

ارزیابی توان بوم‌شناختی جنگل‌داری با به‌کارگیری مدل‌های ارزیابی رایج و مدل جدید EMOLUP در شهرستان فیروزآباد

المیرا اسدی‌فرد^۱ و مسعود مسعودی^{۲*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

پست الکترونیک: masoudi@shirazu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۰

چکیده

ارزیابی توان اکولوژیکی به معنی به‌دست آوردن توان طبیعی سرزمین است که با بهره‌گیری از این فرایند، تخریب سرزمین با سرعت کمتری پیش می‌رود. ده درصد از جنگل‌های استان فارس در شهرستان فیروزآباد قرار دارد. هدف اصلی این مقاله، ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی در شهرستان فیروزآباد با استفاده از روش‌های رایج در کشور به همراه یک روش جدید در محیط نرم‌افزار GIS بود. ارزیابی کاربری جنگل‌داری از نوع حفاظتی در این پژوهش به دو صورت انجام شد، ابتدا یکبار دامنه ارزش‌گذاری (کمی) معیار توپوگرافی اصلی مدل تغییر پیدا کرد و بار بعد نیز در فرایند ارزیابی معیار توپوگرافی حذف و وارد مدل نشد. در جنگل‌داری تجاری معیار توپوگرافی همانند طبقه‌بندی اولیه لحاظ شد. برای ارزیابی توان برای کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی، از روش‌های مخدوم، حداکثر محدودیت، میانگین حسابی، EMOLUP و کالیبره آن و میانگین حسابی وزنی ساده و میانگین حسابی وزنی توأم با در نظر گرفتن عامل محدودیت‌زا و کالیبره آن استفاده شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل ارزیابی برای هر دو حالت جنگل‌داری، مدل میانگین هندسی و کالیبره آن در شهرستان فیروزآباد است. در فرایند سنجش دقت مدل‌های ارزیابی با تغییر دامنه معیار توپوگرافی و بار دوم به بعد با حذف معیار توپوگرافی، دقت برای بیشتر مدل‌ها بالا رفت. با مقایسه هر سه حالت کاربری جنگل‌داری، جنگل‌داری حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی در منطقه از خود قابلیت بهتری را نشان داد که بیانگر قابلیت حفاظتی جنگل‌ها در فیروزآباد است. در نهایت برای ارزیابی اکولوژیکی جنگل‌داری در شهرستان فیروزآباد روش EMOLUP با بهره‌گیری از مدل جنگل‌داری حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مدل مخدوم، مدل EMOLUP، میانگین حسابی، حداکثر محدودیت، کالیبره.

مقدمه

جنگل‌ها دارای ارزش حیاتی مهمی هستند. اما متأسفانه بهره‌برداری بی‌رویه از درختان، سبب تخریب بخش چشمگیری از جنگل‌های کره زمین شده است. عامل بعدی نابودی جنگل‌ها، سوزاندن آنهاست که ممکن

است منشأ طبیعی و انسانی داشته باشد و باعث می‌شود سالانه بخش قابل توجهی از درختان در آتش‌سوزی نابود گردند. رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های انسان در طبیعت، کاربری‌های نامناسب و بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب، خاک و پوشش گیاهی عرصه‌های

2011). برای ارزیابی توان اکولوژیکی انتخاب و استفاده از تمامی مدل‌های فعلی اعم از مخدوم، روش‌های فازی، الگوریتم ژنتیک، یا شبکه عصبی و غیره موانع زیادی بر سر راه ارزیابان قرار دارد. از جمله اینکه هر سرزمین خصوصیات منحصر به فردی دارد، پس باید برای آمایش و ارزیابی هر سرزمین از روش‌های خاص و متناسب با شرایط همان سرزمین استفاده کرد. در واقع روند افزایش تخریب جنگل‌ها که اکثراً ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه و بدون در نظر گرفتن موقعیت سرزمین از یکسو و مشکلات مدل‌های رایج ارزیابی از سوی دیگر است، سبب نیاز اساسی کشور به یک مدل خاص و جدید و متناسب با موقعیت هر منطقه در کنار یک برنامه‌ریزی جامع شده است.

از جمله تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی توان کاربری جنگل‌داری می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: بابایی کفاکی (۱۳۸۵) ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری جنگل‌داری را بر اساس مدل‌های اکولوژیکی مخدوم و FAO در سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام داد. او برای تعیین توان اکولوژیکی از عوامل فیزیکی، زیستی، اقتصادی و اجتماعی در حوزه آبخیز شماره ۳۶ کاظم‌رود استفاده کرد. نقشه‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی ادغام شدند و لایه (نقشه) نهایی اطلاعاتی تشکیل شد و بعد امتیازدهی به معیارهای اکولوژیکی انجام گردید و جنگل‌ها به چهار کاربری اصلی جنگل تجاری، احیایی، حمایتی و حفاظتی تقسیم شدند (Babaie Kafaki, 2006). Amiri و همکاران (۲۰۱۰) از روش ادغام نقشه‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی و تعیین توان اکولوژیکی برای کاربری جنگل‌داری در حوزه آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران استفاده کردند. روش کار این پژوهش به این صورت بود که ابتدا نقشه‌سازی عوامل اکولوژیکی اعم از عوامل فیزیکی و عوامل زیستی که در کاربری جنگل‌داری مؤثرند، در حوزه آبخیز جنگل‌های شمال با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و بعد توان اکولوژیکی حوضه منطقه شمال با روش تجزیه و تحلیل سیستمی بر اساس منطقه

وسعی از کشور را در معرض بیابان‌زایی و تخریب اراضی قرار داده است. برای مقابله با این وضعیت نیازمند یک برنامه جامع استفاده از سرزمین (آب و زمین) می‌باشد که در آن کاربری‌ها در یک چهارچوب مشخص به صورت منطقی و متناسب با توان محیط انتخاب شوند (Jahani et al., 2011). علم جنگل‌داری در واقع مدیریت همه‌جانبه جنگل تلقی می‌شود. راهکار اصلی برای رسیدن به هدف اصلی جنگل‌داری و حفاظت از جنگل، برنامه‌ریزی در استفاده از جنگل با در نظر گرفتن توان طبیعی آن برای کاربری مورد نظر است (Hosseini et al., 2003). عمده جنگل‌های ایران در شمال و نواحی زاگرس قرار دارند. هر منطقه دارای توان و مدل منحصر به فردی است. در مدل اکولوژیکی جنگل‌داری در ایران فقط نیم‌رخ شمالی البرز جنبه تجاری دارد. در واقع بین جنگل‌های البرز و زاگرس به لحاظ کاربردی تفاوت‌های زیادی وجود دارد. مدل جنگل‌داری تجاری، برای جنگل‌هایی است که از چوب و سایر فراورده‌های آن بهره‌برداری می‌شود. اما جنگل‌داری حفاظتی تنها برای حفظ و حفاظت از جنگل است و در آن ناحیه هیچ‌گونه بهره‌برداری تجاری انجام نمی‌شود. برای جنگل‌داری حفاظتی، یا دامنه عددی معیار توپوگرافی تغییر می‌کند یا معیار توپوگرافی به طور کامل حذف می‌شود (Masoudi & Jokar, 2016a). برای ادامه روند حفاظت از جنگل‌ها و جلوگیری از پیش‌روی تخریب، باید قبل از هرگونه اقدام به بهره‌برداری، کل منطقه را دقیقاً ارزیابی کرد و توان اصلی منطقه را به دست آورد و با توجه به توان آن به سمت بهره‌برداری متناسب حرکت کرد. در واقع با به‌کارگیری مدیریت پایدار جنگل، که در آن اهداف مدیریتی جمعی در برنامه‌ریزی بلندمدت و حفاظت از منابع بر پایه استفاده چندمنظوره از موجودی جنگل است (Poor, 2003)، می‌توان از حرکت رونده تخریب جلوگیری کرد. برای حرکت به سوی توسعه پایدار و تأمین نیازها و انتظارات گوناگون جامعه از منابع طبیعی، مدیریت جنگل‌ها را باید به سمت استفاده چندمنظوره با توجه به توان اکولوژیکی منطقه سوق داد (Jahani et al.,

سنجش قرار گرفتند. هر سه حالت کاربری جنگل‌داری اعم از تجاری و حفاظتی با تغییر معیار توپوگرافی و حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی با هم در منطقه فیروزآباد مقایسه و بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه: شهرستان فیروزآباد در محدوده جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این شهرستان در جنوب غربی استان فارس به مساحت ۳۵۵۹ کیلومتر مربع واقع شده است. از لحاظ کاربری اراضی، ۶۲ درصد مساحت شهرستان (۲۲۱۵۰۵ هکتار) پوشیده از جنگل و از نوع حفاظتی با تراکم کم تا متوسط است. این جنگل‌ها بیشتر شامل گونه‌های بنه (پسته وحشی)، بادام وحشی، کیکم، زیتون، ارس، داغداغان، ارژن و زالزالک هستند که تقریباً شامل ده درصد از جنگل‌های استان می‌شود (Office of Statistics Agriculture Fars Province, 2010). سایر کاربری‌های شهرستان در قالب اراضی کشاورزی، مراتع و اراضی مسکونی است (شکل ۱).

در این پژوهش از نرم‌افزارهای EXCEL2010 و 9.3 ArcGIS استفاده شد. مدل مخدوم برای کاربری جنگل‌داری به صورت ۷ طبقه است که برای نشان دادن توان و درجه مرغوبیت سرزمین این کاربری با افزایش طبقه یا عدد توان، قابلیت جنگل کاهش می‌یابد؛ در واقع طبقه اول بهترین توان و طبقه هفتم ضعیف‌ترین توان را از خود نشان می‌دهد. در مناطقی که جنگل‌های آن بیشتر جنبه حفاظتی دارند، توصیه به استفاده از مدل جنگل‌داری حفاظتی است (Masoudi & Jokar, 2016a). در این مدل بار اول با افزایش دامنه ارزش‌گذاری معیار توپوگرافی و بار دیگر با حذف معیار توپوگرافی، ارزیابی توان برای جنگل‌داری حفاظتی انجام شد. در حالت افزایش دامنه معیار توپوگرافی، ارزش کمی این معیار به اندازه یک واحد عددی افزایش یافت و در حالت حذف این معیار،

بولین انجام شد (Amiri et al., 2010). Jahani و همکاران (۲۰۱۱) در منطقه خیرود واقع در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، آمایش اراضی را برای استفاده چندمنظوره از جنگل‌ها انجام دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که این بخش از جنگل‌ها با توجه به مقیاس کار (۱:۱۰۰۰۰) قابلیت مدیریت برای تولید چوب، حمایت و تفرج گسترده را دارد. در پژوهش Masoudi و Jokar (۲۰۱۶a) در شهرستان جهرم برای ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری‌های مختلف، اعم از جنگل‌داری تجاری و حفاظتی به دو صورت تغییر دامنه معیار توپوگرافی و حذف معیار توپوگرافی از مدل EMOLUP (Eco- Socioeconomic Model of Land Use Planning) استفاده شد. نتایج پژوهش آنان نشان داد که مدل EMOLUP قابلیت بالاتری برای برآورد توان اکولوژیکی کاربری‌ها در منطقه جهرم داشت. در پژوهش دیگری Masoudi و Jokar (۲۰۱۶b) برای آمایش سرزمین منطقه جهرم از ۵ روش شامل روش کمی و کیفی آمایش ایران، روش کمی و کیفی اصلاح شده (۴ سناریو) و روش کمی با در نظر گرفتن دو سناریوی اقتصادی و اجتماعی استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که در شهرستان جهرم برای اولویت‌بندی کاربری‌ها روش کمی با در نظر گرفتن دو سناریوی اقتصادی و اجتماعی از دقت بیشتر و الگوی مکان‌یابی دقیق‌تری برخوردار است. Jahani (۲۰۱۹) از مدل مقایسه‌ای FLAQM (Forest Landscape Aesthetic Quality Model) برای ارزیابی چشم‌انداز کیفی جنگل‌های پهن‌برگ استفاده کرد. مقایسه کیفی مدل FLAQM هم از طریق آنالیز رگرسیون‌گیری و شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد.

این پژوهش به ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری جنگل‌داری از نوع تجاری و حفاظتی و بررسی معیارهای اکولوژیکی مؤثر در این کاربری‌ها در شهرستان فیروزآباد پرداخت. برای این منظور از مدل‌های متداول فعلی به همراه مدل جدید EMOLUP استفاده گردید. در پایان نتایج همه مدل‌های ارزیابی از بعد صحت و دقت مورد

جدول ۲- معیارها و شاخص‌های مؤثر برای کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی (Masoudi & Jekar, 2016a)

منبع علمی	طبقه ۴	طبقه ۳	طبقه ۲	طبقه ۱	شاخص	معیار
مخدوم (۱۳۷۸)	۲۶۰۰ <	-۲۶۰۰	-۱۸۰۰	۰-۱۰۰۰	ارتفاع از سطح دریا	توپوگرافی
مخدوم (۱۳۷۸)	۶۵ <	۶۵-۵۵	۳۵-۵۵	۰-۳۵	درصد شیب	تجاری
مخدوم (۱۳۷۸)	۲۰۰ >	۲۰۱-۵۰۰	۵۰۱-۸۰۰	۸۰۰ <	بارندگی (میلی‌متر)	اقلیم
مخدوم (۱۳۷۸)	-	۳۰/۱ <	۲۱/۱-۳۰ یا ۱۸ >	۱۸/۱-۲۱	دما (درجه سانتی‌گراد)	
مخدوم (۱۳۷۸)	-	-	درشت و خیلی درشت	سنگین، متوسط و سبک	بافت	
مخدوم (۱۳۷۸)	۱۰ <	۸/۶-۱۰	۷/۱-۸/۵	۴/۲-۷	اسیدیته	
مخدوم (۱۳۷۸)	بدون خاک	کم عمق تا خیلی کم عمق	نیمه عمیق	عمیق	عمق (کیفی)	
مخدوم (۱۳۷۸)	-	۵۱ <	۱۶-۵۰	۱۵ ≥	درصد سنگریزه	
			قابلیت نفوذ		زهکشی	خاک و زمین‌شناسی
مخدوم (۱۳۷۸)	-	-	خیلی آهسته یا خیلی سریع (یا زهکشی ناقص یا فقیر)	قابلیت نفوذ آهسته، متوسط و سریع (یا زهکشی خوب تا متوسط)	(نفوذ پذیری سانتی‌متر بر ساعت)	
مخدوم (۱۳۷۸)	-	شدید و خیلی شدید	متوسط	کم	فرسایش خاک	
مخدوم	-	درشت	متوسط	ریز	دانه‌بندی	

منبع علمی	طبقه ۴	طبقه ۳	طبقه ۲	طبقه ۱	شاخص	معیار
(۱۳۷۸)						
مخدوم	فاقد تحول	کم	متوسط	تحول یافته	تحول‌یافتگی	
(۱۳۷۸)	(فاقد ساختمان)			(دانه‌ای)	ساختمان	
مخدوم					درجه	
(۱۳۷۸)	خیلی کم	کم	متوسط	خوب	حاصلخیزی	
	نمک طعام به			سنگ آهک و آهک		
	صورت گنبد‌های	مارن تیپ ۲،		دولومیتی، سنگ‌های		
مخدوم	نمکی و قشر	مخروط‌افکنه،	گرانیت، ماسه	آذرآواری و آتشفشانی		
(۱۳۷۸)؛	نمکی، گنبد	پادگانه آبرفتی،	سنگ، لس،	حد واسط ائوسن ایران،		
اسکور و گری	ژپسی، مرمر	تپه ماسه‌ای،	شیست و گنیس	شیل و رس سنگ و		سنگ مادر
(۲۰۰۷)	کلسیتی و	رسوبات فلات	و آمفیبولیت	کنگلو‌مرا و مارن تیپ ۱،		
	دولومیتی،	قاره		افیولیت آمیزه‌ای رنگی،		
	کوارتزیت			دشت سیلابی		
مخدوم					تراکم و نوع	
(۱۳۷۸)	۵>	۵-۲۵	۲۶-۷۵	۷۶-۱۰۰	کاربری	
					ارزش گونه‌های	
					گیاهی (درجه	
مخدوم		چوب درجه	چوب درجه دو		چوب، برای	پوشش گیاهی در
(۱۳۷۸)	غیر تجاری	سه تجاری	تجاری	چوب درجه یک تجاری	جنگل‌داری	عرصه‌های منابع
					(تجاری)	طبیعی
مخدوم					رویش سالانه	
(۱۳۷۸)	-	۲>	۲/۱-۵	۵<	در هکتار	
					تیپ پوشش	
پیشنهادی	بیابان و مرتع	مرتع خوب و	-	جنگل	گیاهی	
	ضعیف	متوسط				

توان منطقه را مشخص کردند که براساس محدوده‌های جدول ۳ طبقه‌بندی شدند.

$$X_1 = [(Layer_1) \times (layer_2) \dots \times (Layer_n)]^{1/n} \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه بالا X_1 معیار تعریف شده در هر کاربری، Layer شاخص‌های مرتبط با معیار و n تعداد شاخص است.

$$X_2 = [(Layer_1) \times (layer_2) \dots \times (Layer_n)]^{1/n} \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه بالا X_2 امتیاز نهایی در هر کاربری، Layer معیار و n تعداد معیار است.

روش میانگین حسابی (شاخصی و معیار)، مدل دیگری در این پژوهش بود. این روش از دو بعد بررسی شد: حالت شاخصی و معیاری. در حالت شاخصی، از تمام شاخص‌های مدل کاربری جنگل‌داری (بدون در نظر گرفتن معیاربندی) میانگین حسابی گرفته شد. اعداد به دست آمده طبقه توان منطقه را نشان دادند و براساس محدوده‌های جدول ۳ مشخص شدند. در حالت معیاری آن، ابتدا بین شاخص‌های هر معیار میانگین حسابی گرفته شد و معیار مورد نظر حاصل شد و بعد بین معیارها میانگین حسابی گرفته شد. دوباره براساس اعداد به دست آمده و محدوده‌های جدول ۳ طبقه توان منطقه مشخص شد. مدل بعدی در این پژوهش، روش میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی بوده که این روش همانند روش بالاست، در این فرایند وزن مناسب برای هر شاخص و معیار لحاظ شد. برای دستیابی به وزن‌های شاخص‌ها و معیارها از پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه‌ها (در مورد معیارها و شاخص‌های مدل جنگل‌داری) بین تعداد قابل توجهی (۵۰ نفر) از اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های معتبر در گرایش جنگل و جنگل‌داری و کارشناسان ارشد سازمان‌های اداری چندین استان با تخصص در زمینه جنگل‌داری توزیع شد. معیار اصلی انتخاب افراد ذکر شده، تخصص آنان در زمینه جنگل‌داری و تسلط و شناخت همه‌جانبه آنان بوده است. پاسخگویی مسئولان نیز براساس

در این پژوهش ابتدا تمامی معیارها و شاخص‌ها شناسایی و براساس جدولهای ۱ و ۲ امتیازدهی شدند و بعد نقشه‌های فوق ادغام شدند. در نهایت برای ارزیابی توان کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی از چندین مدل اعم از: مدل مخدوم، مدل حداکثر محدودیت، مدل EMOLUP، مدل میانگین حسابی شاخصی و معیار، مدل میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی و مدل میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی با در نظر گرفتن عامل محدودیت‌زا استفاده شد. در قسمت بعد هر مدل به صورت مجزا بررسی شد. اولین مدل برای ارزیابی، مدل مخدوم بود. مدل مخدوم براساس تلفیق منطق بولین و طبقات فازی است که براساس این مدل ارزیابی توان اکولوژیکی جنگل‌داری هفت طبقه است. در فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی، ابتدا تمامی پارامترها طبق مدل اصلی مخدوم در ۷ طبقه کلاس‌بندی شدند. مرحله بعد، در هر پلی‌گون اگر تمامی پارامترها در یک کلاس قرار داشته باشد، آن پلی‌گون امتیاز آن کلاس را به خود اختصاص می‌دهد. نکته مهم این است، با توجه به اینکه این مدل براساس منطق بولین است اگر فقط یک پارامتر در هر پلی‌گون در طبقه نامناسب قرار بگیرد، کل آن پلی‌گون را به سمت طبقه نامناسب سوق می‌دهد که در واقع گویای این است که این روش یک روش ارزیابی سختگیرانه‌ای است. روش بعد، مدل حداکثر محدودیت بود که این روش همانند مدل مخدوم براساس منطق بولین است، با این تفاوت که عملیات باز طبقه‌بندی در این مدل انجام گردید و باعث شد که همپوشانی در طبقات از بین برود. طی فرایند ارزیابی در این روش نیز تمامی شاخص‌ها طبق جدول شماره یک ارزش‌گذاری کمی شد. مرحله بعد، طبق ارزش‌های کمی، شاخصی که در هر پلی‌گون در طبقه نامناسب قرار بگیرد باعث می‌شود که ارزش کل آن پلی‌گون به سمت نامناسب سوق داده شود. مدل جدید بعدی، مدل EMOLUP بود که در این روش بعد از ارزش‌گذاری تمام شاخص‌های مؤثر هر معیار، میانگین هندسی گرفته و معیار مربوطه حاصل شد. در مرحله بعد، از تمامی معیارهای به دست آمده هم برای بار دیگر میانگین هندسی گرفته شد و در آخر اعداد به دست آمده حاصل از میانگین هندسی معیارها طبقه

روش‌های MCE متعارف فعلی است. زیرا عوامل محدودیت‌زا در ارزیابی لحاظ شدند. عملیات محاسباتی ارزیابی نیز همانند روش قبل بود. اما در مناطقی که دارای عوامل محدودیت‌زا بودند، آن عوامل هم لحاظ شدند و نتایج ارزیابی را منطقی‌تر کرد. البته این روش برای بهترین حد کالیبره میانگین هندسی هم محاسبه شد.

$$X_1 = [(W_1 \times \text{Indicator}_1) + (W_2 \times \text{Indicator}_2) \dots + (W_n \times \text{Indicator}_n)] \times c_i \quad \text{رابطه ۳}$$

$$X_2 = [(W_1 \times \text{Criteria}_1) + (W_2 \times \text{Criteria}_2) \dots + (W_n \times \text{Criteria}_n)] \times c_i \quad \text{رابطه ۴}$$

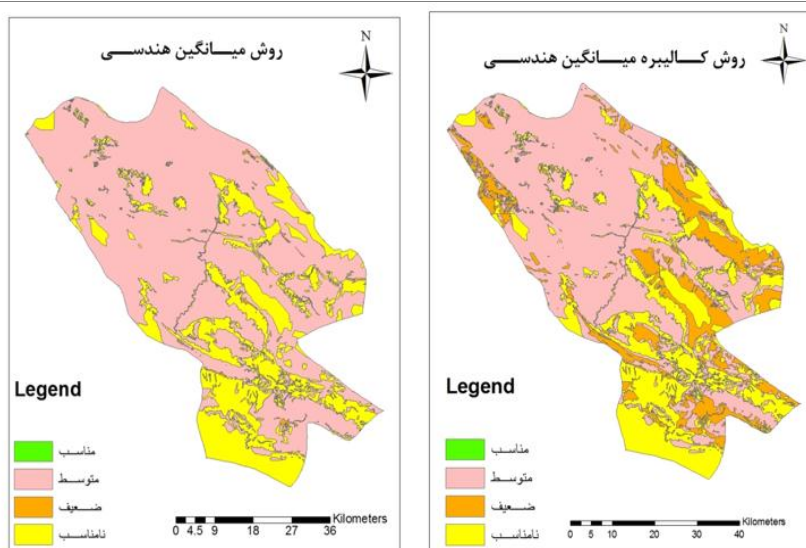
ماتریس خطا درج شد. برای آزمون مدل جنگل‌داری تجاری و حفاظتی، اراضی جنگلی به دو دسته جنگل خوب و متوسط (F_1) و ضعیف (F_2) طبقه‌بندی شدند. نمونه‌ها به صورت تصادفی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر به ترتیب در هر ستون جدول پراکنده گردیدند. سپس نقاط با نقشه‌های توان اکولوژیک ادغام شدند و در نهایت با یک ماتریس 3×3 ارزیابی دقت انجام شد.

درجه اهمیت هر معیار و شاخص‌های آن انجام شد. مقادیر وزن هر پارامتر با کمک نرم‌افزار اکسل به دست آمد و همانند رابطه ۳ و ۴ بقیه فرایند انجام شد (مقدار c_i یک در نظر گرفته شد). در این روش مقادیر محدودیت‌زا لحاظ نشد. این روش هم یکبار با معیاربندی و یکبار بدون معیاربندی محاسبه شد. روش آخر هم میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی با در نظر گرفتن عامل محدودیت‌زا بود که این روش کاملاً شبیه

c_i در فرمول ۲ مقدار عددی می‌پذیرد: ۱- اگر ارزش شاخص در پلی‌گونی صفر باشد، c_i صفر می‌شود. ۲- اگر ارزش شاخص در پلی‌گونی غیر صفر باشد، c_i یک می‌شود. آزمون کاربری جنگل‌داری تجاری: بعد از اتمام ساخت مدل‌های بالا برای ارزیابی توان کاربری جنگل‌داری، توانایی این مدل‌ها با هم سنجیده شدند. در این پژوهش برای بیان کمی صحت یک نقشه، آن را با واقعیت زمینی مقایسه نموده و نتایج در جدول

جدول ۳- نحوه امتیازدهی طبقات توان اکولوژیک براساس رویکرد کمی

طبقه توان	۱ (مناسب)	۲ (نیمه مناسب)	۳ (توان کم)	۴ (نامناسب)
دامنه ارزش عددی	۲/۵-۳	۱/۵-۲/۴۹	۰/۵-۱/۴۹	۰/۵ >

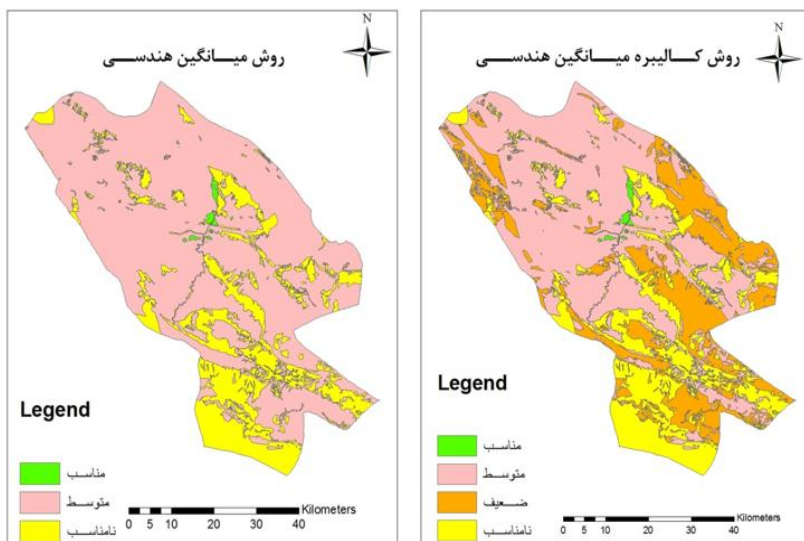


شکل ۲- نقشه‌های بهترین روش ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌داری تجاری

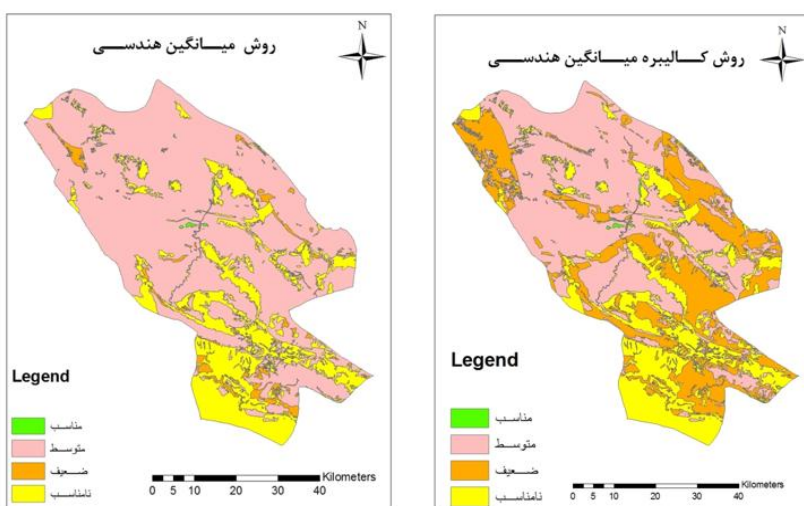
نتایج

مدل‌های EMOLUP و کالیبره آن در منطقه فیروزآباد (بهترین توان)، برای کاربری جنگل‌داری تجاری و جنگل‌داری حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی) و جنگل‌داری حفاظتی (با حذف توپوگرافی) را نشان می‌دهند.

برای انجام فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری جنگل‌داری، از روش‌های مختلفی که در بالا ذکر شده استفاده شد. شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نتایج حاصل از ارزیابی توان با



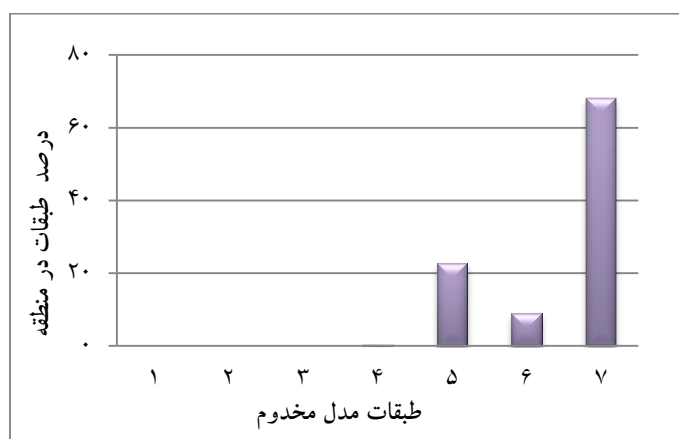
شکل ۳- نقشه‌های بهترین روش ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌داری حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی)



شکل ۴- نقشه‌های بهترین روش ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌داری حفاظتی (با حذف توپوگرافی)

گرایش منطقه بیشتر به سمت طبقه متوسط بود. روش‌های EMOLUP و وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا، تا حدودی درصد طبقه متوسط کمتر و قدری سختگیرانه‌تر از مدل‌های میانگین حسابی ساده بوده که به‌نوعی مابین روش‌ها بود. با بررسی همه روش‌ها با هم، روش کالیبره EMOLUP در هر سه حالت کاربری جنگل‌داری نسبت به بقیه طبقه‌بندی متعادل‌تر و منطقی‌تری را از منطقه نشان داد. در آخر نیز با توجه به سه حالت کاربری موردنظر، کاربری جنگل‌داری حفاظتی (با حذف کامل معیار توپوگرافی) برای همه مدل‌ها طبقه‌بندی منطقی‌تری را نسبت به دو حالت دیگر از خود نشان داد.

شکل ۵ و جدول ۴، درصد گسترش طبقات توان را با روش‌های مختلف برای هر سه حالت کاربری جنگل‌داری در شهرستان فیروزآباد نشان می‌دهد. در مدل ۷ طبقه مخدوم براساس شکل ۵، ۷۷ درصد شهرستان در طبقات ۶ و ۷ یا طبقه نامناسب و ۲۳ درصد در طبقه ۵ یا طبقه ضعیف قرار دارد. در این روش، بیشتر منطقه در طبقه نامناسب قرار گرفت. با بررسی جدول ۴، روش حداکثر محدودیت بیشتر منطقه را در هر سه حالت جنگل‌داری به سمت طبقه ضعیف سوق داد. سایر روش‌ها به‌طورکلی منطقه را در طبقه متوسط متمرکز کردند. البته شایان ذکر است که در حالت‌های سهل‌گیرانه مانند میانگین حسابی ساده و وزنی ساده،



شکل ۵- درصد طبقات توان در روش ارزیابی جنگل‌داری تجاری با مدل مخدوم (۷ طبقه‌ای)

جدول ۴- درصد طبقات توان در روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌داری

کاربری جنگل‌داری			تجاری				حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی)			حفاظتی (با حذف توپوگرافی)		
درصد طبقات			نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب
روش‌های توان			نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب
حداکثر محدودیت			-	-	۷۳	-	-	۷۷	-	-	۷۷	۲۳
میانگین حسابی شاخصی			۱	۹۹	-	۴	۹۶	-	۱	۹۳	۶	-
میانگین حسابی معیاری			-	۹۸	۲	۵	۹۵	-	-	۸۵	۱۵	-
میانگین حسابی شاخصی وزنی			-	۹۹	۱	۴	۹۶	-	۱	۹۳	۶	-
میانگین حسابی معیاری وزنی			-	۹۶	۴	۲	۹۸	-	-	۸۴	۱۶	-
میانگین هندسی (امولوپ)			-	۷۳	-	۲۷	۷۷	-	۲۳	۷۴	۴	۲۲
کالیبره میانگین هندسی (امولوپ)			-	۵۷	۱۶	۲۷	۵۴	۲۴	۲۲	۴۹	۲۹	۲۲
میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا			-	۷۴	-	۲۶	۷۶	-	۲۲	۷۷	-	۲۲
کالیبره میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا			-	۵۷	۱۶	۲۷	۷۴	۲	۲۲	۷۴	۳	۲۲
میانگین حسابی شاخصی وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا			-	۷۳	-	۲۷	۷۴	۴	۲۲	۷۷	-	۲۲

تغییر محدوده کمی طبقه ۳ از $1-1/5$ به $1-1/87$ ، مدل EMOLUP بالاترین دقت کلی، ضریب کاپا و ضریب درون طبقه‌ای را از خود نشان داد که این مدل جنگل‌داری حفاظتی از نظر شاخص‌های ارزیابی صحت اعم از دقت کلی، ضریب کاپا، ضریب درون منطقه‌ای و صحت میانگین نسبت به حالت تجاری هم بهتر شد. ارزیابی دقت برای مدل جنگل‌داری حفاظتی (با حذف توپوگرافی) هم انجام شد. براساس بررسی‌ها بین تمام مدل‌های ارزیابی مشخص شد که دقت مدل کاربری جنگل‌داری حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی بهتر از مدل جنگل‌داری تجاری و حتی مدل جنگل‌داری حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی) می‌باشد. برای کاربری جنگل‌داری حفاظتی (با حذف معیار توپوگرافی) نیز مدل EMOLUP و کالیبره آن (با تغییر محدوده کمی طبقه ۳ از $1-1/5$ به $1-1/70$) بالاترین دقت کلی، ضریب کاپا، صحت میانگین و ضریب درون طبقه‌ای را نسبت به بقیه نشان داد. با بررسی کلی هر سه مدل جنگل‌داری با هم طبق جدول ۵ مشخص شد که حالت جنگل‌داری حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی نسبت به دو مدل قبل دقت بهتری را از خود نشان داد. این نتایج گویای حفاظتی بودن جنگل‌های منطقه فیروزآباد بود.

سنجش دقت مدل‌های ارزیابی توان برای هر سه حالت کاربری براساس رویکرد ماتریس توافق (خطا) و با توجه به شاخص‌های مؤثر در تعیین صحت انجام شد. براساس بررسی‌های انجام شده روی مدل جنگل‌داری تجاری، مشخص شد که روش مخدوم با منطق بولین، پایین‌ترین دقت کلی و ضریب درون طبقه‌ای را نسبت به سایر مدل‌ها به خود اختصاص داد. مدل EMOLUP و کالیبره آن (با تغییر محدوده کمی طبقه ۳ از $1-1/5$ به $1-1/70$) بالاترین دقت را نشان دادند. البته بین تمام مدل‌ها، کالیبره مدل EMOLUP بالاترین دقت کلی، ضریب کاپا، ضریب درون طبقه‌ای و صحت میانگین را نشان داد. مدل میانگین حسابی شاخصی وزنی ساده کمترین ضریب کاپا را به خود اختصاص داد و مدل‌های میانگین حسابی معیاری و شاخصی هم کمترین صحت میانگین را به خود اختصاص دادند. ارزیابی دقت برای مدل‌های جنگل‌داری حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی) نیز انجام شد. براساس بررسی‌ها بین روش‌های مختلف ارزیابی توان اکولوژیکی برای کاربری جنگل‌داری حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی) مشخص شد که با اصلاح و تغییر محدوده‌های اکولوژیک معیار توپوگرافی دقت مدل‌های حفاظتی بهتر از جنگل‌داری تجاری شد. در این کاربری نیز مدل EMOLUP و کالیبره آن (با

جدول ۵- شاخص‌های ارزیابی صحت به منظور بررسی روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌داری

کاربری جنگل‌داری			تجاری				حفاظتی (با تغییر دامنه توپوگرافی)				حفاظتی (با حذف توپوگرافی)		
شاخص ارزیابی صحت	دقت کلی (%)	ضریب درون طبقه‌ای	ضریب درون طبقه‌ای	دقت کلی (%)	ضریب درون طبقه‌ای	ضریب درون طبقه‌ای	دقت کلی (%)	ضریب درون طبقه‌ای	ضریب درون طبقه‌ای	دقت کلی (%)	ضریب درون طبقه‌ای	میانگین (%)	صحت
مخدوم	۱۵/۸۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۱۵/۸۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۱۵/۸۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۱۵/۸۱	۰/۰۰۴	۳۹/۳۴	۳۹/۳۴
حداکثر محدودیت	۳۹/۷۰	۰/۱۳۷	۰/۰۰۵	۴۱/۶۲	۰/۰۰۵	۰/۱۴	۴۱/۶۲	۰/۰۰۵	۰/۱۴	۴۱/۶۲	۰/۰۰۵	۶۷/۹۶	۶۷/۹۶
میانگین حسابی شاخصی	۵۵/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰	۵۵	۰	۰	۵۵	۰	۰	۵۵	۰	۱۸/۳۴	۱۸/۳۴
میانگین حسابی معیاری	۵۵/۰۲	۰/۰۰۴	۰	۵۵	۰	۰/۰۰۰۱	۵۵	۰	۰	۵۵	۰/۰۰۰۱	۱۸/۳۴	۱۸/۳۴
میانگین حسابی شاخصی وزنی	۵۵	۰	۰	۵۵	۰	۰	۵۵	۰	۰	۵۵	۰	۱۸/۳۴	۱۸/۳۴
میانگین حسابی معیاری وزنی	۵۵/۰۲	۰/۰۰۷	۰	۵۵	۰	۰/۰۰۰۲	۵۵	۰	۰	۵۵	۰/۰۰۰۲	۱۸/۳۵	۱۸/۳۵
میانگین هندسی (امولوپ)	۵۴/۵۶	۰/۱۵۷	۰	۶۰/۳۶	۰	۰/۲۱۲	۶۰/۳۶	۰	۰	۶۰/۳۶	۰/۲۱۲	۴۱/۸۰	۴۱/۸۰
کالیبره میانگین هندسی (امولوپ)	۶۴/۱۷	۰/۳۶۶	۰	۷۰/۲۲	۰	۰/۴۵	۷۰/۲۲	۰	۰	۷۰/۲۲	۰/۴۵	۶۸/۷۶	۶۸/۷۶
میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا	۵۴/۵۱	۰/۱۵۶	۰	۶۰/۳۶	۰	۰/۲۱۲	۶۰/۳۶	۰	۰	۶۰/۳۶	۰/۲۱۲	۴۱/۸۰	۴۱/۸۰
کالیبره میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا	۵۴/۶۳	۰/۱۵۹	۰	۶۱/۱۵	۰	۰/۲۳	۶۱/۱۵	۰	۰	۶۱/۱۵	۰/۲۳	۷۰/۰۸	۷۰/۰۸
میانگین حسابی شاخصی وزنی با اعمال عوامل محدودیت‌زا	۵۴/۵۱	۰/۱۵۶	۰	۶۰/۳۶	۰	۰/۲۱۲	۶۰/۳۶	۰	۰	۶۰/۳۶	۰/۲۱۲	۴۱/۸۰	۴۱/۸۰

بحث

در این پژوهش با روش‌های مختلف به ارزیابی توان اکولوژیکی جنگل‌داری در شهرستان فیروزآباد پرداخته شد. تمامی فاکتورهای اکولوژیکی مؤثر که بیشتر برگرفته از مدل مخدوم و مدل EMOLUP بودند به‌طور همه‌جانبه بررسی شدند که با نتایج پژوهش Amiri و همکاران در منطقه دو هزار و سه هزار شمال مطابقت داشت (Amiri et al., 2009). در پژوهش اسدی‌فرد و همکاران، برای انجام فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری دیم، از روش ترکیبی فائو و مخدوم و مدل EMOLUP استفاده کردند (Asadifard et al., 2017). در پژوهش دیگری از مسعودی و اسدی‌فرد در مورد ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری اکوتوریسم متمرکز و گسترده از روش مخدوم و مدل EMOLUP برای شهرستان فیروزآباد استفاده کردند (Masoudi & Asadifard, 2015). در پژوهش فعلی کاربری جنگل‌داری در منطقه فیروزآباد از سه بعد بررسی شد: حالت تجاری، حفاظتی با تغییر در دامنه توپوگرافی و حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی. بابایی‌کفاکی هم برای جنگل‌های منطقه دو هزار و سه هزار شمال حالت حفاظتی را برای منطقه مذکور بررسی کرد (Babaie Kafaki, 2006). همان‌طور که اشاره شد در این پژوهش روش‌های متداول و رایج در کشور به همراه مدل جدید EMOLUP بررسی شدند و همگی آنها نیز با فرایند و روش یکسان ارزیابی گردیدند. برای بررسی صحت هر مدل از شاخص‌ها مانند دقت کلی و ضریب کاپا و ضریب درون طبقه‌ای و صحت میانگین استفاده شد، به‌طوری‌که زارع و همکاران هم در پژوهش‌های خود برای بررسی صحت مدل‌ها از ضریب کاپا استفاده کردند (Zare Chahouki et al., 2014, 2015). نتایج آزمون‌ها برای تمام حالات کاربری جنگل‌داری حکایت از این داشت که تمام شاخص‌های صحت، در مدل EMOLUP و کالیبره آن در منطقه فیروزآباد برای هر سه حالت کاربری جنگل‌داری بهترین و دقیق‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داد که با نتایج مسعودی و جوکار برای منطقه جهرم مطابقت داشت (Masoudi & Jokar, 2016a). در پژوهش مسعودی و اسدی‌فرد برای

ارزیابی کاربری اکوتوریسم هم مدل EMOLUP بهترین رتبه را به خود در منطقه فیروزآباد اختصاص داد (Masoudi & Asadifard, 2015). در بین روش‌های ارزیابی، میانگین حسابی معیاری و شاخصی ساده و وزنی ساده آن به همراه روش مخدوم از لحاظ ضریب کاپا کمترین میزان را به خود اختصاص دادند که با نتایج جوکار و مسعودی برای کاربری توسعه شهری در منطقه جهرم مطابقت داشت (Jokar & Masoudi, 2016). روش مخدوم هم براساس منطق بولین بیشتر منطقه را به سمت کلاس نامناسب سوق داد و باعث پایین آمدن دقت مدل در منطقه شد که با نتایج مسعودی و اسدی‌فرد برای کاربری اکوتوریسم در فیروزآباد مطابقت داشت (Masoudi & Asadifard, 2015). روش حداکثر محدودیت رتبه دوم را از لحاظ پایین بودن دقت کلی به خود اختصاص داد. حالت‌های وزنی ساده نیز در منطقه فیروزآباد دقت پایینی را از خود نشان دادند و برای حل این مشکل و بالا بردن دقت مدل‌های وزنی، عوامل محدودیت‌زا هم وارد ارزیابی شد و این فرایند باعث افزایش چشمگیری در دقت مدل‌ها شد. البته مدل‌های کالیبره EMOLUP در هر سه حالت کاربری جنگل‌داری از بالاترین دقت کلی، ضریب کاپا، صحت میانگین و ضریب درون طبقه‌ای نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بودند که با نتایج Masoudi و Jokar (۲۰۱۶) در منطقه جهرم مطابقت داشت. در نهایت روش EMOLUP بین کلیه روش‌ها در منطقه فیروزآباد، برای ارزیابی کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی برتری خود را نسبت به بقیه نشان داد. این روش به همراه کالیبره آن برای ارزیابی قابلیت، عملکرد ساده و بسیار گویا، سرعت عمل بالایی نسبت به بقیه داشته و طبقه‌بندی منطقی‌تری را از خود نشان داد که با نتایج Asadifard و همکاران (۲۰۱۷) در فیروزآباد مطابقت داشت. با بررسی نتایج ضریب کاپا در جدول شاخص‌های ارزیابی صحت مشخص شد که در بین سه نوع کاربری جنگل‌داری، مدل کاربری جنگل‌داری حفاظتی با حذف معیار توپوگرافی برای منطقه فیروزآباد بهترین عملکرد و دقت را به خود اختصاص داد و با حذف این معیار در بیشتر روش‌ها شاخص‌های صحت افزایش

- neural networks. *Journal of Forest Science*, 65(2): 61-69.
- Hosseini, S.M., Amiri, M.J. and Rafatnia, N. 2003. Forest and Mountain Road Projects Planning on the Basis of Land Evaluation. *Forest Science*, 3: 23-29 (In Persian).
- Jokar, P. and Masoudi, M. 2016. Ecological Suitability Assessment for industrial and urban development landuse by a proposed model (Case Study: Jahrom city). *Journal of Environmental Studies*, 42(1): 135-149 (In Persian).
- Makhdoum, M. 1999. *Fundaental of Land use Planning*, University of Tehran publications, 289p (In Persian).
- Masoudi, M. and Asadifard, E. 2015. A New Model for Ecological Suitability Assessment of Ecotourism in Firuzabad Township, Iran. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 3(6): 153-161.
- Masoudi, M. and Jokar, P. 2016a. Suggestion the Proposed Model of EMOLUP, with New Approach in Land Use Planning (Step One: Ecological Capability Evaluation for Different Land Uses). *Journal of Environmental Sciences*, 14(1):51-68 (In Persian).
- Masoudi, M. and Jokar, P. 2016b. Suggestion the Proposed Model of EMOLUP, with New Approach in Land Use Planning (Step Two: Prioritizing for Different Land Uses). *Journal of Environmental Sciences*, 14(2): 23-36 (In Persian).
- Office of Statistics Agriculture Fars province. 2010. Landscape section of Agriculture of cities of of Fars province, Department of Planning and Economice, 268p (In Persian).
- Poor, D. 2003. *Changing Landscapes: The Development of The International Tropical Timber Organization and its Influence On The Tropical Forest Management*, Earthscan London, 290p.
- Zare Chahouki, M.A., Abasi, M. and Azarnivand, H. 2014. Evaluation of the artificial neural network model to predict the spatial distribution of plant species (Case Study: Taleghan rangelands). *Iranian Journal of Rangeland*, 8(2): 106-115 (In Persian).
- Zare Chahouki, M.A., Abasi, M. and Azarnivand, H. 2015. Evaluation of the logistic regression model mapping the spatial distribution of plant species in rangelands Taleghan. *Iranian Journal of Rangeland*, 9(4): 320-332 (In Persian).
- چشمگیری را از خود نشان دادند که گویای این بود که جنگل‌های منطقه فیروزآباد بیشتر پتانسیل حفاظتی دارند و کمتر دارای ارزش تجاری هستند، درواقع حفاظت از آنها توصیه می‌شود. درنهایت با توجه به شرایط اقلیمی شهرستان فیروزآباد برای ارزیابی اکولوژیکی کاربری جنگل داری از بعد جنگل داری حفاظتی، با رویکرد حذف کامل معیار توپوگرافی با بهره‌گیری از روش ساده، گویا و دقیق EMOLUP به همراه کالیبره آن توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده:

- Asadifard, E., Masoudi, M., Afzali, F. and Fallah Shamsi, R. 2017. Ecological Capability Evaluation For Rainfed Agriculture In Firuzabad Township basing on the current models and New EMOLUP Model by using GIS. The 7th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran (In Persian).
- Amiri, M., Mahoni, S., Jalali, G.H., Hosseini, M. and Dahkordi, F. 2009. Evaluating ecological potential for forest of 2 and 3 Hazar of North of Iran by use of GIS. *Environmental Sciences*, 50: 33-34 (In Persian).
- Amiri, M., Mahoni, S., Jalali, G.H., Hosseini, M. and Dahkordi, F. 2010. A Comparison of Maps Overlay Systemic Method and Boolean-Fuzzy Logic in the Ecological Capability Evaluation of No. 33 and 34 Watershed Forests in Northern Iran. *Environmental Sciences*, 7(2): 109-124 (In Persian).
- Babaie Kafaki, S. 2006. Environmental evaluation for forest land Classification by using of GIS (Case study in Kazem-rood Watershed, North of Iran). *Journal of Agricultural Sciences*, 50: 67-80 (In Persian).
- Jahani, A., Makhdoum, M., Fegghi, J. and Etemad, V. 2011. Land Use Planning for Forest Management for Multiple Use (Harvesting, Ecotourism and Protection) (Case study: Patom District of Kheyroud Forest). *Journal of Town and Country Planning*, 3(5): 33-49 (In Persian).
- Jahani, A. 2019. Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial

Ecological Potential Evaluation of Forestry By Using Common Evaluation Models and New EMOLUP Model in Firozabad Country

E. Asadifard¹ and M. Masoudi^{2*}

1- Department of Natural Resources and Environment, Agricultural College, Shiraz, Iran

2* - Corresponding Author, Department of Natural Resources and Environment, Agricultural College, Shiraz, Iran

E-mail: masoudi@shirazu.ac.ir

Received: 11.11.2018

Accepted: 13.10.2019

Abstract

Evaluating ecological potential means to obtain the natural potential of the land, which by using this process, the land degradation proceeds less slowly. Ten percent of the Fars province's forests are located in Firozabad city. The main purpose of this study was to evaluate the ecological potential for commercial and conservational forestry use in Firoozabad city using common methods in the country along with a new method in GIS. Conservational forestry land use evaluation was done in this study in two ways: first, the threshold of evaluation (quantitative) of the main topographic criterion of the model was changed and the next time, it was not included in the topographic benchmarking process. In commercial forestry, the topographic criterion was taken as the initial classification. In order to evaluate the potential for commercial and conservation forestry use, the following methods were used: Makhdum, Maximum Limitation, Arithmetic Mean, EMOLUP and its Calibration and the Simple Weighting Mean and Weighting Arithmetic Mean with considering limiting factors and its calibration. The results showed that the best evaluation model for both forests is its Geometric Mean model and its calibrated model in Firoozabad city. In the process of evaluating the accuracy of the evaluation models by changing the range of the topographic criterion and the second time afterwards by removing the topographic criterion, the accuracy was increased for most models. By comparing all three forestry uses, the conservation forestry showed a better capability by removing the topographic criteria in the area, which reflects the forestry conservation potential in Firouzabad. Finally, for the ecological evaluation of forestry in Firouzabad city, EMOLUP method using topography criterion removal is recommended.

Key words: Makhdum Model, EMOLUP Model, Arithmetic Mean, Maximum Limitation, Calibration.