DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2011.107600

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ٥٤-٤٢، (۱۳۹۰)

طبقه‌بندی فازی عرصه‌های جنگلی برای طراحی مسیر جاده (مطالعه موردی: جنگلهای لیره‌سر تنکابن)

زهرا عزیزی[۱] و اکبر نجفی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک: a.najafi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۱۷

چکیده

طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی برای تعیین مکان‌های مناسب به‌منظور عبور جاده از اهمیت زیادی در حفاظت و مدیریت جنگلها برخوردار است، اما طبقه‌بندی این عرصه‌ها به‌دلیل تنوع طبقات اغلب با مشکل عدم قطعیت مواجه است. نظریه مجموعه‌های فازی روشی برای حل این گونه مشکلات ارائه می‌دهد. هدف از تحقیق حاضر، طبقه‌بندی عرصه جنگل به‌منظور طراحی مسیر جاده‌های جنگلی براساس لایه‌های اطلاعاتی شیب، جهت، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، موجودی سرپای جنگل و تیپ جنگل در بخشی از جنگلهای لیره‌سر استان مازندران با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی است. بنابراین ابتدا توابع عضویت جزیی فازی برای کلیه لایه‌ها تعریف شد و سپس با بکارگیری عملگرهای میانگین هندسی و حداقل، لایه‌های یادشده در دو مرحله با هم ادغام شدند. ارزیابی نقشه نهایی آنتروپی ٦٨ درصد را نشان داد که به معنی عدم قطعیت نسبتاً زیاد در تصمیم‌گیری برای تفکیک طبقات مطلوب و نامطلوب است. بنابراین برای طبقه‌بندی عرصه، روش فازی که در آن نیازی به‌تفکیک صریح مرزهای طبقات مطلوب و نامطلوب نیست و تغییرات به‌صورت جزیی صورت می‌گیرد، بکار گرفته شد. روش فازی این مزیت را دارد که طراحان جاده‌های جنگلی را قادر می‌سازد تا دامنه‌ای از طبقات را برای عبور جاده مطلوب در نظر بگیرند و نیازی نباشد که با عدم قطعیت زیاد طبقات مطلوب و نامطلوب را از هم تفکیک نمایند.

واژه‌های کلیدی: جاده‌های جنگلی، مجموعه فازی، عملگر میانگین هندسی، عملگر حداقل، آنتروپی.

مقدمه

طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی برای مدیریت و بهره‌برداری منطقی از جنگل امری ضروریست. در جنگلهای کوهستانی شمال کشور شکل زمین از ناهمگنی زیادی برخوردار است، بنابراین در طراحی مسیر جاده‌ها شناخت دقیق و کافی عرصه بسیار مهم است. تصمیم‌گیری برای انتخاب محل‌های مناسب برای عبور جاده با کمترین خسارت زیست‌محیطی و تضمین پایداری اکوسیستم‌های جنگلی از اهمیت ویژه‌ای در این فرایند برخوردار است. مفهوم پایداری، بهره‌برداری از منابع طبیعی، توسعه و مدیریت زیست‌محیطی را نیز در برمی‌گیرد. امروزه پایداری، به‌ویژه در مدیریت جنگلها در برگیرنده منافع جمعی و جهانی است (Renning & Wiggering, 1997; Pelt Van *et al*., 1995; Armitage, 1995). بر همین اساس با ارائه راهکارهای مناسب مدیریتی می‌توان پایداری این اکوسیستم‌ها را تأمین نموده و میزان تخریب‌های زیست‌محیطی را کاهش داد. در ایران اغلب طراحان راه‌های جنگلی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و جنگل‌گردشی، یک نقشه طبقه‌بندی شده از

عرصه جنگلی موردنظر را تهیه نموده و براساس آن به طراحی مسیر بهینه اقدام می‌نمایند. روشهای استاندارد ریاضیاتی یا آماری برای طبقه‌بندی اکوسیستم‌های جنگلی در چنین مواردی مشکلاتی دارند. برخی از این مشکلات عبارتند از (Silvert, 1979):

۱- اکوسیستم چندبعدی است، بنابراین یک طبقه خاص از نقشه طبقه‌بندی شده نمی‌تواند کلیه ویژگی‌های اکولوژیک را نشان دهد، پس نمی‌توان قاطعانه یک طبقه را مناسب یا نامناسب برای عبور مسیر جاده تشخیص داد.

۲- فرایند طبقه‌بندی نیازمند داده‌های کامل است، اما به‌ندرت داده‌های جامع و کافی در دسترس است و از این نظر طبقه‌بندی دارای محدودیت می‌باشد.

۳- بسیاری از انواع داده‌های اکولوژیکی کیفی‌اند و یا آن که به‌صورت گروه‌بندی شده و گسسته بکار می‌روند. بنابراین بکارگیری آنها برای طبقه‌بندی براساس شاخص عددی مشکل است.

فرایند طبقه‌بندی شامل تفسیر معنی‌داری برای هر یک از اجزای اکوسیستم است که می‌تواند اطلاعات مفیدی را از اثر فعالیت‌های انسانی ارائه نماید. اما به‌ندرت امکان دارد که بتوان چنین کاری را بدون ناسازگاریها و ابهامات بسیار زیاد انجام داد (Silvert, 1979). از طرفی، ارزیابی اثرات اکولوژیک به‌صورت همزمان در یک اکوسیستم و بررسی پاسخ‌های اکوسیستم به دخالت‌های انسانی به‌دلیل رفتار غیر قابل درک اکوسیستم مشکل است (Bojorquez-Tapia *et al.*, 2002). نظریه مجموعه‌های فازی (Fuzzy set theory) (Zadeh, 1965) روشی برای حل این مشکلات ارائه می‌دهد. مواجه نظریه مجموعه‌های فازی با این مشکلات مبهم به این صورت است که در طبقه‌بندی اکوسیستم براساس یک هدف خاص، هر مقدار (برای داده‌های کمی) یا وضعیت (برای داده‌های کیفی) از عوامل مورد بررسی را به یک طبقه خاص اختصاص نمی‌دهد، بلکه هر مقدار یا وضعیت می‌تواند با کاهش یا افزایش جزیی در ارزش در طبقات مختلف قرار گیرد. در این صورت یک مرز قطعی برای طبقه‌ای که مطلوب هدف موردنظر است با طبقه نامطلوب وجود ندارد، بلکه دامنه‌ای از طبقات وجود دارد که تصمیم‌گیرنده با توجه به هدف قادر است بخشی از این طبقات را مناسب تشخیص دهد. در این راستا Silvert (1979) روشی را برای طبقه‌بندی عوامل اکولوژیک با استفاده از مجموعه‌های فازی ارائه داده است. Yoshimura (1997) در مطالعات خود در زمینه طراحی مسیر جاده‌های جنگلی با بکارگیری سیستم‌های فازی توانست در جنگلهای کوهستانی ژاپن، خطر تخریب در اثر ساخت جاده‌های جنگلی را محاسبه نموده و در طراحی و مسیریابی جاده‌ها مورد توجه قرار دهد.

برای یافتن مکان‌های مناسب برای عبور مسیر جادهای جنگلی در کشور فنلاند، Tan (1992) عواملی مانند فاصله حمل و نقل، طول مسیر، ارزش و هزینه ساخت جاده‌ها را محاسبه و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و داده‌های ماهواره‌ای، الگوریتمی را برای طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی براساس هزینه‌ها ارائه نمود. همچنین Acar (1997) در بخشی از جنگلهای ترکیه با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و بکارگیری عواملی همچون مقدار حاصل‌خیزی اراضی جنگلی، موجودی در هکتار و هزینه‌های ساخت مسیر، اقدام به طراحی مسیرهای چوبکشی نمود. در این تحقیق اساس مدل‌سازی، ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی بوده است.

حسینی و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی، عوامل مؤثر در مسیریابی مناسب جاده‌های جنگلی را در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق عوامل مؤثر عبارت بودند از: نقشه‌های رقومی شیب، جهت، ارتفاع، مطالعات خاک‌شناسی (نوع سنگ بستر، زهکشی و تیپ خاک)، موجودی درختان و تیپ فعلی جنگل. فلاح شمسی و همکاران (۱۳۸۵) نیز برای تصمیم‌گیری در مکان‌یابی خودکار کاربری زمین برای برنامه‌ریزیهای اقتصادی در ارسباران شمالی از ارزیابی

چندعامله تناسب و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده نمودند. هدف از تحقیق حاضر، بکارگیری نظریه مجموعه‌های فازی به‌منظور تعیین نواحی مناسب برای عبور مسیر جاده‌های جنگلی به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی است.

مواد و روشها

منطقه مورد بررسی با مساحتی حدود ۱۲۰۰ هکتار در ۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان تنکابن در استان مازندران قرار دارد. گستره جغرافیایی آن در محدوده حداقل و حداکثر طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه و ۱۸ ثانیه شرقی تا ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه و ۱۱ ثانیه شرقی و حداقل و حداکثر عرض ۳٦ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه شمالی تا ۳٦ درجه و ٤۰ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی می‌باشد. منطقه در دامنه ارتفاعی ٥٦۰ تا ۱۲۲۰ متری از سطح دریا واقع شده است.

داده‌های مورد استفاده

شش لایه نقشه رقومی شامل شیب، جهت جغرافیایی دامنه‌ها، تیپ جنگل، موجودی در هکتار توده‌های جنگلی، تیپ خاک و وضعیت سنگ بستر در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه‌های شیب و جهت با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۳ تهیه شدند. سیستم تصویر و شبکه مختصات بکار رفته در این نقشه‌ها UTM و بر مبنای بیضوی WGS_84 بود. دیگر نقشه‌ها نیز از محل اطلاعات مربوط به طرح تجدیدنظر چهارم جنگلهای منطقه (بی‌نام، ۱۳۷۵) تهیه گردید. با توجه به تغییرات احتمالی در تیپ و حجم سرپای جنگلهای منطقه، نقشه‌های تیپ جنگل و موجودی در هکتار توده‌های جنگلی به‌ترتیب براساس مطالعات سهرابی (۱۳۸۸) و عزیزی (۱۳۸۷) به‌روز رسانی و اصلاح شدند. سپس سیستم تصویر و شبکه مختصات کلیه نقشه‌ها براساس نقشه توپوگرافی منطقه تنظیم و کلیه لایه‌های یادشده در محیط نرم‌افزار Ilwis 3.0 با ابعاد پیکسل ۱۰ متری رستری شدند.

روش پژوهش

با توجه به هدف تحقیق که طبقه‌بندی عرصه جنگلی با استفاده از روش فازی است، ابتدا به طبقات تعریف شده برای هر یک از لایه‌های اطلاعاتی (نقشه‌ها) یک درجه عضویت از ۰ تا ۱ اختصاص داده شد. در این فرایند در اولین مرحله یک سطح پذیرش به‌هر یک از طبقات در هر یک از نقشه‌ها اختصاص داده شد. سپس این اعداد به‌عنوان درجه عضویت که با نماد μ نشان داده شد، تفسیر شدند؛ بدین ترتیب که هر چه طبقه‌ای از یک نقشه برای عبور مسیر جاده مطلوب‌تر بوده و تخریب زیست‌محیطی کمتری را موجب می‌شد، عدد اختصاص داده شده برای درجه عضویت در بازه [۰،۱] بزرگتر و در صورت کمتر مطلوب بودن آن طبقه برای عبور مسیر جاده و ایجاد تخریب زیست‌محیطی بیشتر، عدد کوچکتری از بازه [۰،۱] اختصاص داده شد. در واقع معیارها و اثرها باید با وزن‌های مناسب که نشان دهنده سهم هر عامل برای کل پایداری است وزن‌دهی شوند (Mendoza & Prabhu, 2000a).

براساس تعریف Zadeh (1965)، اطلاعات کلیه لایه‌ها که به‌صورت مجموعه‌های فازی گسسته بودند به شکل رابطه ۱ تعریف شدند (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸٤). شایان ذکر است که علائم "+" و "∑" در رابطه ۱ به‌مفهوم جبری آن که در مجموعه‌های کلاسیک تعریف می‌شود، نمی‌باشد. در این تحقیق شش مجموعه از A_1 تا A_6 به‌ترتیب برای نقشه‌های شیب، جهت، تیپ جنگل، موجودی در هکتار توده‌های جنگل، تیپ‌های خاک و وضعیت سنگ بستر تعریف شد.

رابطه ۱ $$\widetilde{A} = \left\{ \frac{\mu_{\widetilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\widetilde{A}}(x_2)}{x_2} + \ldots + \frac{\mu_{\widetilde{A}}(x\ )}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_{\widetilde{A}}(x_i)}{x_i} \right\}$$

که در آن μ درجه عضویت هر یک از اعضاء (x) مجموعه A می‌باشد.

پس از آن که عضویت‌های جزیی (μ_{A1})، (μ_{A2})، ... و (μ_{A6}) به‌ترتیب برای نقشه‌های شیب، جهت، تیپ جنگل، موجوی در هکتار توده‌های جنگل، تیپ‌های خاک و وضعیت سنگ بستر محاسبه گردید، باید این اطلاعات به‌روش مناسبی با همدیگر ترکیب شوند تا عضویت کلی (μ) بدست آید. بکارگیری عملگرهای ترکیب مجموعه‌ها اصولاً بستگی به‌طرز فکر یا نگرش شخص محقق دارد (Mendoza & Prabhu, 2000b). در ضمن Mendoza & Prabhu (2000a) تکنیک‌های مختلفی را برای ترکیب مجموعه‌ای از چند عامل ارائه نمودند. یکی از روشهای معقول برای ترکیب عضویت‌های جزیی استفاده از میانگین هندسی است (Dubois & Prade, 1985; Dubois & Prade, 1988; Klir & Yuan, 1995; Yager, 1994). این روش دارای ویژگی مهمی است که اگر یکی از عضویت‌های جزیی ۱ باشد، کم بودن ضریب پذیرش عضویت جزیی دیگر را جبران می‌نماید، اما اگر عضویت جزیی برابر صفر باشد، نمی‌توان با ضرب آن در مقدار دیگر عضویت جزیی آن را متعادل نمود و همواره مقدار عضویت کلی برابر صفر خواهد بود (Zimmermann & Zysno, 1982). بر این اساس عضویت کلی هنگامی که $\beta = \gamma\text{-}1$ باشد به‌صورت میانگین هندسی در می‌آید. این عبارت دو عاملی که قاعده بتا- گاما نامیده می‌شود یکی از قواعد ادغام است که بیشتر اکولوژیست‌ها برای طبقه‌بندی به آن نیاز دارند (Saunders & Miller, 1992). اگر اوزان نرمال شده A, B, C, …, N به متغیرهای N و ... و ۳ و ۲ و ۱ اختصاص داده شوند، به‌شکلی که A+B+C+…+N=۱ در نظر گرفته شود، در این صورت نسخه وزن‌دهی شده قاعده بتا -گاما به‌صورت رابطه ۲ خواهد بود.

رابطه ۲ $$\mu = [\mu_1^{A} \times \mu_2^{B} \times \mu_3^{C} \times \ldots \times \mu_n^{N}]^{\beta} \times [1 - (1 - \mu_1)^{A} \times (1 - \mu_2)^{B} \times (1 - \mu_3)^{C} \times \ldots \times (1 - \mu_n)^{N}]^{\gamma}$$

عملگر میانگین هندسی برای شش مجموعه موردنظر در این تحقیق به‌صورت دو به دو اعمال شد و سه مجموعه فازی جدید که شامل نقشه شرایط توپوگرافی منطقه (حاصل تلفیق نقشه شیب و جهت جغرافیایی دامنه‌ها)، نقشه ویژگی توده‌های جنگلی (نقشه موجودی در هکتار و تیپ و پوشش جنگل) و نقشه ویژگی زمین‌شناسی منطقه (نقشه سنگ بستر و تیپ خاک) بود حاصل شد.

در مرحله بعد با توجه به این که بسیاری از استانداردهای زیست‌محیطی بر مبنای قاعده ادغام غیرجبرانی (Non-compensatory combination rule) هستند، برای ادغام نهایی سه مجموعه حاصل، از عملگر حداقل ($\mu = \mu_1\mu\cap_2\mu\cap_3$) که در نظریه مجموعه‌های فازی اشتراک مجموعه‌ها نامیده می‌شود و بر مبنای قاعده غیرجبرانی استفاده شد (Dubis & Prade, 1985; Dubis & Prade, 1988; Sanders & Miller, 1992). این روش طبقه‌بندی بسیار محتاطانه بوده و تنها شاخص‌های غیر قابل قبول را مورد توجه قرار می‌دهد. در این مرحله نقشه طبقه‌بندی شده منطقه براساس مناسب بودن هر قطعه با ابعاد ۱۰×۱۰ متر برای عبور مسیر جاده تهیه گردید. در

کلیه مراحل یادشده ارزش‌گذاری لایه‌ها و طبقات براساس نظر کارشناسی متخصصان این زمینه صورت گرفت.

در نهایت برای ارزیابی کاربرد منطق فازی در بررسی اثرات اکولوژیک باید سنجشی از این که تا چه اندازه کاربرد منطق فازی در این‌گونه تحقیقات مهم هستند، ارائه شود. در این تحقیق از تکنیکی که Pielou (1975) ارائه کرده است برای ارزیابی روش بکار رفته، استفاده شد. این تکنیک از شاخص تنوع شانون- وینر مشتق شده و در واقع روشی برای سنجش آنتروپی (عدم قطعیت) است که با اصلاحاتی در روابط ریاضیاتی، آن طوری متعادل شده که مقدار حداکثر آن برابر ۱ شود. بدین صورت شاخص آنتروپی فازی (F) برای مجموعه‌های فازی به شکل رابطه ۳ تعریف شده است.

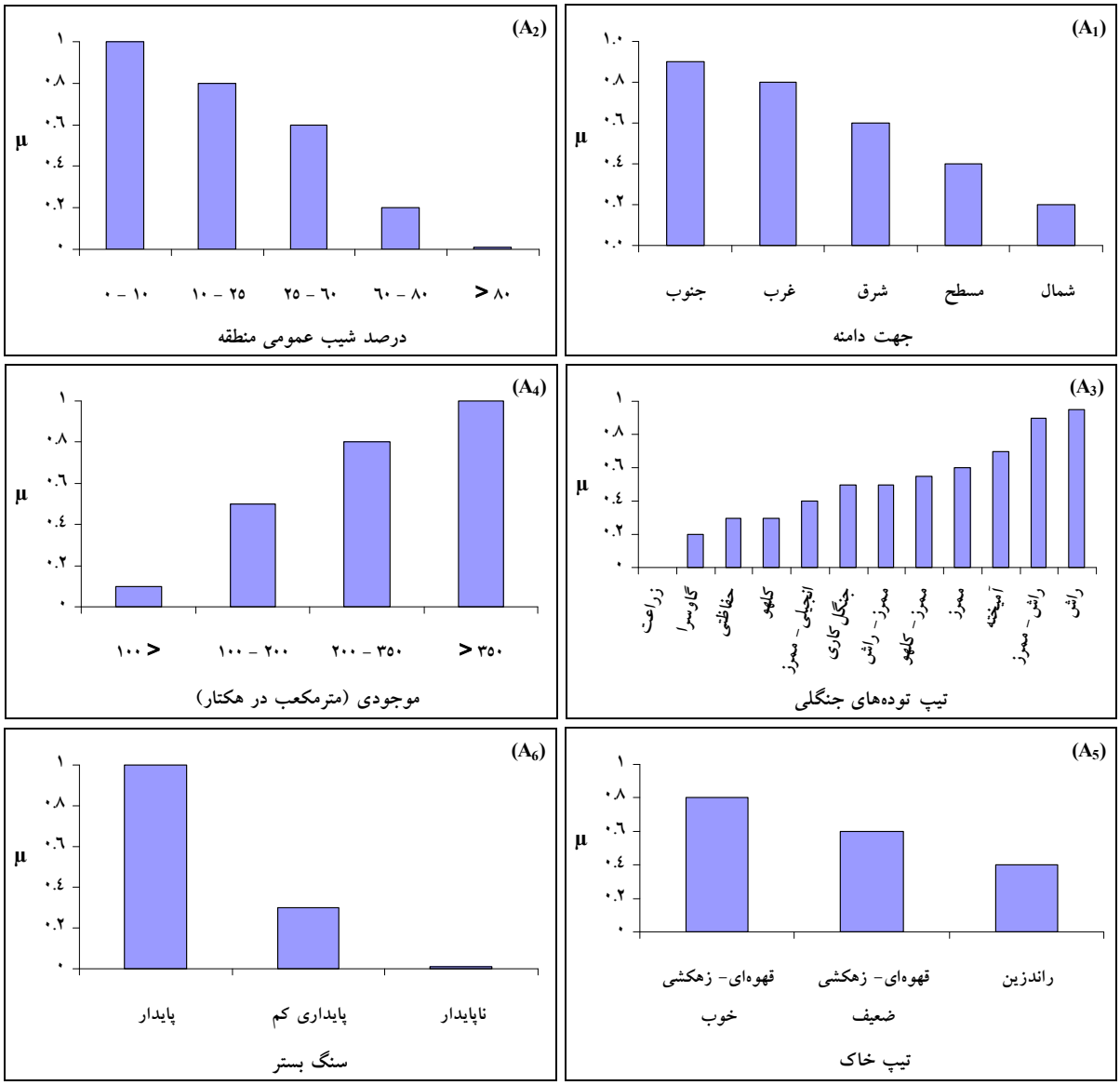
$$F = \sum \mu i \, . \ln \mu i \, / \ln n \qquad \text{رابطه ۳}$$

که در آن n: تعداد طبقات و μi: درجه عضویت هر طبقه (i) در نقشه فازی نهایی است.

به‌منظور ارزیابی شیوه فازی بکار گرفته شده در طبقه‌بندی منطقه جنگلی مورد مطالعه، پس از محاسبه لگاریتم پایه ۱۰، عضویت‌های جزیی در نقشه نهایی و شاخص آنتروپی متعادل شده محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیلهای فازی از نرم‌افزار Matlab نسخه ۷ استفاده شد.

نتایج

کلیه لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی شده در این تحقیق در قالب مجموعه‌های فازی که به‌صورت نمودار در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند، تعریف شدند.



شکل ۱- تعریف توابع عضویت جزیی براساس تعریف مجموعه‌های فازی گسسته (A1 تا A6 به‌ترتیب مجموعه‌های تعریف شده برای نقشه‌های شیب، جهت، تیپ جنگل، موجودی در هکتار توده‌های جنگل، تیپ‌های خاک و وضعیت سنگ بستر می‌باشند)

ادغام نقشه‌ها با اعمال عملگر میانگین هندسی

در ادغام نقشه‌ها که به‌صورت دو به دو با عملگر میانگین هندسی انجام شد، طبق نظر کارشناسی وزن لایه‌ها براساس قاعده بتا- گاما به‌شرح جدول ۱ تعریف شد.

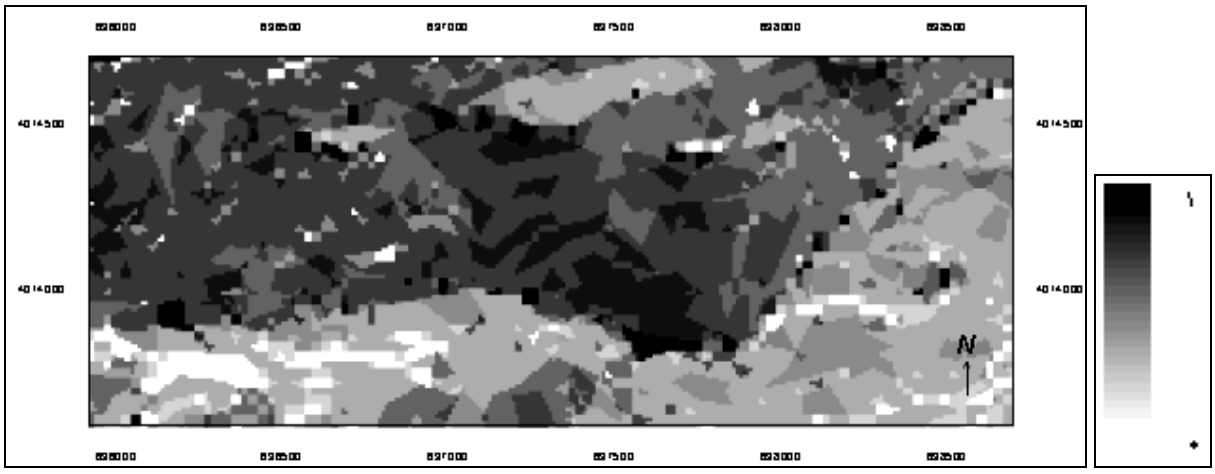
جدول ۱- وضعیت لایه‌ها و وزن‌های آنها در مرحله اعمال عملگر میانگین هندسی

لایه اطلاعاتی حاصل از اعمال عملگر میانگین هندسی	لایه‌های اطلاعاتی بکار برده شده	وزن لایه‌ها
شرایط توپوگرافی منطقه	نقشه شیب منطقه	۰/۶
	نقشه جهت جغرافیایی دامنه‌ها	۰/۴
ویژگی توده‌های جنگلی منطقه	نقشه موجودی در هکتار	۰/۶
	نقشه تیپ جنگل و وضعیت پوشش	۰/۴
ویژگی زمین‌شناسی منطقه	نقشه سنگ بستر	۰/۶
	نقشه تیپ خاک	۰/۴

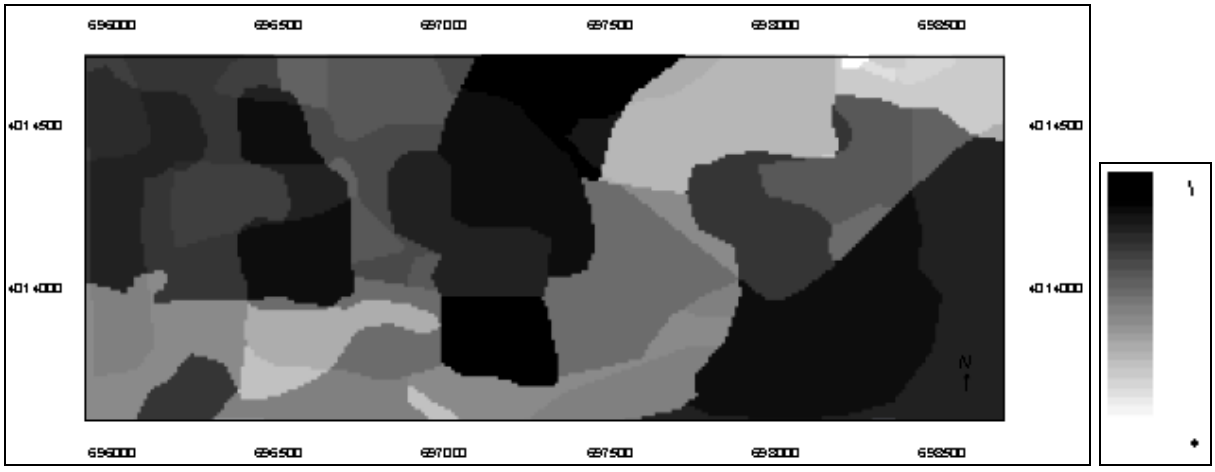
ادغام نقشه‌ها براساس رابطه ٤ انجام شد.

رابطه ٤ $$\mu = (\mu_{A1}{}^{0.4}.\mu_{A2}{}^{0.6})^{0.5} \times (1-(1-\mu_{A1})^{0.4} \times (1-\mu_{A2})^{0.6})^{1.5}$$

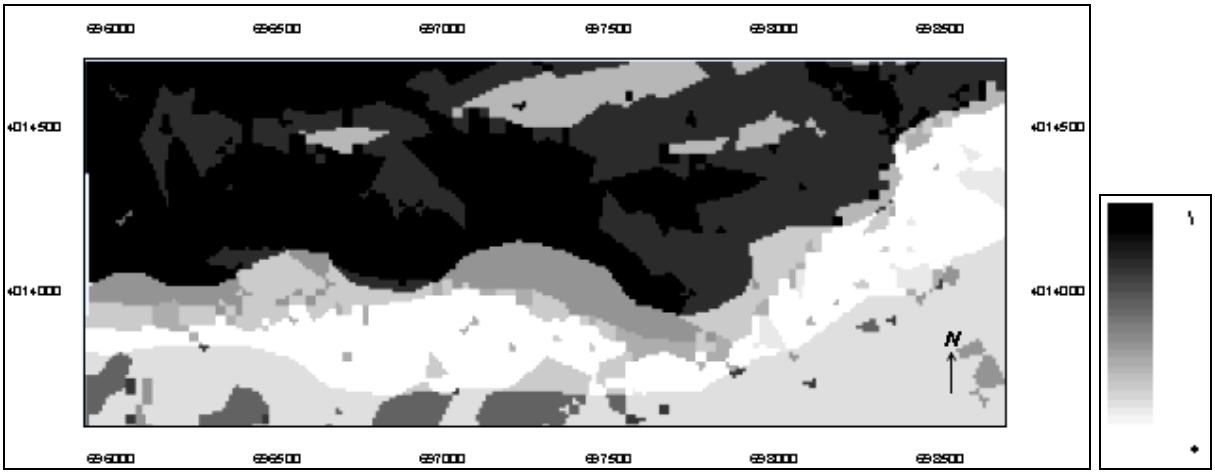
در نتیجه سه لایه اطلاعاتی شامل شرایط توپوگرافی، ویژگی توده‌های جنگلی و ویژگی زمین‌شناسی منطقه حاصل شد (شکل ۲).



الف- شرایط توپوگرافی



ب- ویژگی‌های توده جنگلی

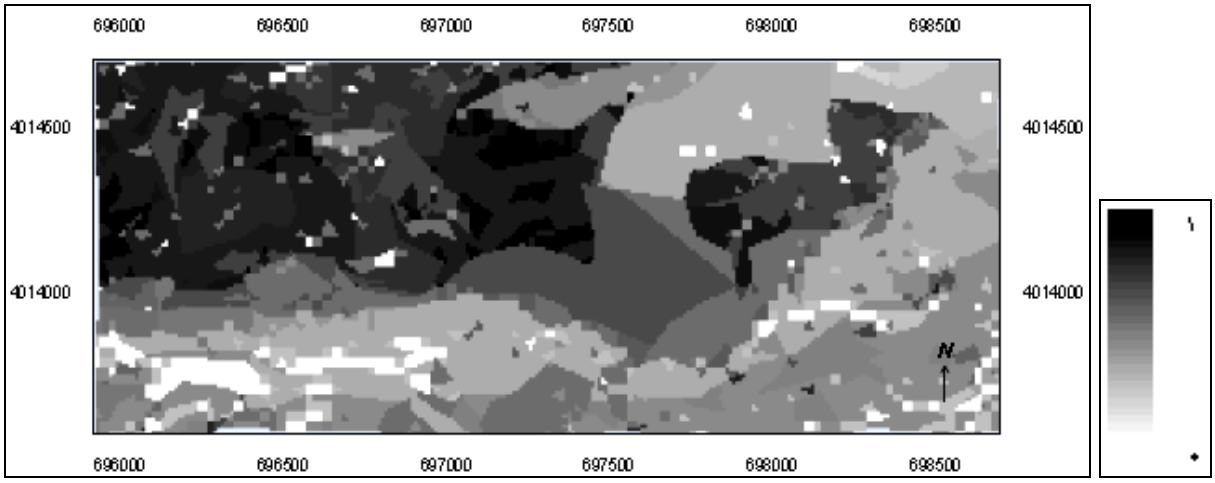


ج- ویژگی زمین‌شناسی

شکل ۲- لایه‌های اطلاعاتی پس از اعمال عملگر میانگین هندسی (برای بخشی از منطقه مورد مطالعه)

ادغام نهایی نقشه‌ها با اعمال عملگر حداقل

نقشه نهایی طبقه‌بندی شده منطقه مورد بررسی که با اعمال عملگر حداقل حاصل شده دارای ۱۵۶ طبقه می‌باشد که به‌ترتیب با افزایش مطلوبیت برای عبور مسیر جاده در محدوده‌ای از حداقل عضویت جزیی (۰) تا حداکثر عضویت جزیی (۱) قرار دارند. در این نقشه ابعاد هر جزء (پیکسل) ۱۰×۱۰ متر می‌باشد که از ارزش خاصی برخوردار است (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه نهایی طبقه‌بندی شده با عملگر حداقل

ارزیابی روش فازی بکار برده شده

نتایج ارزیابی کاربرد منطق فازی در این مطالعه نشان داد که تنوع طبقات عرصه طبقه‌بندی شده (۱۵۶ طبقه) و شاخص آنتروپی متعادل شده ۰/۶۸ می‌باشد؛ شایان ذکر است که حداکثر مقدار شاخص مذکور ۱ است.

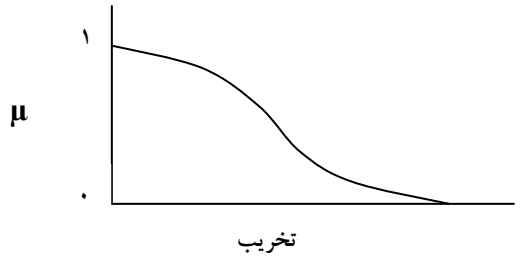
بحث

انتخاب لایه‌های اطلاعاتی و ارزش‌دهی

در طراحی مسیر جاده‌های جنگلی از نکات مهم در حذف پایداری دامنه‌ها و نامناسب بودن عرصه برای عبور جاده وجود رطوبت، ماندن آب در خاک و لغزش لایه‌های فوقانی بر روی لایه‌های غیر قابل نفوذ زیرین است. بر این اساس، هر چه دامنه در جهت آفتاب‌گیرتری باشد، خاک مناسبتر و زهکشی بهتری داشته باشد و از نظر زمین‌شناسی پایدارتر باشد از امتیاز بیشتری برای عبور مسیر جاده برخوردار است. از عوامل مهم دیگر در مسیریابی، شیب دامنه‌هاست که کمتر بودن شیب دامنه به‌هنگام انجام عملیات خاکی و ایجاد دیواره خاکبرداری عاملی برای پایداری بیشتر خاک است. همچنین این پایداری نیاز به ابنیه فنی مانند دیواره‌های نگهدارنده را کاهش می‌دهد. Tan (1992)، Acar (1997) و حسینی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعات خود برای بررسی جزئیات مؤثر در عبور مسیر جاده، شرایط عوامل مؤثر یادشده را متذکر شدند. در تحقیق حاضر به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه، بیشتر نقاط دارای شیب تقریباً زیاد بوده و دامنه‌ها در جهات مختلف قرار داشتند. وضعیت تیپ‌های خاکی منطقه نشان داد که سهم عمده‌ای از خاک منطقه قهوه‌ای جنگلی می‌باشد که دارای شرایط نسبتاً مناسبی برای عبور مسیر جاده است و محدودیت کمتری را برای عبور مسیر در منطقه ایجاد می‌نماید. اما وضعیت زمین‌شناسی منطقه حکایت از آن داشت که بخشی از منطقه که محل عبور رودخانه نیز می‌باشد از پایداری کمی برخوردار بوده و در برخی قسمت‌ها ناپایدار است. وضعیت تیپ‌های جنگلی نیز محدودیت کمتری را نسبت به موجودی در هکتار منطقه ایجاد می‌نمود، با این حال نوع تیپ جنگل و موجودی سرپا، عوامل مؤثری در تعیین مسیر عبور جاده در نظر گرفته می‌شوند. حسینی و همکاران (۱۳۸۳) و Acar (1997) نیز اذعان داشتند که عبور مسیر جاده از مناطقی که حاصل‌خیزی بیشتر داشته و از موجودی سرپای بیشتری برخوردارند، مناسب‌تر است.

در این تحقیق با استفاده از اطلاعات نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی دامنه‌ها، تیپ جنگل، موجودی در هکتار

توده‌های جنگلی، تیپ خاک و وضعیت سنگ بستر منطقه مورد مطالعه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، بکارگیری نظریه مجموعه‌های فازی در مسیریابی جاده‌های جنگلی مورد مطالعه قرار گرفت. در تعریف مجموعه‌های فازی و ارزش‌دهی به طبقات مختلف هر نقشه، سطح قابل قبول (درجه عضویت در مجموعه مطلوبیت برای عبور مسیر جاده) به‌صورت تابع کاهنده‌ای از افزایش تخریب منطقه در نظر گرفته شد (شکل ٤). یعنی افزایش جزیی احتمال تخریب، منجر به کاهش جزیی قابل قبول بودن گردید.



شکل ٤- نمای کلی سطح قابل پذیرش، مفهوم عضویت در مجموعه فازی به‌صورت تابعی از کل تخریب

این روش با روش غیرفازی متفاوت است. زیرا تغییرات جزیی اثری بر قابل قبول بودن ندارد، مگر آن که مقدار آن از حد مجاز بگذرد. در روشهای رایج گاهی ممکن است که یک افزایش جزیی منجر به رد یا پذیرش گردد. بنابراین فعالیت‌های متعادل‌سازی در حد یک تصمیم‌گیری کلی به‌صورت بلی- خیر در خواهد آمد. بکارگیری منطق فازی ما را قادر ساخت که براساس کل جوانب تصمیم‌گیری نماییم، نه این که هر بخش را به‌صورت مجزا بررسی کنیم. به‌طور مثال، در روش قدیمی وقتی که یکی از طبقات عرصه دارای شیب بیشتر از حد مجاز تعریف شده باشد (حتی اگر یک مقدار جزیی بیشتر باشد)، با این که تمام ویژگی‌های منطقه مانند موجودی جنگل، خاک منطقه و ... در حد مناسب برای عبور جاده باشند، آن طبقه از طبقات مطلوب حذف شده و به‌عنوان یک طبقه نامطلوب برای عبور مسیر جاده در نظر گرفته می‌شود.

ادغام لایه‌های اطلاعاتی (نقشه‌ها) و طبقه‌بندی عرصه

با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه و تنوع زیاد اشکال زمین و به‌تبع آن ساختار ناهمگن جنگل، طبقه‌بندی عرصه کاری بسیار دشوار و با حساسیت‌های زیست‌محیطی همراه است. بنابراین با بکارگیری همزمان دو روش میانگین هندسی و حداقل در طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه، سعی بر آن بوده که بهترین تلفیق از نقشه‌ها حاصل شود تا ضمن طبقه‌بندی منطقی‌تر عرصه، حساسیت‌های زیست‌محیطی نیز مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق حاضر، نقشه‌ها با وزن‌های مناسب که نشان دهنده سهم هر لایه برای مناسب بودن عرصه مورد مطالعه برای عبور مسیر جاده است، وزن‌دهی شده و سپس با هم ترکیب شدند. Mendoza & Prabhu (2000) نیز در مطالعه‌ای برای تعیین معیارهای مؤثر در مدیریت پایدار جنگل از روشی مشابه استفاده نمودند.

ارزیابی روش بکار گرفته شده

زمانی که در فرایند طبقه‌بندی با تنوع طبقات مواجه هستیم، تصمیم‌گیری برای انتخاب طبقه یا طبقات مناسب

پیچیده می‌شود. در این رابطه Silvert (1979) اذعان می‌دارد که هرگاه طبقه‌بندی شامل دامنه‌ای از طبقات شود و طبقات از تنوع زیادی برخوردار باشند، استفاده از منطق فازی ارجح است. در این تحقیق میزان تنوع با استفاده از شاخص آنتروپی محاسبه شد. آنتروپی رابطه تنگاتنگی با عدم قطعیت دارد، زیرا طبقه‌بندی با آنتروپی زیاد نشان دهنده عدم قطعیت زیاد در بیان وضعیت سیستم است که امکان مرزبندی صریح طبقات و تفکیک آنها را به‌درستی امکان‌پذیر نمی‌سازد. در این تحقیق، آنتروپی ٦٨ درصد به معنی عدم قطعیت نسبتاً زیاد در تصمیم‌گیری برای تعیین طبقات مطلوب و نامطلوب است. با توجه به این که در روش بکار گرفته شده در این تحقیق، مرز صریحی برای طبقات مطلوب و نامطلوب وجود ندارد و تغییرات به‌صورت جزیی صورت می‌گیرد، این مزیت را دارد که طراحان جاده‌های جنگلی قادر خواهند بود با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، دامنه‌ای از طبقات را برای عبور جاده مطلوب در نظر بگیرند و نیازی نباشد که با عدم قطعیت زیاد، طبقات مطلوب و نامطلوب را از هم تفکیک نمایند.

کاربرد نظریه مجموعه فازی در طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی می‌تواند ابزار ارزشمندی در راهبردهای در حال توسعه برای مدیریت تحت خطر باشد. در این مطالعه برای هر جزء از منطقه مورد مطالعه که یک سطح ۱۰×۱۰ متر را تشکیل می‌داد یک توصیه علمی فازی ارائه شد که براساس آن هر جزء از عرصه برای عبور مسیر جاده X درصد مناسب و X–۱ درصد نامناسب است که این نتیجه می‌تواند در مدیریت خطر برای تصمیم‌سازی بکار رود. در این زمینه Yoshimura (1997) برای ارزیابی خطر در مسیریابی جاده‌های جنگلی در جنگلهای کوهستانی ژاپن یک سیستم خبره فازی را بکار گرفت و از این سیستم در تصمیم‌گیری برای تعیین مکان‌های مناسب عبور جاده به‌نحو مطلوبی استفاده نمود.

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۷۵. طرح تجدیدنظر چهارم طرح جنگل‌داری لیره‌سر. اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ۲۰۰ صفحه.
- حسینی، س.ع.، ساریخانی، ن.، سلیمانی، ک.، جلالی، س.غ. و حسینی، س.م.، ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در مسیریابی جاده‌های جنگلی با استفاده از سامانه اطاعات جغرافیایی. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷ (۱): ۷۳-۵۹.
- سهرابی، ه.، ۱۳۸۸. بررسی امکان تهیه نقشه طبقات تراکم تاج‌پوشش و تیپ جنگل در مقیاس ۱:۵۰۰۰ با استفاده از تصاویر هوایی دوربین UltraCamD. سازمان جنگلها و مراتع کشور، تهران، ٦٦ صفحه.
- عزیزی، ز.، ۱۳۸۷. ارزیابی برآورد حجم سرپای جنگل و تغییرات آن در اثر احداث جاده‌های جنگلی با استفاده از تصاویر IRS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ٤٨ صفحه.
- فلاح‌شمسی، ر.، سبحانی، ه.، سعید، ا.، درویش‌صفت، ع. و فرجی‌دانا، ا.، ۱۳۸۵. مکان‌یابی خودکار کاربری زمین با استفاده از ارزیابی چندعامله تناسب سرزمین. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۳): ٦٢١-٦١٣.
- کوره‌پزان دزفولی، ا.، ۱۳۸٤. اصول نظریه مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد امیرکبیر، تهران، ٢٦١ صفحه.
- Acar, H.H., 1997. Preparation of forest transport plans in mountainous region. Turk Journal of Agriculture, 21: 201-206.
- Armitage, D., 1995. An integrated methodological framework for sustainable environmental planning and management. Environmental Management, 19 (4): 469-495.
- Bojorquez-Tapia L.A., Juarez, L. and Cruz-Bello, G., 2002. Integrating Fuzzy Logic, Optimization, and GIS for Ecological Impact Assessments. Environmental Management, 30 (3): 418-433.
- Dubois, D. and Prade, H., 1985. A review of fuzzy set aggregation connectives. Information Science, 36: 85-121.
- Dubois, D. and Prade, H., 1988. Possibility Theory. An approach to Computerized Processing of Uncertainty. Plenum Press, New York, 6 p.
- Klir, G.J. and Yuan, B., 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Theory and Application. Prentice-Hall, London, 573 p.

- Mendoza, G.A. and Prabhu, R., 2000a. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators. Forest Ecology & Management, 131: 107-126.
- Mendoza, G.A. and Prabhu, R., 2000b. Multiple criteria analysis for assessing criteria and indicators in sustainable forest management: A case study on participatory decision making in a Kalimantan forest. Environmental Management, 26 (6): 33-53.
- Pelt Van, M.J.F., Kuyvenhoven, A. and Nijkamp, P., 1995. Environmental sustainability: issues and definition and measurement. International Journal of Environment and Pollution, 5 (2/3): 204-223.
- Pielou, E.C., 1975. Ecological Diversity. Wiley Publication, New York, 165 p.
- Renning, K. and Wiggering, H., 1997. Steps towards indicators of sustainable development: linking economic and ecological concepts. Ecology Economic, 20: 25-36.
- Saunders, M.C. and Miller, B.J., 1999. Net Weaver TM: A Tool for the construction and maintenance of object-oriented knowledge bases. Penn State University, University Park, PA, 11 p.
- Silvert, W., 1979. Symmetric summation: a class of operations on fuzzy sets. IEEE Trans. System and Cybernetics, 9: 657-659.
- Tan, J., 1992. Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing system. Acta Forestalia Fennica 227, The Society of Forestry in Finland, The Finnish Forest Research Institute, Helsinki, 10 p.
- Yager, R.R., 1994. Aggregation operators and fuzzy systems modeling. Fuzzy Sets and Systems, 67 (2): 129-145.
- Yoshimura, T., 1997. Development of an Expert System Planning a Forest Road Based on the Risk Assessment. Published by Kyoto university, Kyoto, 82 p.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. Information Control, 8: 338-353.
- Zimmermann, H.J. and Zysno., P., 1982. Latent connectives in human decision making. Fuzzy Sets and Systems, 4: 37-51.

Fuzzy classification in forest area for road design (Case study: Lirehsar forest, Tonekabon)

Z. Azizi [1] and A. Najafi [2*]

1- Ph.D. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
E-mail: a.najafi@modares.ac.ir
Received: 13.10.2009 Accepted: 06.04.2010

Abstract

Classification of forest area for determining optimum places for constructing forest roads has a great importance in protecting and managing of forest. However, high variability in classes introduces uncertainty in classification process. Fuzzy set theory provides some solutions for such problems. The aim of this research is to classify forest area for road construction based on various layers including: slope, aspect, soil, land stability, forest type and volume in Lirehsar forest, Mazandaran Province, by means of fuzzy sets theory. First, partial membership was defined and all layers converted to fuzzy layers. Then, layers were combined by geometrical mean and minimum operators. Assessment of final map showed 68 percent entropy that means an uncertainty in decision making for classification. Therefore, to classify the areas, the fuzzy method was used, since in this method, borders are not explicitly separated and changes occur very minor. The fuzzy method has the advantage that enables forest road network designers to consider the favorable range of classes and there is no need to separate the favorable and unfavorable classes from each other with high uncertainty.

Key words: Forest roads, fuzzy set, geometrical mean function, minimum function, entropy.