پیچیدگی‌های طبیعت، در این تحقیق سعی شد تا ضمن تعیین معیارهای موردنیاز ارزیابی قابلیت سرزمین برای اقدامات جنگل‌داری، اهمیت آنها از طریق روش تلفیقی تحلیل سلسله‌مراتبی و فازی مشخص شود.

مواد و روش‌ها

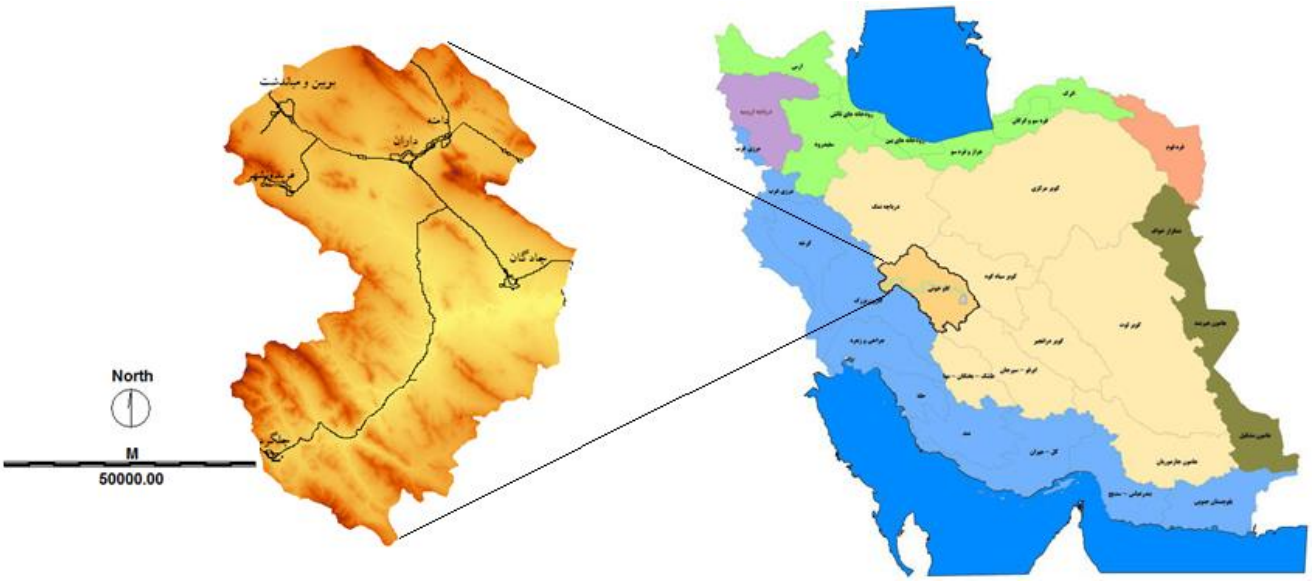
منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در زیرحوزه آبخیز پلاسجان با وسعت ۴۱۲۹۹۹ هکتار به‌صورت مشترک در غرب استان اصفهان و شمال‌شرق استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته، انجام شده است. این زیرحوزه به‌دلیل میزان زیاد بارندگی به صورت باران و برف، در مقایسه با سایر زیرحوزه‌های حوضه آبی گاوخونی بیشترین سهم را در آوردهای آبی رودخانه زاینده‌رود دارد. کمترین ارتفاع منطقه ۱۹۰۰ و بیشترین آن ۳۹۶۰ متر با اقلیمی نیمه‌سرد و مدیترانه‌ای است. میانگین بلندمدت دما، بین ۹ در منطقه کوهرنگ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد در مناطق شرقی زیرحوزه در نوسان است (Akbarzadeh *et al.*, 2006). همچنین آمار بارندگی به‌طور متوسط از بیش از ۳۲۴ میلی‌متر در منطقه کوهرنگ تا حدود ۱۴۰۰ میلی‌متر در شهرستان چادگان متفاوت است. جنگل‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

در این زیرحوزه، به‌ویژه در نواحی جنوبی و جنوب‌غربی آن و به‌صورت پراکنده وجود دارند که آغاز جنگل‌های مناطق زاگرس بوده و بیشتر از گونه‌های بادام کوهی، ارس، افرا، کیکم، گلابی وحشی، زبان‌گنجشک و بلوط هستند (Rahdari *et al.*, 2017). شکل ۱ نقشه زیرحوزه‌های زاینده‌رود و منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده مطالعه در غرب حوضه گاوخونی (زاینده‌رود) (Rahdari *et al.*, 2017)

داده‌های مورد استفاده

برای تهیه نقشه قابلیت کاربری جنگل‌داری اراضی با استفاده از نظرات کارشناسان جنگل‌داری و مرور منابع و مطالعات مشابه (Rahimi *et al.*, 2015; Karami *et al.*, 2015)، معیارها و زیرمعیارهای مورد نیاز تعیین شد. نقشه آنها از آرشیو داده‌های موجود از منطقه مطالعه در دانشگاه صنعتی اصفهان (Akbari *et al.*, 2015) تهیه گردید. در این تحقیق برای تهیه نقشه معیارهای مربوط به کاربری و پوشش اراضی مؤثر بر قابلیت جنگل‌داری مانند اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، اراضی زیر آب، اراضی با پوشش برف و مناطق جنگلی، از داده‌های سنجنده OLI و ماهواره لندست ۸ استفاده شد. برای تهیه نقشه دقیق از وضعیت پوشش گیاهی منطقه (مرتع، جنگل و اراضی کشاورزی)، با در نظر گرفتن فنولوژی درختان و گیاهان مرتعی و کشاورزی، تصاویر ماهواره‌ای برای ۱۵ خرداد سال ۱۳۹۵ در ستون‌های ۱۶۵ و ۱۶۴ و سطر ۳۷ انتخاب شدند. همچنین از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سال ۱۳۹۳ استفاده شد.

نمونه‌برداری میدانی از کاربری و پوشش اراضی سطح زمین

برای تهیه نقشه به‌روز و دقیق کاربری و پوشش اراضی و ایجاد حداکثر ارتباط بین داده‌های ماهواره‌ای و نتایج مطالعات میدانی، براساس تقویم زمانی گذر ماهواره لندست ۸ که در سایت USGS به آن اشاره شده است، بازدید از منطقه در محدوده زمانی گذر ماهواره و در خرداد که گیاهان دارای حداکثر تاج پوشش هستند، انجام شد. در بازدیدهای میدانی، محل و خصوصیات نقاط نمونه‌برداری از کاربری و پوشش‌های اراضی با استفاده از GPS ثبت و درمجموع ۲۸۵ محل برابر ۴ درصد سطح منطقه نمونه‌برداری شد. با توجه به قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر سنجنده OLI سعی شد تا نمونه‌برداری در مناطق همگن که کمترین تأثیر پیکسل‌های حاشیه‌ای بر محل نمونه‌برداری وجود داشته باشد، انجام شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- فاکتورها و توابع فازی مورد استفاده برای استانداردسازی، در ارزیابی قابلیت جنگل‌داری

(Ananda & Herath, 2009; Phoa & Minowa, 2005; Zamani *et al.*, 2014; Aminuddin *et al.*, 2015; Rahimi *et al.*, 2015; Akbari *et al.*, 2015)

ردیف	معیار	تابع فازی	حدود توابع فازی			
			a	b	c	d
۱	میانگین بارندگی	شکل S افزاینده	۳۰۰ میلی‌متر ۰/۱	۱۴۰۰ میلی‌متر و بیشتر ۱	-	-
۲	میانگین دما	شکل S افزاینده	۸ درجه سانتی‌گراد ۰/۲	۱۴ درجه سانتی‌گراد ۱	-	-
۳	فاصله از مناطق جنگلی	شکل S افزاینده	-	-	۰ ۱	۲۰۰۰ ۰/۱
۴	فاصله از چشمه‌ها	شکل S افزاینده	-	-	۰ ۱	۵۰۰ ۰
۵	عمق آب زیرزمینی	شکل S افزاینده		۵ متر ۱	۲۰ متر ۰/۱	
۶	ارتفاع	شکل S افزاینده	-	-	<۱۹۰۰ ۱	۳۰۰۰ ۰
۷	درصد شیب	تعریف شده توسط کاربر	<۲۵ ۱	۳۵ ۰/۷	۴۵ ۰/۴	>۷۵ ۰
۸	جهت	تعریف شده توسط کاربر	شمالی ۱	غربی ۰/۷	شرقی ۰/۴	جنوبی ۰/۱
۹	عمق خاک	تعریف شده توسط کاربر	۱۲۰ سانتی‌متر < ۱	۸۰ سانتی‌متر ۰/۷	۵۰ سانتی‌متر ۰/۴	۲۵ سانتی‌متر> ۰
۱۰	آهک خاک	تعریف شده توسط کاربر	<۱۵ ۱	۲۵ ۰/۷	۳۵ ۰/۵	>۳۵ ۰/۱
۱۱	بافت خاک	تعریف شده توسط کاربر	لومی‌تا رسی- لومی ۱	لومی ۰/۷	لومی‌رسی شنی، لومی- شنی ۰/۴	لومی- شنی، شنی- لومی، لیتوسول ۰/۱

www.SID.ir

Archive of SID

ردیف	معیار	تابع فازی	حدود توابع فازی			
			a	b	c	d
۱۲	فرسایش	تعریف شده توسط کاربر	خیلی کم تا کم ۱	متوسط ۰/۷	زیاد ۰/۴	خیلی زیاد ۰/۱
۱۳	زهکشی خاک	تعریف شده توسط کاربر	مناسب ۱	نسبتاً مناسب ۰/۷	نسبتاً ضعیف ۰/۴	ضعیف ۰/۱
۱۴	سنگ بستر	تعریف شده توسط کاربر	سنگ آهک یا رس ۱	سنگ‌های آبرفتی و سنگهای آذرین بیرونی ۰/۷	سنگ گرانیت یا شیست ۰/۴	ماسه سنگ یا لس ۰/۱
۱۵	فاصله از روستاها	شکل Sافزاینده	۵۰۰ ۰	۳۵۰۰ ۱	–	–

جدول ۲- محدودیت‌های کاربری جنگل‌داری در زیرحوضه پلاسجان بر اساس فاصله بر حسب متر (**Zamani *et al.*, 2014; Aminuddin *et al.*, 2015; Akbari *et al.*, 2015; Rahimi *et al.*, 2015**)

اراضی کشاورزی آبی	ارتفاع	روستا	معادن	شهرها	جاده‌های اصلی	دریاچه و مسیر رودخانه	محدودیت
–	۳۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰	–	حدود (متر)

استانداردسازی داده‌ها

برای هم‌مقیاس و استاندارد کردن معیارهای مورد استفاده، ارزش‌های تمامی آنها در نرم‌افزار Idrisi-Tiga به روش فازی بین صفر تا ۱ تبدیل و با مرور منابع و نظر کارشناسان، نوع تابع فازی و حدود موردنظر برای آنها تعیین و به‌صورت فازی تبدیل شدند (جدول ۱).

محدودیت‌های مدل جنگل‌داری براساس مرور منابع تعیین و به‌روش بولین استاندارد شدند (جدول ۲).

تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، با انجام مطالعات میدانی نمونه‌های تعلیمی از هر کاربری در منطقه تهیه شد. پیش‌پردازش‌های لازم مانند تصحیح اتمسفریک و رادیومتریک بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. با استفاده از نمونه‌های تعلیمی تهیه شده برای هر کاربری، طبقه‌بندی نظارت شده به روش Fisher بر روی تصاویر انجام و نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه تهیه شد. دقت نقشه تهیه شده با محاسبه ضریب کاپا و صحت کلی مورد ارزیابی قرار گرفت.

محاسبه وزن‌های لایه‌ها و ترکیب لایه‌ها

برای محاسبه وزن لایه‌ها به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، از نتایج مقایسات زوجی انجام شده توسط ۱۸ نفر از کارشناسان و خبرگان با تخصص جنگل‌داری، مرتع‌داری و محیط‌زیست استفاده شد. برای این منظور، در قالب پرسشنامه خصوصیات منطقه و هدف مطالعه توضیح داده شد. سپس معیارها و همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

زیرمعیارها که فهرست آنها براساس نظر کارشناسان و مرور منابع تهیه شده بود، به صورت دو به دو بوسیله اعداد حقیقی با یکدیگر مقایسه و نتایج آن به اعداد فازی مثلثی تبدیل گردید. جدول ۳ اعداد مورد استفاده در مقایسات زوجی را نشان می‌دهد.

جدول ۴ نحوه تبدیل مقایسات زوجی به اعداد فازی را نشان می‌دهد. در اینجا l، کمترین مقدار عدد، m، عدد میانی و u، بیشترین عدد ممکن می‌باشد (Wu *et al.*, 2004).

جدول ۳- مقادیر کمی قضاوت‌های مدل AHP (Mosadeghi *et al.*, 2015)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
با اهمیت مطلق	۹
با اهمیت زیاد	۷
تا حدودی مهم	۵
تا حدودی کم اهمیت	۳
برابر	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

جدول ۴- نحوه تبدیل اعداد حقیقی به توابع فازی مثلثی (Chia, 2010)

اعداد مقایسات زوجی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
اعداد فازی مثلثی (l, m, u)	۱، ۱، ۱	۱، ۲، ۳	۲، ۳، ۴	۳، ۴، ۵	۴، ۵، ۶	۵، ۶، ۷	۶، ۷، ۸	۷، ۸، ۹	۸، ۹، ۱۰

برای ارزیابی دقت تکمیل پرسشنامه‌ها، ضریب ناسازگاری پرسشنامه‌ها توسط نرم‌افزار محاسبه و در صورتی‌که مقدار آن کمتر از ۰/۱ باشد، نشان‌دهنده قضاوت‌های سازگار و قابل‌قبول بود، درغیراین‌صورت ضمن توضیح دوباره به مصاحبه‌شونده، درخواست شد تا در مقایسات خود تجدیدنظر کند. رابطه ۱ نحوه محاسبه ضریب ناسازگاری را نشان می‌دهد.

رابطه ۱، نحوه محاسبه ضریب ناسازگاری

$$CR=\frac{CI}{IR}$$ (Bunruamkaew & Murayama, 2011)

CR = میزان سازگاری یا پایندگی، CI = اندکس استحکام، RI = اندکس میانگین

وزن نهایی فاکتورها در نرم‌افزار فرایند تحلیل سلسل‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP solver) محاسبه شد. با اعمال وزن‌های محاسبه شده زیرمعیارها و معیارها به همراه محدودیت‌ها به روش ترکیب خطی وزن‌دار و براساس رابطه ۲، با یکدیگر ترکیب و مدل نهایی قابلیت اراضی برای کاربری جنگل‌داری تهیه شد.

رابطه ۲، نحوه ترکیب معیارها در روش WLC

$$S=\sum i=1\ to\ n\ W_iX_i\prod C_i$$

(Mokaram & Hojati, 2017)

S= مطلوبیت، W_i = وزن هر یک از لایه ها، i=X_i ارزش فازی عامل، $\prod$= علامت ضرب، C_i = لایه محدودیت

طبقه‌بندی مدل قابلیت جنگل‌داری اراضی

برای تهیه نقشه طبقه‌بندی شده قابلیت اراضی برای کاربری جنگل‌داری، مدل قابلیت جنگل‌داری اراضی تهیه شده در مرحله قبل، بر اساس جدول ۵ طبقه‌بندی شد.

www.SID.ir

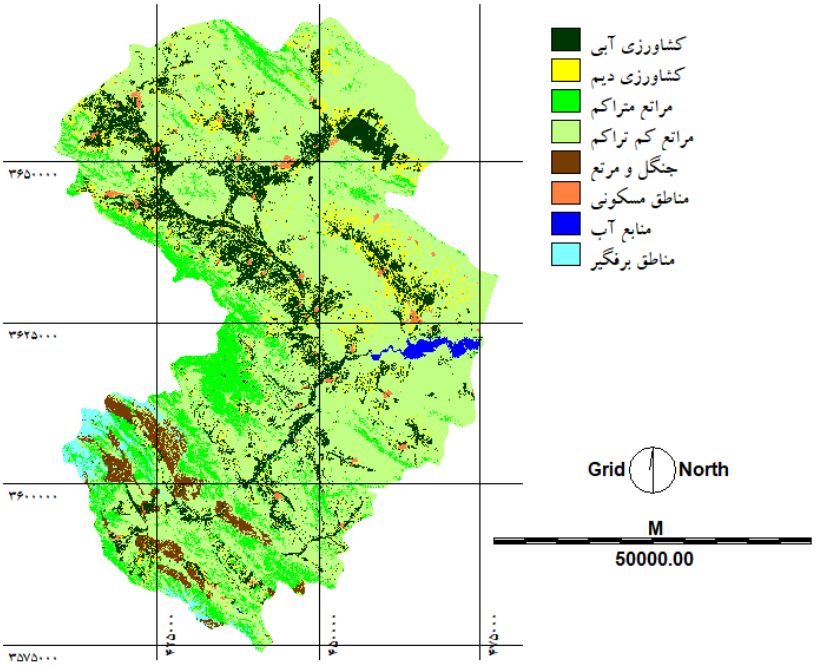
Archive of SID

جدول ۵- حدود مناسب برای هر طبقه قابلیت اراضی (Akbari *et al.*, 2015)

نام هر طبقه قابلیت اراضی	دامنه اعداد
بدون قابلیت	صفر
با قابلیت خیلی کم	صفر تا ۰/۲
با قابلیت کم	۰/۲ تا ۰/۴
با قابلیت متوسط	۰/۴ تا ۰/۶
با قابلیت زیاد	۰/۶ تا ۰/۸
با قابلیت خیلی زیاد	۰/۸ تا ۱

نتایج

برای تهیه جدیدترین نقشه از منابع سطح زمین که بر روی قابلیت جنگل‌داری تأثیرگذار هستند، نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مطالعه تهیه شد. شکل ۲، نقشه طبقات کاربری و پوشش اراضی تهیه شده با استفاده از تصویر سنجنده OLI و به‌روش طبقه‌بندی نظارت شده Fisher و جدول ۶، مساحت طبقات کاربری و پوشش را برحسب هکتار نشان می‌دهد. دقت محاسبه شده برای این نقشه بیانگر ضریب کاپای ۰/۸۲ و صحت کلی ۰/۸۵ بود.



شکل ۲- نقشه کاربری و پوشش اراضی زیرحوضه آبخیز پلاسجان در سال ۱۳۹۵

جدول ۶- مساحت طبقات کاربری و پوشش اراضی (هکتار)

طبقه	کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	مراتع متراکم	مراتع کم تراکم	جنگل و مرتع	مناطق مسکونی	منابع آب	معادن	مناطق برف‌گیر
مساحت	۵۸۰۲۹	۲۵۶۸۵	۴۸۸۴۴	۲۵۶۰۸۸	۱۱۱۰۲	۴۲۷۰	۲۶۵۴	۲۱۳	۶۱۱۴

براساس نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۹۵، ۲/۶۹ درصد از منطقه دارای مناطق جنگلی است و بیشترین پوشش اراضی مربوط به مراتع است. از میان ۱۸ پرسشنامه تکمیل شده، تنها ۳ پرسشنامه دارای ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

ناسازگاری بیش از ۰/۱ بود که توسط مصاحبه‌شوندگان دوباره اصلاح و ارائه و در نهایت تمامی پرسشنامه‌ها با ضریب ناسازگاری کمتر از ۰/۱ پذیرفته شدند. سپس وزن‌های معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها در نرم‌افزار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی محاسبه گردیدند. جدول ۷، وزن محاسبه شده برای معیارها برای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری اراضی زیرحوزه آبخیز پلاسجان به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را نشان می‌دهد.

جدول ۷- وزن معیارها و زیرمعیارهای مدل ارزیابی قابلیت جنگل‌داری به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

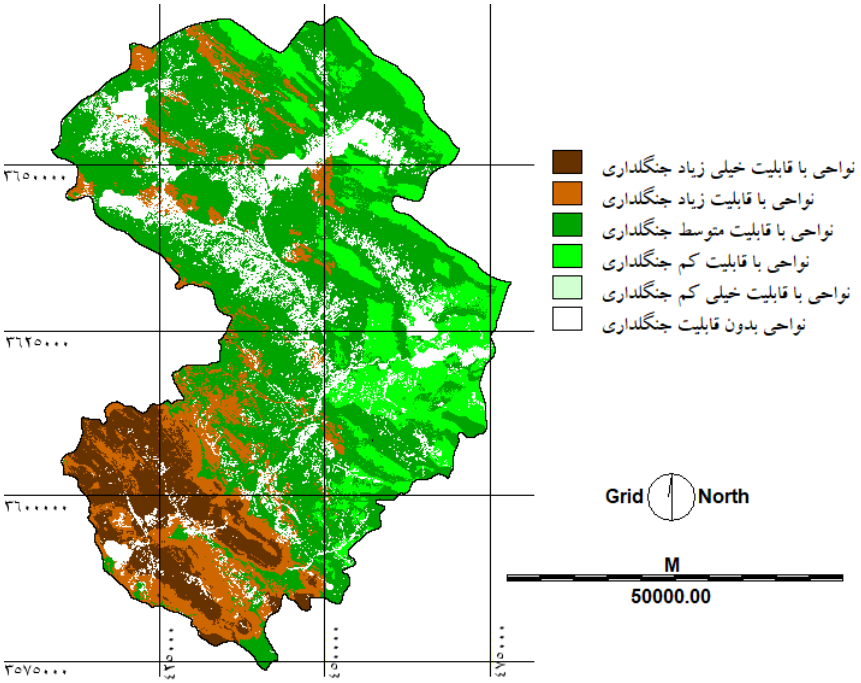
ردیف	معیار	وزن‌ها	زیر معیار	وزنها
۱	منابع آب	۰/۱۲	فاصله از آب‌های سطحی	۰/۴۳
			سطح آب زیرزمینی	۰/۵۷
			دما	۰/۲۳
۲	اقلیم	۰/۲۰	بارندگی	/۶۰
			تعداد روزهای یخبندان	۰/۱۷
			عمق	۰/۲۵
			بافت	۰/۱۹
۳	خاک	۰/۱۷	فرسایش خاک	/۱۳
			آهک	۰/۲۴
			زهکشی اراضی	۰/۱۹
۴	شکل زمین	۰/۱۳	شیب	۰/۴۳
			جهت	۰/۳۸
			ارتفاع	۰/۱۹
۵	فعلی مناطق جنگلی	۰/۲۳	–	–
۶	فاصله از روستاها	۰/۰۴	–	–
۷	سنگ بستر	۰/۱۱	–	–

پس از اعمال وزن‌های محاسبه شده برای معیارها و زیرمعیارها و اعمال محدودیت‌های تعیین شده، مدل قابلیت اراضی جنگل‌داری منطقه تهیه و طبقه‌بندی براساس جدول شماره ۵ اعمال شد. شکل ۳، نقشه طبقه‌بندی شده مدل ارزیابی WLC را برای قابلیت جنگل‌داری و جدول ۸ مساحت طبقات مختلف قابلیت در منطقه پلاسجان را نشان می‌دهد. در مدل‌های ارزیابی قابلیت جنگل‌داری، مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی آبی، ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر، معادن و منابع آبی به‌عنوان محدودیت جنگل‌داری در نظر گرفته شدند.

نتایج طبقه‌بندی مدل ارزیابی قابلیت جنگل‌داری اراضی نشان می‌دهد به‌دلیل مناسب بودن معیارهای تأثیرگذار بر قابلیت جنگل‌داری در منطقه پلاسجان، در حدود ۲۳ درصد از منطقه پلاسجان دارای قابلیت خیلی زیاد و زیاد برای کاربری جنگل‌داری است. همچنین به‌دلیل ممکن نبودن کاشت درخت در برخی نواحی، ۱۶ درصد منطقه فاقد هرگونه قابلیت برای اقدامات جنگل‌داری است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نقشه قابلیت جنگل‌داری با مدل WLC

جدول ۸- مساحت هریک از طبقات قابلیت جنگل‌داری در منطقه پلاسجان (هکتار)

طبقه قابلیت	با قابلیت خیلی زیاد	با قابلیت زیاد	با قابلیت متوسط	با قابلیت کم	با قابلیت خیلی کم	بدون قابلیت	جمع کل
مساحت (هکتار)	۳۹۵۸۹	۵۶۳۹۸	۱۸۹۹۶۲	۵۹۶۰۶	صفر	۶۷۴۴۴	۴۱۲۹۹۹

بحث

روش تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های مرسوم در ارزیابی معیارهای مورد استفاده در مطالعات ارزیابی چندمعیاره است. هرچند این روش دارای قابلیت برای ارزیابی دوبه‌دوی معیارهاست، اما در مطالعات محدودی به مبحث عدم قطعیت حاصل استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان در این روش اشاره شده است (Chan & Kumar, 2007; Ertuğru & Karakaşoğlu, 2008; Mosadeghi *et al.*, 2015). در این تحقیق با تلفیق مراحل مختلف ارزیابی مانند استانداردسازی و ارزیابی اهمیت معیارهای مورد استفاده با روش فازی، از عدم قطعیت ناشی از نظر کارشناسان و نیز عدم قطعیت ذاتی مطالعات منابع طبیعی کاسته شده است. Ananda و Herath (۲۰۰۹) نیز در مطالعه خود به ارزیابی روش‌های مورد استفاده در ارزیابی قابلیت جنگل‌داری پرداخته‌اند. آنان روش تحلیل سلسله‌مراتبی را به‌دلیل ممکن نمودن به‌کارگیری نظرات کارشناسان و ذی‌نفعان در مطالعات جنگل یک روش مرسوم و مورد اقبال و به‌دلیل ذهنی بودن قضاوت‌ها دارای عدم قطعیت بیان کرده‌اند. Mukhtar، (۲۰۱۳)، Hamzeh و همکاران (۲۰۱۴)، Mosadeghi و همکاران (۲۰۱۵) و Rahdari و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان کرده‌اند با توجه به ذهنی بودن مقایسات در روش تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به پویایی منابع طبیعی و تغییرات در مقیاس‌های مختلف، عدم قطعیت جزئی از مطالعات بوده که تلفیق آن با روش فازی از مقدار عدم قطعیت نتایج می‌کاهد.

در این مطالعه برای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری سرزمین،

www.SID.ir

Archive of SID

۷ معیار و ۱۳ زیرمعیار ارزیابی شد که به روش فازی استاندارد شدند. ازآنجایی‌که محدودیت‌ها تعیین‌کننده امکان‌پذیر بودن یا نبودن انجام فعالیت‌های جنگل‌داری بودند، استانداردسازی آنها به‌صورت صفر و ۱، با منطق بولین انجام شد. جدول ۷، مربوط به وزن‌های محاسبه شده نشان می‌دهد که حفاظت و احیای جنگل‌های موجود در منطقه و انجام طرح‌های جنگل‌داری در نواحی جنگلی موجود از اولویت بیشتری برخوردار است، به‌گونه‌ای که در بین معیارهای بررسی شده، جنگل‌های موجود در منطقه با ۰/۲۳ بیشترین وزن را برای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری به خود اختصاص داده‌اند. Karami و همکاران (۲۰۱۵) نیز معیارهایی مانند شیب، جهت و ارتفاع، ویژگی‌های پوشش گیاهی مانند موقعیت جنگل‌های فعلی و تراکم آنها، ویژگی‌های خاک شامل بافت، عمق، زهکشی و فرسایش را بررسی و اعلام کردند که کارشناسان بیشترین وزن را به مناطق جنگلی فعلی به مقدار ۰/۳۴ اختصاص داده‌اند. Rahimi و همکاران (۲۰۱۵) نیز برای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری از برخی معیارهای مورد استفاده در این تحقیق مانند زیرمعیارهای مربوط به خاک، بارندگی، دما، سنگ بستر و پوشش گیاهی استفاده کرده‌اند.

برای عملیاتی شدن اقدامات مدیریتی جنگل‌داری، معیار فاصله از روستا به‌عنوان یک معیار اقتصادی برای مدیریت جنگل‌ها توسط ذی‌نفعان بومی تعیین شده است. جدول ۶ نشان می‌دهد که ۱۱۱۰۲ هکتار از اراضی منطقه دارای پوشش جنگلی است. از سوی دیگر، جدول ۸ نشان می‌دهد که ۳۹۵۸۲ هکتار از اراضی منطقه دارای قابلیت خیلی زیاد برای کاربری جنگل‌داری است که نشان‌دهنده امکان توسعه اراضی جنگلی در این نواحی است. روی‌هم‌اندازی شکل ۲ و ۳ نشان داد که تمام نواحی جنگلی فعلی در مناطق با قابلیت خیلی زیاد جنگل‌داری قرار گرفته‌اند.

اقلیم و خاک در بیشتر مطالعات ارزیابی قابلیت جنگل‌داری وزن‌های بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند (Ananda & Herath, 2009; Zamani *et al.*, 2014; Karami *et al.*, 2015). در این مطالعه نیز اقلیم و خاک پس از معیار جنگل‌های موجود، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج به‌دست‌آمده از نقشه قابلیت جنگل‌داری منطقه نیز نشان می‌دهد، هرچند اقلیم به‌عنوان دومین معیار مهم انتخاب شده است، اما مناطق تعیین شده با قابلیت زیاد و خیلی زیاد در محدوده نواحی با بارش بیش از ۷۰۰ میلی‌متر قرار گرفته‌اند. Khodagholi و همکاران (۲۰۱۴) متغیرهای اقلیمی را از مهمترین عوامل مؤثر در گسترش جنگل‌های بلوط استان چهارمحال و بختیاری بیان کردند. آنان همچنین حد مطلوب بارندگی برای بلوط را تا ۱۰۰۰ میلی‌متر دانسته که این مقدار مطابق با مقادیر بارش در اطراف شهرستان فریدونشهر تا چلگرد است که بیشترین تراکم مناطق جنگلی بالفعل در این ناحیه وجود دارد. بررسی موقعیت مناطق با قابلیت متوسط و کمتر، بر روی نقشه آهک خاک نشان داد مناطقی که از نظر سایر معیارها در طبقه با قابلیت زیاد قرار گرفته‌اند اما فاقد پوشش جنگلی هستند، دارای مقادیر زیادی آهک در خاک سطحی هستند. بنابراین لایه خاک در جدول شماره ۷ به‌عنوان یک معیار مهم از جهات مختلف موردتوجه قرار گرفت و در رده دوم اهمیت و به‌نسبت هم‌سطح اقلیم قرار گرفته است. Mukhtar (۲۰۱۳) برای ارزیابی قابلیت اراضی برای کشت درختان زیتون، مؤلفه‌های خاک (بافت، EC خاک، عمق خاک و زهکشی خاک)، شیب، اقلیم و فرسایش را بررسی کرد. او معیار خاک را مهمترین معیار و نتایج روش F-AHP را نتایج منطبق‌تر با معیارهای مورد استفاده بیان نمود.

شکل زمین در یک منطقه، برای انجام فعالیت‌های جنگل‌داری از اهمیت بالایی برخوردار است (Karami *et al.*, 2015). در این تحقیق، مناطق با شیب بیش از ۷۵ درصد به‌دلیل غیرممکن بودن انجام فعالیت‌های مدیریتی مانند حرکت ماشین‌آلات گوناگون، محدودیت حضور در عرصه جنگلی، تأثیر برخورد اقلیم منطقه و عمق کم خاک به‌عنوان محدودیت در نظر گرفته شده و شیب بین ۲۵ تا ۷۵ درصد در تابع نزولی استاندارد شد (Zamani *et al.*, 2014). با توجه به تأثیر جهت بر روی مقدار رطوبت، جهت نیز یکی

www.SID.ir

Archive of SID

از عوامل تأثیرگذار بر مقدار رطوبت منطقه است، به‌طوری‌که جهت‌های شمالی و شرقی از اولویت بیشتری برخوردار خواهند بود. Zamani و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود جهت شمالی و شرقی را مناسب اقدامات جنگل‌داری بیان کرده‌اند. بررسی‌های میدانی نشان داد که گسترش ارتفاعی مناطق جنگلی از ارتفاع ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است. در این تحقیق، نقشه تهیه شده برای قابلیت جنگل‌داری، به‌دلیل اعمال محدودیت ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر، به‌عنوان محدودیت برای جنگل‌داری تعیین شد (Morshedi & Koravand, 2014). ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر را به‌عنوان لایه محدودیت رشد جنگل در نظر گرفته‌اند.

نتایج این تحقیق، ضمن تعیین معیارهای موردنیاز برای ارزیابی قابلیت جنگل‌داری، نشان داد که زیرحوضه آبخیز پلاسجان برای این کاربری دارای قابلیت زیادی است. ارزیابی معیارهای مورد استفاده در مطالعه نشان می‌دهد در مدل تهیه شده، سه معیار اصلی به‌ترتیب جنگل‌های موجود، اقلیم و خاک است که اهمیت حفاظت از ذخایر جنگلی فعلی و بعد برنامه‌ریزی برای توسعه جنگل‌ها را تأیید می‌کند. اهمیت لایه خاک در مدل تهیه شده به این دلیل است که حتی در شرایطی که اقلیم در وضع مطلوب باشد با بالا بودن مقدار آهک خاک، توسعه جنگل محدود می‌شود، به‌گونه‌ای که بررسی‌ها نشان داد یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در منطقه پلاسجان برای رشد درخت، مقدار زیاد آهک خاک در برخی از نواحی است. با وجود اینکه بسیاری از مناطق پلاسجان دارای قابلیت زیاد برای کاربری جنگل‌داری است، اما تصمیم‌گیری برای اختصاص این کاربری برای سرزمین، قبل از انجام ارزیابی توان برای سایر کاربری‌های ممکن در منطقه و در نظر گرفتن نتایج آمایش سرزمین و نقش منطقه در توسعه در مقیاس‌های مختلف، ممکن نیست.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر حمید قیومی‌محمدی به‌دلیل ارائه پیشنهادهای با ارزش، نهایت سپاسگزاری را داریم.

منابع مورد استفاده

- Akbari, N., Soffianian, A. and Pormanafi, S. 2015. Environment capability of Esfahan province evaluation, Isfahan university of technology, Natural resource faculty library (In Persian).
- Akbarzadeh, M., Moghadam, M.R., Jalili, A., Jafari, A. and Arzani, A. 2007. Vegetation dynamic study of Kuhrang exclosur. Iranian Journal of Range and Desert Research, 13(4): 324-336 (In Persian).
- Aminuddin, K., Safril, K., Aswar, L. and Jufri, K. 2015. Land Suitability Evaluation for Plantation Forest Development Based on Multi-Criteria Approach. Agriculture, Forestry and Fisheries, 4(5): 228-238.
- Ananda, J. and Herath, G. 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. Ecological Economics, 68: 2535–2548.
- Bunruamkaew,K. and Murayama, Y. 2011. Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP, A case study of Surat Thani province, Thailand. Procedia Social and Behavioral Sciences, 21: 269–278.
- Chan, F. and Kumar, N. 2007. Global supplier development considering risk factors using Fuzzy AHP, European journal of operational research, 95(3): 649-655.
- Chia, C. 2010. A performance evaluation model by integration Fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS method. Expert Systems with Applications, 37: 7745–7754.
- Drobne, S. and Lisec, A. 2009. Multi-attribute Decision Analysis in GIS, Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging. Informatica, 33: 459–474.
- Ertuğru, I. and Karakaşoğlu, N. 2008. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39(8): 783-795.
- Hamzeh, S., Mokarram, M. and Alavipanah, S.K. 2014. Combination of Fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley, Case Study of semi-arid lands in the southwest of Iran. Desert 19(2): 173-181 (In Persian).
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Kan, Z. 2003. Multi-criteria supply selection using Fuzzy AHP, logistics information management, 16: 382-394.
- Karami, O., Hosseini, S.M., Jalilvand, H. and Miryaghubzadeh, M. 2015. Determination of Babolrood basin capability for various land Uses using multi criteria decision making methods. Watershed Management Research, 6(11): 171-181 (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

conservation planning at a landscape scale, A case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. Landscape and Urban Planning, 71: 207-222.
- Rahimi, V., Pourkhabbaz, H.R., Aghdar, H. and Mohammadyari, F. 2015. Comparison of Fuzzy AHP Buckley and ANP Models in Forestry Capability Evaluation (Case Study, Behbahan City Fringe). Iranian journal of applied ecology, 4(13): 15-31 (In Persian).
- Rahdari, V., Soffianian, A.R., Pourmanafi, S. and Ghaiumi, M.H. 2017. Surviving of risk and tradeoff levels effects on land capability evaluation results in Fuzzy area (case study: Plasjan sub-basin). Natural environment, 70(4): 843-855.
- Sánchez-Lozano, J.M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P.L. and García-Cascales, M.S. 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations, Case study in south-eastern Spain, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 24: 544–55.
- Sener, S., Sener, E., Nas, B. and Karaguzel, R. 2010. Combining AHP with GIS for landfile site selection, a case study in the lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey). Waste management, 30: 2037-2046.
- Zamani, S., Pireh, M., Shabanian, N. and Ghazanfari, H. 2014. Suitability analysis for plantation development (Case study, Sanandaj). Forest and poplar research, 22(1):1-12 (In Persian).
- Wu, F.G., Lee, Y.J. and Lin, M.C. 2004. Using Fuzzy analytical hierarchy on optimum spatial allocation. International journal of industrial Ergonomics, 33(6): 553-569.
- Khodagholi, M. Mokhtari, E. and Montazeri, M. 2014. Studying the Acclimation of *Quercus brantii* Lindl (Case study: Chaharmahal and Bakhtiari). Iranian journal of forest, 7(4): 433-446 (In Persian).
- Mikhailove, L. 2003. Deriving Priorities from fuzzy pair wise comparison judgments. Fuzzy Sets and Systems, 134: 365-385.
- Mirzavand, M., Ghassemieh, H., Nazari, A.A., Vali, A. and Sadatinejad, S.J. 2015. Examining Meandering Pattern of River, Using the Indexes of Curvature Coefficient and Central Angle (Case Study, Babolrud and Sajjadrud Rivers). Watershed Management Research, 6(11): 161-152 (In Persian).
- Modeste, M., Abdellatif, K. and Mohamed, S. 2017. Effects of land use and cover type on the risks of runoff and water erosion: infiltration tests in the Ourika watershed (High Atlas, Morocco). Journal for Environmental Integration, 3(8): 1-12.
- Morshedi, J. and Koravand, A. 2014. Suitable lands site selection for amygdalus scoparia implant using Gis technology and AHP method in Mordghafar watershed Izae township. Journal of wetland eco-biology, 7(26): 69-86 (In Persian).
- Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R. and Mirfenderesk, H. 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.
- Mukhtar, E. 2013. A Comparison of Parametric and Fuzzy Multi-Criteria Methods for Evaluating Land Suitability for Olive in Jeffara Plain of Libya. APCBEE Procedia 5: 405-409.
- Phoa, M. H. and Minowa, M. 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest

www.SID.ir

Archive of SID

Assessment of land forestry capability using multi criteria evaluation and fuzzy analytical hierarchy process method

V. Rahdari[1*], A. Soffianian[2], S. Pormanafi [2] and S. Maleki [3]

1*- Corresponding author, Hamoun international wetland research institute, university of Zabol, Zabol, Iran
Email: V.rahdary@gmail.com
2- Environment group, natural resource faculty, Isfahan university of technology, Isfahan, Iran
3- Environment group, natural resource faculty, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: 07.01.2019 Accepted: 05.08.2019

Abstract

Plasjan sub-basin is located in the west of Gavkhoni basin between Isfahan and Chaharmahal-Bakhtiari provinces and has forest zones. Forest ecosystem has important roles such as runoff controlling, ecotourism and preparing wildlife habitat. Therefore, determination of land capability is essential for forest conservation, restoration and development through modeling of land forestry capability. To achieve this goal and to reduce the uncertainty in model preparation, a combination of multi-criteria evaluation and fuzzy analytical hierarchy process method was used. The criteria were determined according to the experts and reviewing the references, their weights were calculated using fuzzy analytical hierarchy process, the criteria and sub-criteria were standardized applying fuzzy and constraints by Boolean methods. The data layers were combined using a weighted linear combination model and a reclassification map was prepared to develop the land forestry capability model. Survey of the produced maps showed that areas with high potential for forestry activities were 9.6% of the total area and in accordance with the current distribution of forests which due to the appropriateness of evaluation criteria, were located in southwestern areas. The results of this study revealed that although the WLC method with high trade-off level was used, due to the relative limitation of some criteria such as high lime content, high slope and elevation and low temperature in some areas, 77 % of the Plasjan area is moderately and less suitable for forestry activities.

Key words: Multi criteria evaluation, Standardizing, Weighting, Forest capability, Uncertainty, Plasjan sub-basin.

www.SID.ir