پژوهش‌های محیط زیست، سال 1، شماره 1، بهار و تابستان 1389، از صفحه 1 تا 12

انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش نظام ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS)

عبدالرسول سلمان ماهینی[1]، پریناز رشیدی[*2]، مجید مخدوم[3]، افشین علیزاده شعبانی[4]، علیرضا میکاییلی تبریزی[5]، حسین وارسته مرادی[6]

1 دانشیار دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، ایران
2 دانش آموخته کارشناسی ارشد محیطزیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
3 استاد دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
4 استادیار دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
5 دانشیار دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، ایران
6 استادیار دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، ایران

(تاریخ دریافت:1388/8/11؛ تاریخ تصویب: 1389/5/25)

چکیده

انسان در اعصار مختلف با عملکرد خود در محیط به تخریب آگاهانه و ناآگاهانه طبیعت پرداخته و گونه‌ها را نابود کرده، و یا مورد تهدید قرار داده است. این تخریب‌ها موجب نگرانی است، زیرا از تخریب‌های بزرگ طبیعی پیشین شدیدتر و سریعتر بوده است. از این‌رو، با وجود کمبود داده‌ها و پیچیدگی فرایندهای طبیعی، می‌توان و باید در مسیر حفاظت بیشتر و بهتر از طبیعت گام برداشت و از بلایای انسان‌ساخت جلوگیری نمود، یا آنها را به حداقل رساند. با روشهای مختلف می‌توان به انتخاب قطعات مختلف سرزمین برای حفاظت پرداخت. رهیافت بوم‌شناسی سیمای سرزمین یکی از جدیدترین روشهایی است‌که از مشخصه‌هایی مانند شکل، اندازه، ساختار و رابطه بین پوشش‌های مختلف استفاده می‌کند. هدف اصلی این مطالعه استفاده از رهیافت سیمای سرزمین برای انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی در استان گلستان است. بدین منظور از نظام ارزیابی و اولویت حفاظت (CAPS) استفاده شد. این روش بر پایه مشخصه‌های سیمای سرزمین و ترکیب آن با عوامل اکولوژیکی مهم دیگر مانند سلامت رودخانه‌ها قرار دارد. پس از طبقه‌بندی سرزمین به جنگل، مرتع، رودخانه، شهر و روستا بر روی تصاویر ماهواره‌ای، مشخصه‌های سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstats تهیه شده است. سپس، از ارزیابی چند معیاره (MCA) با روش ترکیب خطی، وزن داده شده برای ترکیب لایه‌های مختلف مشخصه‌ها به منظور تعیین رضامندی سرزمین برای انتخاب لکه‌های حفاظتی استفاده شد. فرایند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) را کارشناسان برای اختصاص وزن‌ها به مشخصه‌ها استفاده کردند. در نتیجه این پژوهش نقشه رضامندی سرزمین برای کل استان برای اهداف حفاظتی حاصل شد، سپس با استفاده از آماره ZLS محاسبه شد و تعداد 19 زون برای لکه‌های حفاظتی تعیین شد. در این روند همچنین به‌منظور حفاظت برای تسهیل ادغام مشخصه‌های سیمای سرزمین، یک مدل حرفی توسعه داده و به کار گرفته شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش حاکی از آن‌است‌که سطح مناطق حفاظت شده استان گلستان بدون در نظر گرفتن منابع آبی و با در نظر گرفتن پیکسل‌هایی با رضامندی بیش از 160 در حدود 15 درصد سطح استان است که برابر با مساحتی در حدود 307391.6 هکتار است. این روش علاوه بر یکپارچه نگری، امکان بررسی سریعتر و کم‌هزینه‌تر مناطق وسیع برای انتخاب لکه‌های حفاظتی را فراهم می‌کند.

کلید واژه‌ها: گلستان، مشخصه‌های سیمای سرزمین، لکه‌های حفاظتی، ارزیابی چند معیاره، روش CAPS

[*] نویسنده مسئول: parinazrashidi@yahoo.com Email:

سرآغاز

برای حفاظت از اکوسیستم‌ها باید آنها را شناسایی و انتخاب کرد. البته در شرایط ایده‌آل کل یک کشور باید در درجات مختلف تحت حفاظت قرار گیرد و سایر کاربری‌های غیر حفاظتی در متن حفاظت انجام شوند و نه برعکس (سلمان ماهینی، 1385). اما به‌طور معمول این امکان وجود ندارد و از این رو انتخاب باید صورت گیرد. برای این کار نیز راههای گوناگونی وجود دارد که بعضی از آنها عبارتند از روش Genetic Algorithm , C- PLAN Biorap ,Gap Simulated Annealing و روش CAPS (سلمان ماهینی، 1385). روش Genetic Algorithm از ژنتیک الهام گرفته است و در آن، مناطق به قطعاتی تقسیم شده و چنین تصور می‌شود که این مناطق ژن هستند و همانند ژن‌ها در آنها جهش رخ می‌دهد و می‌توانند جدا، یا ترکیب شوند. در این مدل با هر تغییر و جهش بررسی می‌شود که آیا تغییرات ایجاد شده در مجموع مناطق انتخاب شده اولیه با اهداف حفاظتی هماهنگی دارد، یا خیر. در صورت درست بودن به جهش‌ها و تغییرات ادامه داده می‌شود و در غیر این صورت تغییر، حذف و تغییر دیگری انجام می‌شود و این کار بارها تکرار می‌شود تا مجموعه‌ای مناسب به‌دست آید (سلمان‌ماهینی، 1385). روش C- PLAN در پارک‌های ملی و سازمان حیات‌وحش نیوساث ویلز استرالیا برای تعیین مناطق حفاظتی در سیمای سرزمین ارائه شده‌اند و به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری طراحی شده است. این روش از جمله روش‌های اولیه سیستماتیک استفاده شده بر روی شبکه حفاظتی موجود مانند پارک‌ها و مناطق حفاظتی استرالیا است که حفاظت از تنوع‌زیستی را به حداکثر می‌رساند (Warman and Sinclair, 2000). در روش Biorap، همزمان مشخصه‌های مختلف زیر در نظر گرفته می‌شود: قلمروهای محیط‌زیستی، تیپ‌های پوشش گیاهی و گونه‌های در معرض خطر. سپس این مشخصه‌ها با هم ترکیب می‌شوند تا پایگاهی از اطلاعات موجود برای انتخاب مناطق را فراهم آورند (سلمان‌ماهینی، 1385). روش Gap در امریکا معرفی شده است و بیشتر برای مناطق وسیع و برای جلوگیری از در معرض خطر قرار گرفتن گونه‌ها و بوم‌سازگان‌ها انجام می‌شود. مفاهیم مورد استفاده در انتخاب مناطق شامل جامع بودن و کفایت و نماینده بودن است (سلمان ماهینی، 1385). مجموعه‌های مختلف، مناطق قابل حفاظت را مورد بررسی قرار می‌دهد. تعداد این مجموعه‌ها از نظر تئوری بی‌نهایت است. این مجموعه‌ها اهداف مختلف از نظر هزینه، ویژگی‌های موجود در هر یگان برنامه‌ریزی و اثر منفی ناشی از مرز اضافی در الگوهای مختلف حفاظتی و سایر اهداف را برآورده می‌کنند (سلمان ماهینی، 1385). از آن‌جاکه افزایش مناطق حفاظتی در سطح کشور مفید و ضروری به نظر می‌رسد و در سطح کشور تلاش برای طراحی و انتخاب ذخیره‌گاهها به روش سیستماتیک انجام نگرفته است، در این تحقیق سیستم ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS)[1] به‌منظور تصمیم‌گیری برای انتخاب و اولویت‌بندی سیستماتیک لکه‌های حفاظتی مورد استفاده قرار گرفته است. روش CAPS را در سال 2005 McGarigal برای حفاظت جوامع طبیعی براساس ارزیابی یکپارچگی اکولوژیک در منطقه Highland و آبخیز Housatonic در امریکا استفاده کرد (McGarigal et al., 2005). در ایران این روش برای اولین بار در سطح استان گلستان انجام گرفته است تا نقاط ضعف و قوت روش شناخته شود و الگویی برای انتخاب سیستماتیک لکه های حفاظتی به‌دست آید. ضمن این‌که روش سیستماتیک علاوه بر یکپارچه‌نگری، امکان بررسی سریعتر و کم‌هزینه‌تر مناطق وسیع را برای انتخاب لکه‌های حفاظتی فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت 20437/74 کیلومترمربع، 1/3 درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان بین 36 درجه و 30 دقیقه و 2 ثانیه تا 38 درجه و 7 دقیقه و 6 ثانیه عرض شمالی و 53 درجه و 51 دقیقه تا 56 درجه و 21 دقیقه و 4 ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و در بخش شمال‌شرقی کشور واقع شده است. از نظرمحدوده سیاسی، استان گلستان از شمال به کشور ترکمنستان از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای مازندران و استان مازندران محدود می‌شود (سالنامه آماری استان گلستان، 1385). براساس آخرین تقسیمات کشوری در سال، 1385 این استان شامل 11 شهرستان، 24 شهر، 21 بخش و 50 دهستان است (سالنامه آماری استان گلستان، 1385).

در این مطالعه لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش نظام ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS) شناسایی شده (McGarigal et al., 2005) و مراحل زیر طی می‌شود:

روش پژوهش

تهیه لایه‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی: لایه‌های ورودی در محیط GIS و به کمک داده‌های سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع (DEM) و خروجی FRAGSTATS تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی ذیل برای تشکیل و آماده‌سازی بانک اطلاعات زمین مرجع استفاده شدند. این اطلاعات و منبع تأمین آنها به اختصار عبارتند از:

برای تهیه نقشه معیارها، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، کاربری و پوشش اراضی استان در طبقات اولیه تهیه شد. سپس با استفاده مشخصه‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار FRAGSTATS تهیه شد و پس از تعیین میزان همبستگی آنها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مشخصه‌های هسته مرکزی، تعداد هسته مرکزی، نسبت هسته مرکزی، شاخص پیوستگی، شاخص چین‌خوردگی، مساحت، نسبت محیط به مساحت، فاصله نزدیکترین همسایه انتخاب شدند (جدول 1). سپس با استفاده از دستور Assign در نرم‌افزار IDRISI نقشه این معیارها تهیه شد. نقشه تراکم پوشش گیاهی و جنگل‌های استان گلستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. سپس تنوع داخلی تراکم پوشش گیاهی با استفاده از طبقه‌بندی مجدد نقشه تراکم پوشش گیاهی در شش طبقه تهیه شد. این کار براساس نمودار پراکنش پیکسل‌ها و نیز تکرار و تجربه انجام شد. سپس با استفاده از روال TEXTURE نقشه تنوع داخلی تراکم پوشش گیاهی استان به‌دست آمد. نقشه مراتع استان گلستان با استفاده از نقشه کاربری استان و نقشه تنوع حاشیه با استفاده از روی‌هم‌گذاری لایه‌های جنگل، مرتع و هیدرولوژی و با استفاده از روال PATTERN تهیه شد. برای تهیه لایه درجه یکپارچگی رود از روی‌هم‌گذاری نقشه‌های جاده‌های اصلی، راه‌آهن و هیدرولوژی استفاده شد، سپس برای سنجیدن تعداد نقاط عبور از رودخانه از روال PATTERN استفاده شد و نقشه حاصل از این مرحله با نقشه هیدرولوژی روی‌هم‌گذاری شد تا نقشه درجه یکپارچگی رود به‌دست آید. برای تهیه نقشه فاصله از مراکز شهری، روستایی و جاده‌های اصلی، اطلاعات استخراج شده از داده‌های سنجش از دور و نقشه‌های محلی برای ایجاد این نقشه مفید بوده است. نقشه‌های نشان‌دهنده محدودیت، به طور طبیعی، یا از سوی جوامع انسانی، به‌صورت استانداردها، قوانین و غیره تحمیل شده و اجازه نمی‌دهند برخی اقدامات خاص انجام پذیرد (رفیعی، 1386). نقشه‌های محدودیت شامل لایه‌های شهر، روستا، جاده و مناطق زراعی است. پس از استخراج لایه‌های اطلاعاتی مختلف، نقشه‌ها به‌صورت لایه‌های قابل استفاده برای تحلیل تبدیل شدند تا برای انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان اقدام شود. این فعالیت عبارت بود از تبدیل کردن نقشه‌های مورد نیاز به فرمت‌های مناسب و مورد قبول نرم‌افزارهای Arc GIS 9.2 و IDRISI که در تحلیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برای انتخاب و اولویت‌بندی لکه‌های حفاظتی ابتدا لایه‌های مؤثر در انتخاب لکه‌ها استاندارد شدند. استفاده از منطق فازی (Zadeh, 1965) به‌منظور استانداردسازی نقشه‌های فاکتور از روش‌هایی است‌که امروزه مورد توجه فراوان قرار گرفته است. برخلاف منطق بولین (Eastman, 2006)، در منطق فازی، می‌توان بین اعدادی مثل 0 تا 1، یا 0 تا 255 مجموعه‌ای از اعداد را تصور کرد که هر یک از آنها با تابع عضویت تعریف می‌شود (Eastman, 2003). تابع عضویت در برگیرنده طیفی از اعداد است که بین حالت قابل قبول و غیرقابل قبول درجات مختلف پذیرش را نمایش می‌دهند. مقیاس مورد استفاده در این تحقیق برای تعیین تابع عضویت، مقیاس بایت در بازه 0 تا 255 است. در این بازه مقدار عضویت بالاتر رضامندی بیشتر و مقدار عضویت پایین‌تر رضامندی کمتر را نشان می‌دهد. علاوه بر مسئله انتخاب مقیاس برای تهیه نقشه‌های فازی، باید نوع تابع فازی (Eastman, 2003) را نیز مورد بررسی قرار داده و تابع مناسب‌تر را برای معیار مورد نظر انتخاب کرد. از توابع مشهور می‌توان به توابع S شکل، خطی و J شکل اشاره کرد (Eastman et al, 1995). توابع ذکر شده در محیط Idrisi وجود دارد و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود، تابع را نیز تعریف کند. یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی، تعیین حد آستانه است که نقاط کنترل نیز به آنها گفته می‌شود. اما نکته‌ای که باید در انتخاب تابع به آن توجه کرد، نوع کاهشی، یا افزایشی بودن توابع است که منظور از کاهشی، حداقل شونده، یا نزولی بودن تابع، و منظور از افزایشی، حداکثر شونده، یا صعودی بودن تابع است (متکان و همکاران، 1387). در تحقیق حاضر لایه‌های تراکم

پوشش گیاهی، تنوع داخلی تراکم پوشش گیاهی، تنوع حاشیه، شیب، مساحت، هسته مرکزی، تعداد هسته مرکزی، شاخص پیوستگی و شاخص هسته مرکزی با استفاده از تابع افزاینده یکنواخت، فازی شد و در مقیاس بایت بی‌مقیاس شد. لایه‌های فاصله نزدیکترین همسایه، نسبت محیط به مساحت، شاخص چین‌خوردگی و فاصله از جاده با استفاده از تابع کاهنده یکنواخت فازی، شده و در مقیاس بایت، بی‌مقیاس شد. لایه‌های فاصله از شهر و فاصله از روستا با استفاده از تابع متقارن فازی شد و در مقیاس بایت بی‌مقیاس شد.

جدول (1): مشخصه‌های سیمای سرزمین انتخاب شده

مساحت	$Area = a_{ij}\left[\frac{1}{10,000}\right]$ a_{ij} = *مساحت لکه* ij *برحسب متر*
نسبت محیط به مساحت	$PARA = \frac{P_{ij}}{a_{ij}}$ P_{ij}= *محیط لکه* ij *برحسب متر* a_{ij}= *مساحت لکه* ij *برحسب متر*
هسته مرکزی	$CORE = a_{ij}^{c}\left[\frac{1}{10.000}\right]$ a_{ij} = *هسته مرکزی لکه* ij *که براساس عمق حاشیه شکل گرفته است (برحسب متر)*
تعداد هسته مرکزی	$NCORE = n_{ij}^{c}$ n_{ij}^{c}= *تعداد هسته‌های مرکزی منفصل در لکه* ij *که براساس عمق لبه شکل گرفته است (برحسب متر)*
شاخص هسته مرکزی	$CAI = \frac{a_{ij}^{c}}{a_{ij}}(100)$ a_{ij}^{c}= *هسته مرکزی لکه* ij *که براساس عمق حاشیه شکل گرفته است (برحسب متر)* a_{ij} = *مساحت لکه* ij *(برحسب متر)*
شاخص پیوستگی	$CONTIG = \frac{\left[\frac{\sum_{r=1}^{z} C_{ijr}}{a_{ij}}\right] - 1}{V - 1}$ C_{ijr}= *ارزش پیوستگی برای پیکسل لکه* ij V= *مجموع ارزشها در سلول 3×3* a_{ij} = *مساحت لکه* ij *با تعدادی از سلول‌ها*
شاخص چین خوردگی	$FRAC = \frac{2Ln(0/25p_{ij})}{Lna_{ij}}$ p_{ij} = *محیط لکه* ij *(برحسب متر)* a_{ij} = *مساحت لکه* ij *(برحسب متر)*
فاصله اقلیدسی	$ENN = h_{ij}$ h_{ij}= *فاصله از لکه* ij *تا نزدیکترین لکه همسایه (برحسب متر)*

در روشهای ارزیابی چند معیاره (MCE)، می‌باید برای معیارهای مورد بررسی وزن‌هایی تخصیص داده شود، که این وزن‌دهی بسیار مهم و تعیین‌کننده است (اصغرپور، 1381 و Malczewski, 1999). در تعیین وزن‌ها نهایت دقت لازم

است تا نتیجه حاصل مطابق با انتظار باشد (متکـان و همکـاران، 1387). وزن معیارها با روش مقایسه‌های زوجی و فن‌بردار ویژه به دست آمد (Satty, 1988). برای مشخصه‌های بکر بودن کـه شامل مشخصه‌هایی است‌که مدیریت انسان در آن دخیل نیسـت و مشخصه‌های قابل مدیریت که تحت مدیریت انسان اسـت بـه طور جداگانه پرسش‌نامه‌هایی آماده و با مشاوره چنـد متخصـص تکمیل شد. برای انجام روش مقایسـه دوتـایی ابتـدا تـک تـک معیارهای مورد بررسی مقایسه شد و میزان اهمیـت نسـبی هـر جفت با توجه به امتیازبندی موجود بین 1تا 9 در مـاتریس وارد شد. پس از آن، وزن‌ها و همچنین نسبت توافق (CR) محاسبه شد. مقایسه‌های انجام شده، $CR< 0.1$ را نشان دادنـد کـه بـه مفهوم قابل قبـول بـودن وزن‌هـای محاسـبه شـده بـوده اسـت (جدول‌های 2، 3، 4، 5).

جدول (2): مقایسه‌های زوجی مشخصه‌های بکر بودن برای کاربری جنگل

جنگل	مساحت	شاخص هسته مرکزی	شاخص یکپارچگی	هسته مرکزی	فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه	شاخص پیوستگی	نسبت محیط به مساحت	تعداد هسته مرکزی	تراکم پوشش گیاهی	تنوع تراکم پوشش گیاهی	تنوع حاشیه	درجه یکپارچگی رودخانه ها
	(AREA)	(CAI)	(CONTIG I)	(CORE)	(ENN)	(FRACTAL)	(PARA)	(NCORE)	(NDVI)			
مساحت (AREA)	1											
شاخص هسته مرکزی (CAI)		1										
شاخص یکپارچگی (CONTIG I)			1									
هسته مرکزی (CORE)				1								
فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه (ENN)					1							
شاخص پیوستگی (FRACTAL)						1						
نسبت محیط به مساحت (PARA)							1					
تعداد هسته مرکزی (NCORE)								1				
تراکم پوشش گیاهی(NDVI)									1			
تنوع تراکم پوشش گیاهی										1		
تنوع حاشیه											1	
درجه یکپارچگی رودخانه ها												1

جدول (3): مقایسه‌های زوجی مشخصه‌های قابلیت مدیریت برای کاربری جنگل

جنگل	فاصله تا شهر	فاصله تا روستا	فاصله تا جاده
فاصله تا شهر	1		
فاصله تا روستا		1	
فاصله تا جاده			1

جدول (4): مقایسه‌های زوجی مشخصه‌های بکر بودن برای کاربری مرتع

مرتع	مساحت	شاخص هسته مرکزی	شاخص یکپارچگی	هسته مرکزی	فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه	شاخص پیچیدگی شکل	نسبت محیط به مساحت	تعداد هسته مرکزی	تراکم پوشش گیاهی	تنوع تراکم پوشش گیاهی	تنوع حاشیه	درجه یکپارچگی رودخانه ها
	(AREA)	(CAI)	(CONTIG I)	(CORE)	(ENN)	(FRACTAL)	(PARA)	(NCORE)	(NDVI)			
مساحت (AREA)	1											
شاخص هسته مرکزی (CAI)		1										
شاخص یکپارچگی (CONTIG I)			1									
هسته مرکزی (CORE)				1								
فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه (ENN)					1							
شاخص پیوستگی (FRACTAL)						1						
نسبت محیط به مساحت (PARA)							1					
تعداد هسته مرکزی (NCORE)								1				
تراکم پوشش گیاهی(NDVI)									1			
تنوع تراکم پوشش گیاهی										1		
تنوع حاشیه											1	
درجه یکپارچگی رودخانه ها												1

جدول (5): مقایسه‌های زوجی مشخصه‌های توانایی مدیریت برای کاربری مرتع

مرتع	فاصله تا شهر	فاصله تا روستا	فاصله تا جاده
فاصله تا شهر	1		
فاصله تا روستا		1	
فاصله تا جاده			1

ارزیابی و ترکیب معیارها

در این مطالعه، به‌منظور انتخاب و اولویت‌بندی سیستماتیک[2] لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش CAPS (McGarigal et al., 2005)، از روش ارزیابی چند معیاری (Higgs, 2006)، با روش ترکیب خطی وزن داده شده استفاده شد. برای این کار نوعی مدل حرفی ارائه شد تا وزن‌دهی و ترکیب کردن اطلاعات به نحو بهتری صورت گیرد. در این روش، نقشه یکنواخت شده فاکتورها در وزن فاکتورها ضرب، حاصل‌ضرب‌ها به صورت‌برداری جمع، سپس نتایج در نقشه محدودیت‌ها ضرب می‌شوند و مجموع امتیازات هر پیکسل به‌دست می‌آید. سپس روش ترکیب خطی وزن داده شده طبق رابطه 1 به دست می‌آید (Eastman, 2003).

رابطه (1) $s = \Sigma w_i x_i \Pi c_i$

که در آن :

S: رضامندی

wi : وزن معیار i

xi : ارزش بی مقیاس شده معیار i

ci نشان‌دهنده نقشه محدودیت‌هاست و Π علامت ضرب است.

خروجی روش ترکیب خطی وزن داده شده، تصویر نهایی شایستگی منطقه تحت مطالعه برای انتخاب لکه‌های مناسب برای حفاظت است. تصویر نهایی شایستگی به عنوان ورودی، وارد مرحله انتخاب ایستگاه[3] می‌شود. برای انتخاب ایستگاه روشهای مختلفی وجود دارد. در تحقیق حاضر محدودیت بر نقشه نهایی شایستگی اعمال شد که براساس آن کمینه مساحت زون‌های حفاظتی 300 هکتار است. در مرحله بعد شایستگی ناحیه‌ای سرزمین[4] (میانگین رضامندی پیکسل‌های هر زون) براساس رابطهٔ 2 محاسبه شد (Salman Mahini and Gholamalifard, 2006).

رابطه (2) $S = \frac{\sum (L_i)_z}{n_z}$

که در آن:

S_z= شایستگی ناحیه‌ای سرزمین

$(L_i)_z$ = میزان شایستگی پیکسل i متعلق به زون z

n_z = تعداد پیکسل‌های تشکیل‌دهندهٔ زون z

برای محاسبه S_z از روال‌های EXTRACT, OVERLAY, AREA, GROUP, RECLASS در محیط نرم‌افزار Idrisi استفاده شد (Salman Mahini and Gholamalifard, 2006). در نهایت زون‌ها براساس شایستگی ناحیه‌ای سرزمین، به صورت نزولی مرتب شدند.

یافته‌ها

روش CAPS (McGarigal et al., 2005)، به منظور انتخاب سیستماتیک لکه های حفاظتی در سطح استان گلستان بر اساس شکل (1) انجام شد و نتایج زیر به‌دست آمد:

هر چه مساحت لکه‌های حفاظتی بزرگتر باشد، لکه‌ها در آنجا کمتر مورد تخریب قرار گرفته و دست نخورده‌ترند. بر این اساس، بزرگ بودن مساحت لکه‌های حفاظتی عامل مطلوب در نظر گرفته می‌شود.

فاصله لکه‌ها را به صورت اقلیدسی می‌توان اندازه‌گیری کرد. هر چه فاصله لکه‌ها کمتر باشد، دست‌خوردگی آنها کمتر است بنابراین، فاصله نزدیکتر در لکه‌های حفاظتی عاملی مطلوب به شمار می‌رود. شاخص پیوستگی نمایه‌ای از توپر بودن هر لکه، وضعیت مرز و حاشیه آن و نیز پیوستگی آن با سایر لکه‌های مشابه در سطح سیمای سرزمین است. هرچه این نمایه بزرگتر باشد نشان‌دهنده شکل گردتر، توپرتر و سطح پیوستگی بالاتر لکه حفاظتی است. لکه‌های حفاظتی در حاشیه و مرز خود می‌توانند دارای مقادیر متفاوت چین‌خوردگی باشند. این چین‌خوردگی به تعبیری یک بعد به ابعاد لکه‌ها اضافه می‌کند و می‌تواند در مقیاس‌های مختلف تکرارشونده هم باشد. به هر ترتیب، چین‌خوردگی در خصوص لکه‌های حفاظتی عامل مطلوبی به شمار نمی‌رود و به طور معمول با افزایش آن سطح تماس لکه با محیط پیرامون بیشتر می‌شود و از این‌رو حساسیت و ضربه‌پذیری آن بالا می‌رود.

نمایه نسبت محیط به مساحت همانند چین‌خوردگی نقش اساسی در وضعیت لکه‌های حفاظتی از نظر حساسیت و آسیب‌پذیری نسبت به تخریب انسانی دارد. از این‌رو، این نمایه هرچه بالاتر باشد، سطح تماس لکه حفاظتی افزایش می‌یابد و در نتیجه این نمایه عامل مطلوبی نیست. نمایه‌های هسته مرکزی، تعداد هسته مرکزی و نسبت هسته مرکزی از عواملی‌اند که افزایش آنها سبب افزایش ارزش حفاظتی لکه موردنظر است؛ حتی اگر مساحت کمتری داشته باشند.

- نتایج حاصل از ارزیابی چند متغیره

روش CAPS براساس ارزیابی چند متغیره، یا همان MCE قرار دارد. برای این کار مدل حرفی ارائه شد تا وزن‌دهی و ترکیب کردن اطلاعات به نحو بهتری صورت گیرد (جدول 6).

- **وزن‌دهی:** برای ارزیابی به روش چند متغیره، نیاز به وزن‌دهی به عوامل ذکر شده است. بر طبق شکل (1) این وزن‌دهی به روش AHP (McGarigal et al., 2005)، صورت پذیرفت. وزن‌های به‌دست آمده در جدول‌های شماره (7، 8، 9 و 10) نشان داده شده‌اند.

جدول (6): مدل حرفی برای انتخاب لکه‌های حفاظتی در استان گلستان

نوع اکوسیستم	مشخصه‌های حفاظتی
جنگل	مساحت هسته مرکزی، تعداد هسته مرکزی، نسبت هسته مرکزی، شاخص یکپارچگی، تراکم پوشش گیاهی و تنوع حاشیه در آن لکه بزرگ باشد.
	فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه، شاخص چین‌خوردگی، نسبت محیط به مساحت و درجه تخریب رودخانه‌ها در آن لکه کم باشد.
	فاصله لکه‌های حفاظتی از محل عبور جاده حداقل 210 متر باشد و حداکثر در دو نقطه جاده از آنها عبور کرده باشد.
	فاصله از شهرها و پیرامون آنها حداقل 2475 متر باشد.
	از روستاها و پیرامون آنها حداقل 210 متر فاصله مطلوب است.
	فاصله این مناطق از جاده‌های اصلی و مسیر عبور خط راه‌آهن و سایر تأسیسات زیربنایی حداقل 120 متر باشد.
مرتع	مساحت هسته مرکزی، تعداد هسته مرکزی، نسبت هسته مرکزی، شاخص یکپارچگی، تراکم پوشش گیاهی و تنوع حاشیه در آن لکه بزرگ باشد.
	فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه، شاخص چین‌خوردگی، نسبت محیط به مساحت و درجه تخریب رودخانه‌ها در آن لکه کم باشد.
	فاصله لکه‌های حفاظتی از محل عبور جاده حداقل 210 متر باشد و حداکثر در دو نقطه جاده از آنها عبور کرده باشد.
	فاصله از شهرها و پیرامون آنها حداقل 2475 متر باشد.
	از روستاها و پیرامون آنها حداقل 210 متر فاصله مطلوب است.
	فاصله این مناطق از جاده‌های اصلی و مسیر عبور خط راه‌آهن و سایر تأسیسات زیربنایی حداقل 120 متر باشد.
ترکیب جنگل و مرتع	تنوع تیپ‌های پوششی، تراکم و تغییرات تراکم پوشش گیاهی در واحد سطح بیشتر باشد.
رودخانه	رودخانه‌ها و بافر 210 متری آنها جزو مناطق حفاظتی محسوب می‌شود.

جدول (7): وزن‌دهی به مشخصه‌های توانایی مدیریت برای کاربری مرتع براساس روش AHP

مشخصه	وزن
فاصله تا جاده	0.637
فاصله تا شهر	0.2583
فاصله تا روستا	0.1047

جدول (8): وزن‌دهی به مشخصه‌های بکر بودن برای کاربری مرتع براساس روش AHP

مشخصه	وزن
تنوع تراکم پوشش گیاهی	0.295
تراکم پوشش گیاهی	0.1615
درجه یکپارچگی رود	0.094
شاخص چین خوردگی	0.0843
نسبت محیط به مساحت	0.064
نسبت هسته مرکزی	0.0619
تعداد هسته مرکزی	0.0597
شاخص پیوستگی	0.0478
هسته مرکزی	0.0469
مساحت	0.0392
تنوع حاشیه	0.0256
فاصله نزدیکترین همسایه	0.0195

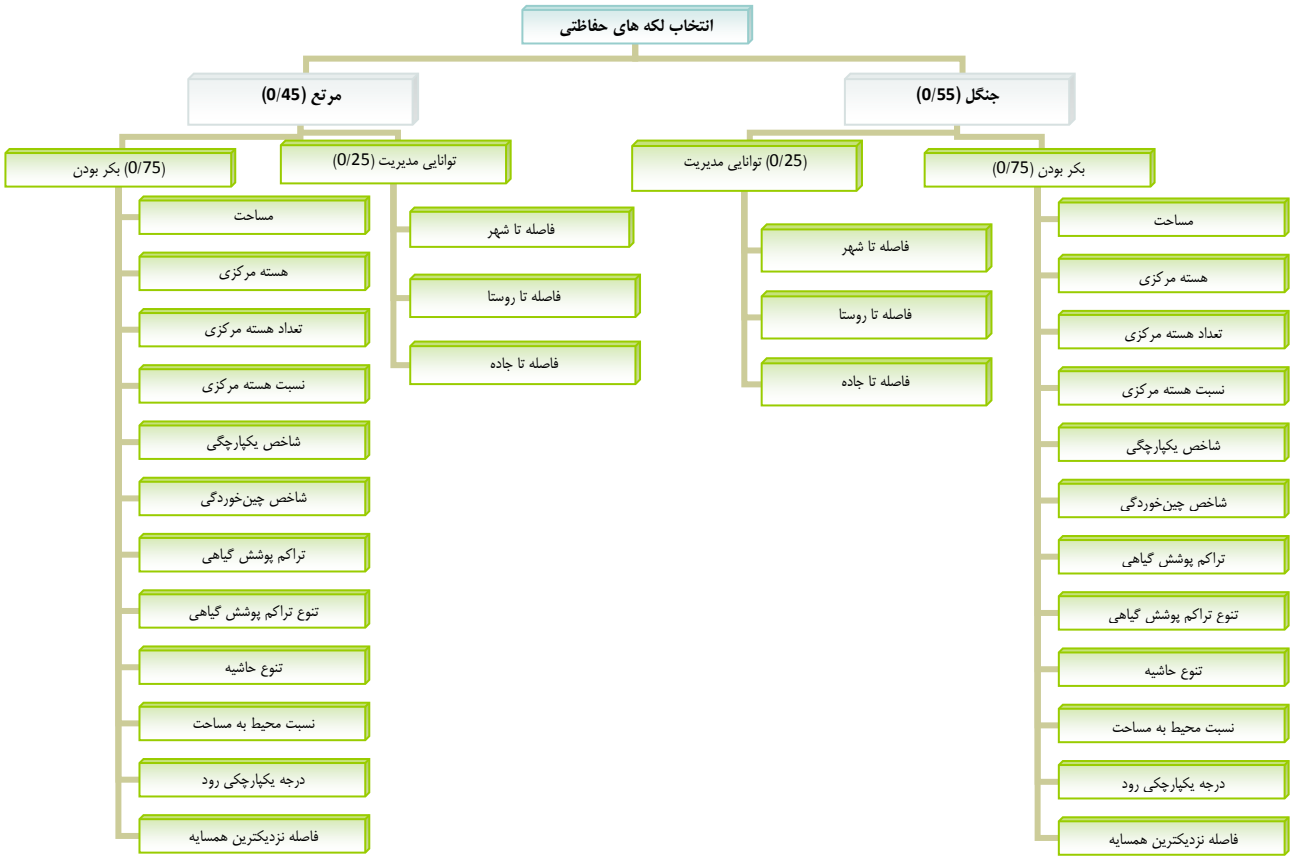
جدول (9): وزن‌دهی به مشخصه‌های توانایی مدیریت برای کاربری جنگل براساس روش AHP

مشخصه	وزن
فاصله تا جاده	0.7306
فاصله تا شهر	0.1884
فاصله تا روستا	0.081

جدول (10): وزن‌دهی به مشخصه‌های بکر بودن برای کاربری جنگل براساس روش AHP

پارامتر	وزن
تنوع تراکم پوشش گیاهی	0.3043
تراکم پوشش گیاهی	0.1896
شاخص چین خوردگی	0.1331
نسبت محیط به مساحت	0.066
تعداد هسته مرکزی	0.0519
درجه یکپارچگی رود	0.0491
نسبت هسته مرکزی	0.0452
شاخص پیوستگی	0.0408
هسته مرکزی	0.0381
تنوع حاشیه	0.0353
مساحت	0.0287
فاصله نزدیکترین همسایه	0.0177

در وزن‌دهی به مشخصه‌های بکر بودن برای جنگل‌ها و مراتع استان گلستان، تنوع تراکم پوشش گیاهی از همه مهمتر و فاصله نزدیکترین همسایه از بقیه مشخصه‌ها کم‌اهمیت‌تر در نظر گرفته شده است. در وزن‌دهی به مشخصه‌های قابلیت مدیریت برای جنگل‌ها و مراتع استان گلستان معیار فاصله از شهر از همه مهمتر و معیار فاصله از جاده از همه کم اهمیت‌تر فرض شده است. در وزن‌دهی به مشخصه‌های توانایی مدیریت جنگل و مرتع، عددهای کمتری داده شد، تا در جمع به طور بسیار شدید و غیرواقعی در تناسب نهایی عمل نکنند.

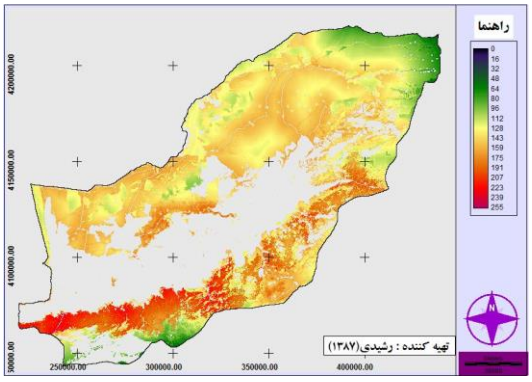


شکل (1): خوارزمیک انتخاب لکه‌های حفاظتی در استان گلستان براساس مشخصه‌های سیمای سرزمین

- **ادغام مشخصه‌ها**

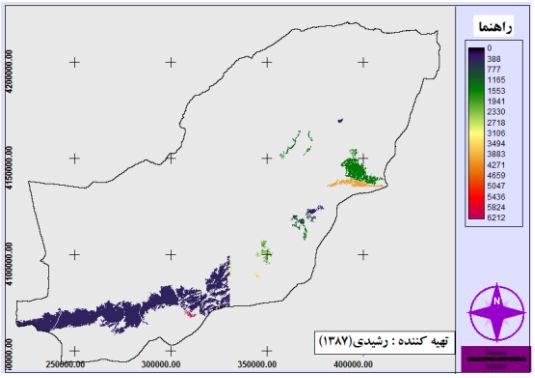
برای ادغام مشخصه‌ها و محدودیت‌ها از روش ادغام خطی وزن داده شده استفاده شد. شکل شماره (2) خروجی ترکیب خطی وزن داده شده تصویر نهایی شایستگی استان گلستان برای انتخاب لکه‌های حفاظتی است.

- **شایستگی ناحیه‌ای سرزمین**

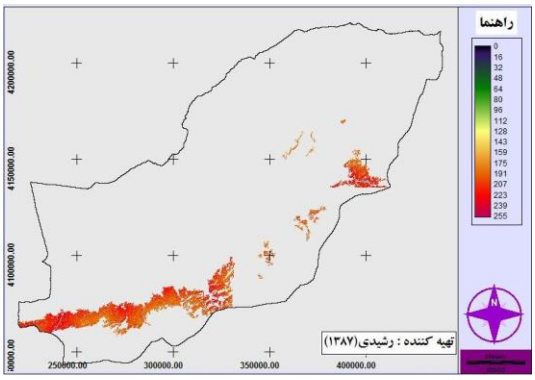


شکل (2): نقشه نهایی شایستگی استان گلستان برای انتخاب لکه‌های حفاظتی

تصویر نهایی شایستگی به عنوان ورودی، وارد مرحله انتخاب ایستگاه شد و تعداد 19 زون برای لکه‌های حفاظتی تعیین گردید و شایستگی ناحیه‌ای سرزمین از رابطه شماره 2 محاسبه شد. فرض بر این‌است‌که کمینه تناسب انتخاب زون‌ها باید 180 باشد و حداقل مساحت لکه حفاظتی 300 هکتار در نظر گرفته شود. شایستگی مناطق به صورت نزولی مرتب شدند که در شکل‌های (3 و 4) و جدول (11) نتایج نشان داده شده‌اند، سپس، بر طبق شکل (5) از میان این 19 زون، 10 زون به‌عنوان لکه‌های دارای توان بسیار بالا برای حفاظت معرفی شدند.



شکل (3): زون‌های شناسایی شده به منظور انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی



شکل (4): نقشه شایستگی ناحیه‌ای سرزمین به منظور انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی

بحث و نتیجه‌گیری

در ارزیابی چند معیاره، معیارهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد تا هدف ویژه تحقق یابد. در این مطالعه، هدف اصلی ارزیابی توان سرزمین به منظور انتخاب لکه‌های حفاظتی بوده است. بنابراین، به‌منظور ارزیابی سرزمین، از الگوریتم انتخاب لکه‌های حفاظتی در استان گلستان براساس مشخصه‌های سیمای سرزمین استفاده شد (شکل 1).

جدول (11): ویژگی‌های زون‌های شناسایی شده در استان گلستان

شماره زون	کمینه شایستگی سلول‌های زون	بیشینه شایستگی سلول‌های زون	میانگین شایستگی ناحیه‌ای سرزمین	مساحت (هکتار)
4062	180	255	214.5078	4181.334
1464	180	252	203.1805	11163.73
2928	181	255	202.6403	481.6342
862	181	231	202.6317	663.4509
410	180	255	202.446	92289.62
884	181	235	197.0542	1018.263542
364	181	231	196.2895	1230.143
2287	181	240	194.2574	1486.217
1991	181	227	193.1142	485.3246
1202	181	221	191.4688	460.2123

در این مدل سطح مناطق توسعه نیافته استان به دو اکوسیستم جنگلی و مرتعی تقسیم شد و متخصصان وزنی بین صفر و یک به هر یک از آنها اختصاص دادند. سپس، برای هر یک از اکوسیستم های جنگلی و مرتعی ویژگی بکر بودن و توانایی مدیریت در نظر گرفته شد و وزنی بین صفر و یک برای آن تعیین گردید. همچنین، برای هر یک از این دو ویژگی معیارهایی که نشان‌دهنده استعداد سرزمین برای انتخاب لکه‌های حفاظتی از دریچه سیمای سرزمین است در نظرگرفته شد و برای

این معیارها نیز به روش AHP وزن‌دهی شد (Saaty, 1990). پس از این که متخصصان وزن‌دهی را انجام دادند، معیارها با روش WLC با هم ترکیب شدند تا شاخص رضامندی سرزمین به‌دست آید. این شاخص ابزار مناسبی برای تصمیم‌گیری در ارتباط با تخصیص سرزمین لکه‌های حفاظتی است.

به‌طورکلی، نتایج به‌دست آمده از این پژوهش حاکی از آن‌است‌که سطح مناطق حفاظت شده استان گلستان بدون در نظر گرفتن منابع آبی و با در نظر گرفتن پیکسل‌هایی با رضامندی بیش از 160، در حدود 15 درصد سطح استان است که برابر با مساحتی در حدود 307391.6 هکتار است. با محاسبه شایستگی ناحیه‌ای برای هر زون، پیکسل‌هایی با رضامندی بیش از 180 در حدود 5/5 درصد سطح استان راتشکیل می‌دهد که برابر با 112783/5 هکتار است.

شایان ذکر است انتخاب لکه‌های حفاظتی به روش CAPS برای اولین بار در ایران به اجرا در آمده است. همچنین، استفاده از مشخصه‌های سیمای سرزمین برای استان گلستان بسیار نو بوده است. روش CAPS به‌عنوان یکی از روشهای سیستماتیک انتخاب لکه‌های حفاظتی در سطح کشور به دلایل توانایی استفاده در مناطق کوچک، متوسط، بزرگ، توانایی ارزیابی سریع مناطق از نظر تنوع‌زیستی، رفع مشکل نیاز به اطلاعات کمی وکامل، هدف قرار دادن یکپارچگی بوم‌شناختی مناطق و انتخاب و الویت‌بندی مناطق برای حفاظت توصیه می‌شود.

پیشنهاد می‌شود از یافته‌های این تحقیق می‌توان برای انتخاب لکه‌های جدید حفاظتی، اصلاح مرزهای مناطق حفاظت شده کنونی و در نهایت بازنگری در نظام انتخاب مناطق حفاظتی استفاده کرد. نتایج روش CAPS را می‌توان به طور آزمایشی در سطح استان گلستان اجرا کرد و با استفاده از نقشه پراکنش گونه‌های مهم و تحت خطر این روش را ارتقا داد. در این تحقیق، از روش ترکیب WLC به‌منظور تلفیق لایه‌های اطلاعات معیارها با یکدیگر استفاده شد. این مدل از انواع جبرانی مدل‌های تصمیم‌گیری است. در این مدل‌ها اجازه تبادل بین شاخص‌ها وجود دارد. بنابراین، پایین بودن مقدار شاخص را سایر شاخص‌های با ارزش بالا جبران می‌کنند. پیشنهاد می‌شود از روشهای تصمیم‌گیری دیگری نظیر میانگین‌گیری مرتب شده وزن داده شده استفاده شود و نتایج آن با نتایج این مطالعه مقایسه شود. استفاده از سایر روش‌های سیستماتیک و مقایسه آن با روش ذکر شده پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر حسین شعبانعلی فمی و جناب آقای دکتر سیدحامد میرکریمی برای قبول زحمت در انجام برخی از امور مربوط به این مقاله نهایت تشکر و قدردانی به عمل می آید.

یادداشت‌ها

1. Conservation Assessment and Prioritization System
2. Systematic
3. Site Selection
4. Zonal Land Suitability

فهرست منابع

اصغرپور، م. ج. 1381. تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران. 398 ص.

رفیعی، ر. 1386. مکان‌یابی ایستگاههای انتقال پسماند جامد شهری با توجه به روند شهر مطالعه موردی مشهد. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محیط‌زیست. دانشکده منابع‌طبیعی. دانشگاه تهران.

سلمان ماهینی، ع. 1385. درسنامهٔ زیست‌شناسی حفاظت. دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان.

سالنامهٔ آماری استان گلستان. 1385. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان. 458 ص.

متکان، ع، ا.؛ شکیبا، ع.؛ پورعلی، س. ح.؛ نظم‌فر، ح. 1387. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفع پسماند با استفاده از GIS. مجله علـوم محیطی. 6 (2): 56- 45.

Eastman, J. R.; Jin, W.; Kyem, P. A. K. and Toledano, J. 1995. Raster Procedures for Multi- Criteria/ Multi-Objective Decisions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61 (5): 539-547.

Eastman, R. J. 2003. Idrisi 32, Release 2. Toforial. Clark University, USA. 237 PP.

Eastman, R. J. 2006. Guide to GIS and Image Processing, Clark University, USA. 328 PP.

Higgs, G. 2006. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. Waste Management & Research, 24(2): 105-117.

Malczewski, J. 1999. GIS and Multi Criteria Decision Analysis. John Wiley Press 392 PP.

Mc Garigal. K.; Compton, B. W.; Jackson, S. D.; Rolih, K. and ENE, E. 2005. Conservation Assessment a Prioritization Systems (CAPS). Final Report, Landscape Ecology Program, Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts, USA.

Saaty, T. L. 1988. The Analytical Hierarchy Process, Planning and Priority Resource Allocation, USA, RWS Publication

Saaty, T. L. 1990. Decision Making for Leaders. USA. RWS publication.

Salman Mahini, A. and Gholamali Fard, M. 2006. Sitting MSW Landfills With a Weighted Linear Combination Methodology in a GIS Environment. International Journal of Environmental Science and Technology, 3(4): 435- 445.

Warman, L. and Sinclair, A. 2000. A Systematic Method for Identifying Priority Conservation Areas Using Wildlife Habitat Relationships and Observed Location of Rare Species. Available at: http//:www.forrex,org/publications/forrexseries/ss1/paper 37.pdf.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control 8. 338- 353.