کاربرد مدلسازی فازی برای ارزیابی اثرات تفرج بر وزن مخصوص ظاهری خاک (مطالعهٔ موردی: پارک جنگلی نور)

حمید بخشی*[۱]، منوچهر نمیرانیان[۲]، مجید مخدوم فرخنده[۲] و قوام‌الدین زاهدی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲و۳]استاد و دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۲۷/ ۱۰ / ۸۹، تاریخ پذیرش: ۱۸ / ۲ / ۹۱)

چکیده

ارزیابی اثرات محیط زیستی روشی مؤثر برای حفاظت از منابع طبیعی است. با توجه به نیاز روزافزون انسان به طبیعت و اثرات نامطلوب استفادهٔ بیش از حد بر محیط زیست از جمله خاک، ضروری است که فرایند ارزیابی آثار محیط زیستی در تعیین اهداف، بررسی شرایط پایه‌ای و همچنین پیش‌بینی و تخمین آثار محیط زیستی اجرای پروژه‌ها، به‌کار گرفته شود. در این تحقیق برای ارزیابی اثرات تفرج بر وزن مخصوص ظاهری خاک در پارک جنگلی نور، از مدلسازی فازی استفاده شد. ابتدا سه منطقهٔ تفرج متمرکز، تفرج گسترده و شاهد، انتخاب و سپس یک شبکهٔ منظم-تصادفی با ۳۰ قطعه‌نمونه در هر منطقه پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه تعداد گردشگر و مدت زمان اقامت به‌عنوان شاخص‌های ورودی محاسبه و وزن مخصوص ظاهری خاک به‌عنوان شاخص خروجی برداشت شد. سپس شاخص‌های ورودی و خروجی، طبقه‌بندی و قواعد فازی بر اساس سیستم استنتاج ممدانی تعریف شد. براساس مقایسهٔ نتایج مدل با نتایج داده‌های تجربی، خطای مدل ۶ درصد بود که بیانگر دقت مناسب مدل است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تعداد گردشگران و مدت اقامت آنها در منطقه، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد و زمانی که تعداد گردشگران به ۲۰ نفر و مدت اقامت به ۱ ساعت می‌رسد، کوبیدگی خاک به حداکثر می رسد و افزایش این دو عامل دیگر تأثیری بر مقدار کوبیدگی خاک ندارد. همچنین نتایج نشان‌دهندهٔ توانمندی مدلسازی فازی در پیش‌بینی اثرات فعالیت‌های تفرجی است.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی فازی، اکوتوریسم، ارزیابی اثرات محیط زیستی، وزن مخصوص ظاهری خاک، پارک جنگلی نور.

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۲ ۵۲۸۱۰۵۰ Email: hamid.b63@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه و هدف

ارزیابی اثرات محیط زیستی (EIA[1])، لازمهٔ حفاظت از منابع طبیعی و حمایت از محیط زیست است و می‌تواند به شناسایی و تجزیه‌وتحلیل منظم آثار بالقوهٔ اهداف پروژه‌ها، طرح‌ها یا فعالیت‌های قانون‌گذاری در زمینهٔ اجزای زیستی، فیزیکوشیمیایی، فرهنگی و اجتماعی-اقتصادی، کمک کند (Liu & Lai, 2009). ضروری است که فرایند ارزیابی اثرات محیط زیستی در تعیین اهداف، بررسی شرایط پایه‌ای و همچنین پیش‌بینی و تخمین همهٔ اثرات محیط زیستی در اثر اجرای پروژه‌ها درگیر باشد. هدف از پیش‌بینی اثرات، پیشگویی نتایج یک فعالیت مشخص از طریق روش‌هایی مانند قضاوت فردی، مطالعهٔ موردی، مدل‌های کمی ریاضی، مدل‌های آماری، مدل‌های آزمایشی و تجربی است. اطلاعات مربوط به اثرات محیط زیستی پروژه‌ها و فعالیت‌های اجرایی اغلب محدودند، با متغیرهای معنایی توصیف می‌شوند و با خطا و عدم قطعیت زیادی همراهند. بنابراین منطق فازی ابزار مناسبی برای بررسی این‌گونه اطلاعات است (Liu & Lai, 2009; Peche & Rodriguez, 2009). مدل‌های عددی کامپیوتری ابزار مهمی در مدیریت محیط زیست هستند. بر اساس مطالعات، تعداد مدیران منابع طبیعی و تصمیم‌گیران بخش سیاسی آن که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از اطلاعات فراهم‌شده به‌وسیلهٔ مدل‌ها استفاده می‌کنند، افزایش یافته است (Manful *et al*., 2007).

منطق فازی در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم برای تحلیل کیفی و استفاده از اطلاعات غیردقیق ارائه شد. این منطق که اولین بار آن را لطفی‌زاده دانشمند ایرانی برای عملکرد در شرایط عدم اطمینان مطرح کرد، با به چالش کشیدن فرض‌های پایهٔ نظریهٔ کلاسیک به‌وجود آمد: ۱- فرض مرزهای مشخص در نظریهٔ کلاسیک؛ ۲- فرض درست یا غلط بودن هر نظریه؛ ۳- فرض مجموعه‌ها در نظریهٔ اندازه‌گیری کلاسیک و به‌طور ویژه نظریهٔ احتمالات. به‌عبارتی منطق فازی می‌تواند به بسیاری از مفاهیمی که متغیرهای توصیفی، غیردقیق، طیفی و دامنه‌دار دارند، شکل ریاضی ببخشد و تجزیه‌وتحلیل کمی آنها را امکان‌پذیر کند (منعم و همکاران، ۱۳۸۴؛ Yardimci *et al*., 2005).

هر مدل فازی شامل سه بخش شاخص‌های ورودی، قواعد فازی (موتور استنتاج فازی) و شاخص‌های خروجی است. مدل‌های فازی از روش‌های مختلفی برای توصیف شاخص‌های ورودی و خروجی و چگونگی ترکیب قواعد برای استنتاج نتیجه استفاده می‌کنند. در مدل‌های فازی خالص، ورودی‌ها به‌صورت متغیرهای بیانی فازی مطرح شد و با قواعد فازی "اگر-آنگاه"، خروجی‌ها به‌صورت متغیرهای بیانی فازی تولید می‌شود که برای مسائل مهندسی با ورودی و خروجی‌های حقیقی کاربرد ندارد. برای استفاده از روش فازی در مسائل مهندسی، از سیستم فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز در مدل‌های خالص فازی استفاده شده است. در این مدل‌ها تبدیل شاخص‌های حقیقی به متغیر فازی با تعیین طبقات شاخص‌ها و تعریف درجهٔ عضویت هریک از این شاخص‌ها در هر طبقه انجام می‌گیرد که تابع حاصل، تابع عضویت نامیده می‌شود (منعم و همکاران، ۱۳۸۴).

خاک یکی از عناصر اصلی منابع طبیعی است که تولید جنگل به‌طور مستقیم به کیفیت آن بستگی دارد، در نتیجه برای حفاظت از محیط زیست حفظ کیفیت خاک ضروری است. یکی از روش‌های پایش کیفیت خاک، استفاده از شاخص‌های کیفیت خاک است. وزن مخصوص ظاهری در بسیاری از مطالعات، به‌عنوان یکی از شاخص‌های فیزیکی بررسی کیفیت خاک مطرح است (Pierce *et al*., 1983; Popp *et al*., 2002; Torbert *et al*., 2008).

Yardimci *et al*., (2005) در مطالعات خود با توجه به عدم قطعیت در روند تعیین کیفیت آب برای استفاده‌های خاص، روش مدلسازی فازی را برای طبقه‌بندی کیفی آب به‌کار برد و دریافت که کیفیت آب به‌طور موقتی در رودخانهٔ بوگاکای[2] شهر آنتالیا در ترکیه تغییر می‌کند و اغلب در تیر ماه که حداکثر استفاده‌های تفرجی صورت می‌گیرد، آلودگی آب به سطح بحرانی می‌رسد. در این تحقیق بیان شد که مدلسازی فازی، توانایی تعیین کیفیت آب به‌منظور اجرای اصول گردشگری پایدار و حفاظت از منابع محیط زیستی را داراست. در اکولوژی جنگل، معانی متفاوت، غیرقابل تعریف و ویژه‌ای از تخریب خاک برداشت می‌شود. بنابراین ارزیابی یک نوع خاک ممکن است در میان

1- Environmental Impact Assessment

2- Bogacay

Archive of SID

www.SID.ir

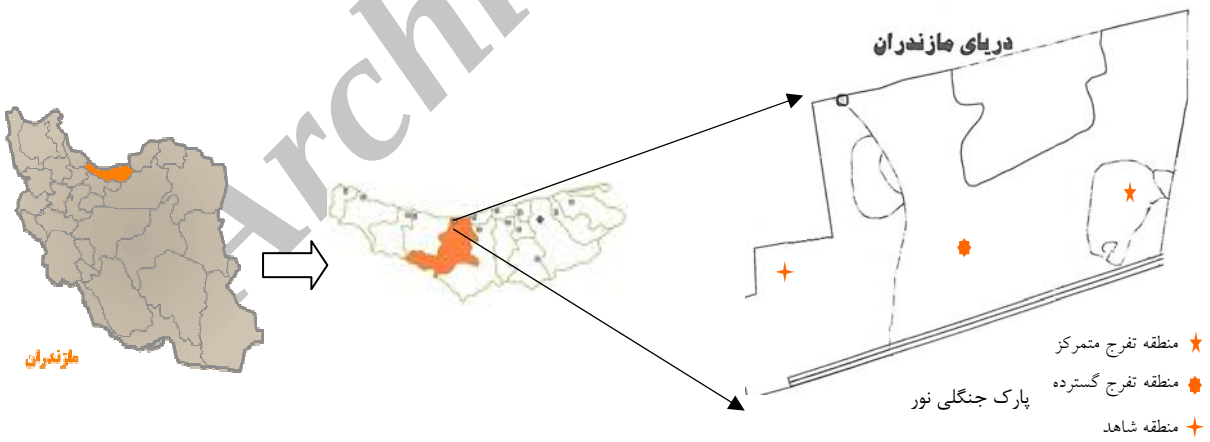
متخصصان متفاوت باشد. Riedler & Jandi (2002) شاخص‌های تخریب خاک‌های جنگلی را به یک مدل بر پایهٔ منطق فازی تبدیل کرده و تخریب خاک‌های جنگلی را پیش‌بینی کردند. پیش‌بینی‌های تخریب خاک و نتایج ارزیابی جنگل‌های استرالیا با هم مطابقت داشتند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مدلسازی فازی به‌عنوان وسیله‌ای برای حمایت از تصمیم های متخصصان در موقعیت‌های پیچیده توصیه شد. Prato (2009b) به پژوهش در زمینهٔ مدیریت سازگار با سیستم‌های طبیعی با استفاده از منطق فازی پرداخت و قوانین تصمیم‌گیری فازی را برای آزمایش این فرضیه که آیا برش گزینشی نسبت به قطع یکسره، تنوع زیستی بیشتر یا کمتری را فراهم می‌کند، به کار گرفت. نتایج بیانگر کاربرد مؤثر قوانین تصمیم‌گیری فازی در بررسی فعالیت‌های مدیریتی است.

استفادهٔ طولانی‌مدت و بیش از حد بازدیدکنندگان از پارک‌ها ممکن است سبب کوبیدگی خاک و در نتیجه کاهش پوشش علفی، زادآوری درختان و فرسایش خاک شود. سرانجام این روند، کاهش ارزش حفاظتی و زیبایی‌شناختی پارک، کاهش رضایت گردشگران و در نهایت کاهش تقاضای گردشگری است. در نتیجه برای توسعهٔ گردشگری پایدار، باید ورود گردشگر به منطقه را متناسب با ظرفیت اکولوژیکی منطقه کنترل کرد. از طرفی در بررسی اکولوژیکی مانند این تحقیق، اطلاعات به‌دست‌آمده با عدم قطعیت روبروست. هدف این تحقیق، نشان دادن توانایی منطق فازی برای تهیهٔ یک مدل مناسب است تا بتوان با توجه به‌شدت تفرج مقدار کوبیدگی خاک را پیش‌بینی کرد و با کنترل ورود بازدیدکنندگان مانع تخریب بیش از حد جنگل شد.

مواد و روش‌ها

- منطقهٔ مورد بررسی

پارک جنگلی نور در سال ۱۳۵۱ در مساحتی حدود چهار هزار هکتار از اراضی جنگلی جلگه‌ای شمال واقع در منطقهٔ رستم‌رود احداث شد. اراضی و جنگل‌های این پارک بین طول جغرافیایی ´۶ °۳۶ و ´۳۲ °۳۶ و عرض جغرافیایی ´۸ °۵۲ و ´۲ °۵۲ قرار دارد. این پارک از شمال به جادهٔ آسفالتهٔ محمودآباد- نور و دریای خزر، از شرق به اراضی زراعی روستای رستم‌رود، از جنوب به آبادی‌های واقع در این منطقه و از غرب به جادهٔ نور-چمستان و دانشگاه تربیت مدرس نور منتهی می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی نور در استان مازندران و ایران

- شرایط رویشگاهی، اقلیمی و خاک‌شناسی منطقه

جامعهٔ گیاهی منطقهٔ مورد بررسی، ممرز-بلوطستان *Carpino – Queretum* است. این جامعه در انتهای شمالی پارک قرار دارد. گونه‌های درختی غالب این جامعه، *Carpinus betulus* و *Quercus castanifolia* و گونهٔ علفی غالب آن *Carex silvatica* است که بیش از ۵۰ درصد پوشش علفی آن جامعه را تشکیل می‌دهد. پارک به‌علت قرار گرفتن بین جنگل‌های رشته‌کوه البرز و دریای خزر، از

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار بارندگی و رطوبت به‌نسبت زیادی برخوردار است. میانگین بارندگی سالیانهٔ منطقه، ۱۰۹۷ میلی‌متر؛ میانگین کمترین درجهٔ حرارت سردترین ماه سال(دی)، ۳/۷درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین بیشترین درجهٔ حرارت گرم‌ترین ماه سال (خرداد)، ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. براساس فرمول آمبرژه اقلیم منطقه از نوع مرطوب با زمستان‌های معتدل است که در ردیف اقلیم‌های مدیترانه‌ای قرار دارد. فصل رویش از اواسط بهمن با رسیدن متوسط درجهٔ حرارت به ۱۰درجهٔ سانتی‌گراد آغاز می‌شود و تا اواخر آبان ادامه دارد (مختاری، ۱۳۷۶).

خاک پارک از نوع آبرفتی و حاصل رسوبات ریزبافت تجمع‌یافته در قسمت مسطح کنارهٔ دریای خزر است و در کل از نوع گلی و هیدرومورف و از نظر عمق جزء خاک‌های عمیق تا نیمه‌عمیق است، ولی وجود سفرهٔ آبی که در تابستان و زمستان حرکت صعودی و نزولی دارد، عمق مفید خاک را با محدودیت مواجه کرده است، به‌طوری که تنفس و تهویه در خاک در مواقعی که سفرهٔ آبی بالا می‌آید با مشکل مواجه می‌شود که سبب ریشه‌دوانی سطحی گیاهان می‌شود. زهکشی خاک به‌علت سنگین بودن بافت خاک و خلل‌وفرج کم به‌کندی صورت می‌گیرد. بافت خاک لومی رسی است. pH خاک‌های سطحی، اسیدی ضعیف است، ولی با افزایش عمق به سمت قلیایی شدن می‌رود. خاک از نظر شوری جزء خاک‌های غیرشور و از نظر آهکی بودن در زمرهٔ خاک‌های غیرآهکی تا متوسط آهکی است (برزه‌کار، ۱۳۷۴).

- روش کار

بررسی عمومی پارک جنگلی نور برای تعیین نوع و شدت استفاده و همچنین شرایط رویشگاهی منطقه در میانهٔ تابستان ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. بنا بر تعریف، تفرج متمرکز (مانند کمپینگ و پیک‌نیک) به فعالیت‌هایی گفته می‌شود که تحقق آنها به توسعه و تجهیز پارک‌ها وابسته است و به تسهیلات متعددی نیاز دارد. تفرج گسترده (مانند پیاده‌روی و جنگل گردشی) به فعالیت‌هایی گفته می‌شود که به امکانات و تجهیز پارک نیاز ندارد یا امکانات بسیار محدودی لازم است (پیرمحمدی، ۱۳۸۶). بر این اساس، ناحیهٔ مورد بررسی به سه منطقهٔ کلی تقسیم شد: ۱- منطقهٔ تفرج متمرکز؛ ۲- منطقهٔ تفرج گسترده؛ ۳- منطقهٔ دست‌نخورده (شاهد). سپس برای هر منطقه (با مساحت حدود ۱۲ هکتار) یک شبکهٔ آماربرداری با ۳۰ قطعه نمونهٔ ۲۵ متر مربعی با توجه به شکل و مساحت منطقه طراحی شد (جدول ۱).

جدول ۱- اطلاعات آماری مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک منطقه

	منطقهٔ شاهد	منطقهٔ تفرج گسترده	منطقهٔ تفرج متمرکز
ابعاد شبکهٔ آماربرداری (متر)	۸۰×۵۰	۱۰۰×۴۰	۸۰×۵۰
میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک gr/cm^3	۰/۹۵	۱/۰۱	۱/۱۶
انحراف از معیار	۰/۰۶۶	۰/۰۸۹	۰/۰۹۷
اشتباه آماربرداری	۰/۰۲۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴

پس از مشاهده و ثبت زمان بازدید و تعداد بازدیدکنندگان در هر قطعه‌نمونه، برای بررسی وزن مخصوص ظاهری خاک در مرکز قطعه‌نمونه از روش نمونه‌برداری با استفاده از رینگ استفاده شد که نسبت به روش کلوخ-پارافین، مزیت‌های بیشتری از نظر دقت و دیگر ویژگی‌ها دارد (Shields, 1993). با توجه به اثرگذاری سطحی فعالیت‌های تفرجی بر خاک (Zhevelev & Parient, 2008)، برای نمونه‌برداری از یک استوانهٔ فلزی به قطر ۵۲ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰ میلی‌متر استفاده شد. سپس نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده از عمق ۵-۰ سانتی‌متر به آزمایشگاه منتقل شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی گراد درون آون قرار گرفت. با داشتن ابعاد استوانه و وزن خاک خشک‌شده، وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (بای‌بوردی، ۱۳۶۰).

$$d_b = \frac{W_s}{V} \qquad ۱$$

d_b= وزن مخصوص ظاهری خشک خاک، W_s= وزن ذرات جامد خاک، V= حجم استوانهٔ نمونه‌برداری

Archive of SID

www.SID.ir

در هر قطعه‌نمونه بر اساس شرایط اردوگاه، دسترسی به امکانات، نزدیکی به جاده و مسیرهای عبور و مرور و همچنین یک دورهٔ پایش در میانهٔ تابستان و یک دورهٔ پایش در ابتدای پاییز، میانگین تعداد افراد واردشده به هر قسمت و مدت زمان اقامت تعیین شد.

درکل ۹۰ قطعه‌نمونه اندازه‌گیری شد که از این بین داده‌های ۶۰ قطعه‌نمونه برای مدل‌سازی و داده‌های ۳۰ قطعه‌نمونه برای اعتبارسنجی استفاده شد.

برای پیش‌بینی و مدلسازی فازی رابطهٔ بین وزن مخصوص ظاهری خاک، تعداد گردشگران و مدت زمان اقامت آنها در منطقه، از نرم افزار MATLAB نسخه ۷/۹ استفاده شد (Yardimci *et al.*, 2005).

برای اعتبارسنجی مدل پس از وارد کردن تعداد گردشگران و مدت زمان اقامتشان در منطقه به‌عنوان داده‌های ورودی، خروجی مدل که وزن مخصوص ظاهری خاک است، پیش بینی می‌شود و سپس اختلاف داده‌های خروجی مدل و داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک در آزمایشگاه، محاسبه می‌شود. میانگین قدر مطلق این اختلاف‌ها به‌صورت درصد، بیانگر خطای مدل است (Ross, 2004).

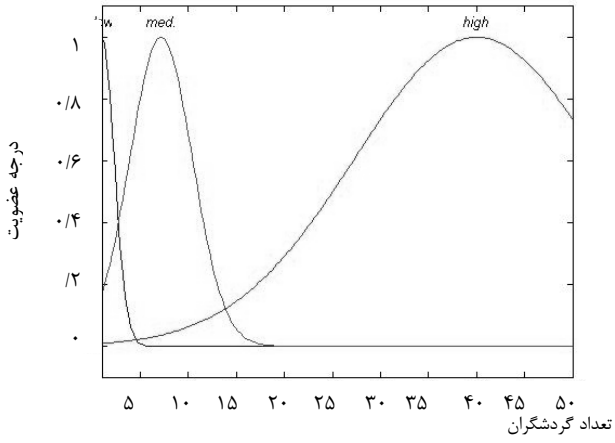
- روش کاربرد سیستم استنتاج فازی

انواع مختلفی از توابع عضویت در تحقیقات مرتبط مطرح شده است. پس از جای‌گذاری و بررسی نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده شد تابع زیگموئیدی، کمترین خطا را نسبت به اعداد برداشت‌شده از طبیعت دارد. در نتیجه از این تابع استفاده شد (منعم و همکاران، ۱۳۸۴؛ Prato, 2009a).

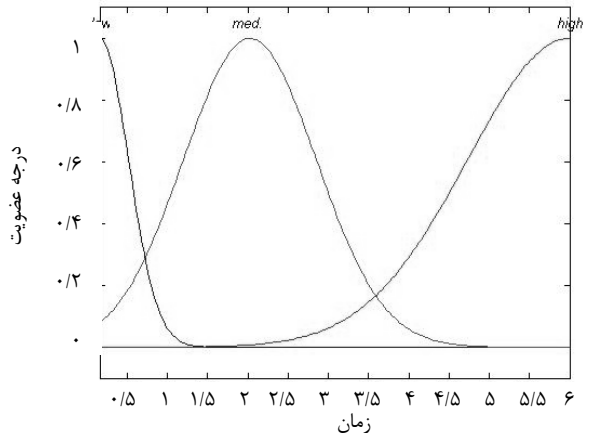
برای شاخص‌های میانگین تعداد افراد واردشده در هر منطقه و مدت زمان اقامت گردشگران در منطقه، همچنین داده‌های مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک، سه سطح کم، متوسط و زیاد به‌صورت توابع زیگموئیدی تعریف شد (جدول ۲ و شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

جدول ۲- سطح‌های تعریف‌شده برای شاخص‌های ورودی و خروجی

		کم	متوسط	زیاد
داده‌های ورودی	تقسیم‌بندی تعداد افراد واردشده به هر قطعه نمونه (نفر)	۰ -۴	۲ -۱۵	۱۰ - ۵۰
	تقسیم‌بندی مدت زمان اقامت گردشگران در هر قطعه نمونه (ساعت)	۰ -۰/۷۵	۰/۵ - ۴	۳ - ۶
اطلاعات خروجی	تقسیم‌بندی وزن مخصوص ظاهری خاک در هر قطعه نمونه (gr/cm^2)	۰/۷ -۰/۹۵	۰/۹۳ -۱/۱۵	۱/۱ -۱/۴



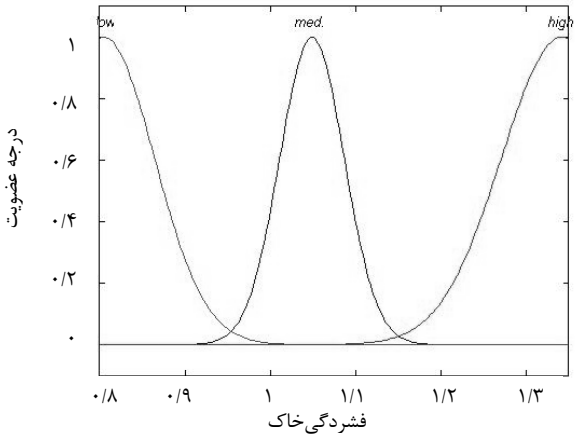
شکل ۲- نمودار سطوح تعریف‌شده برای تعداد گردشگران واردشده به هر منطقه



شکل ۳- نمودار سطوح تعریف‌شده برای مدت زمان اقامت گردشگران در هر منطقه

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- سطوح تعریف‌شده برای وزن مخصوص ظاهری خاک

پس از تعریف تعداد افراد واردشده به منطقه و مدت زمان اقامتشان به‌عنوان شاخص‌های ورودی و نتایج وزن مخصوص ظاهری خاک به‌عنوان شاخص خروجی، در بخش قواعد و استنتاج فازی از روش ممدانی[1] که به‌علت ساختار ساده و مؤثر، بیشترین کاربرد را در مسائل علمی پیدا کرده است، استفاده شد. تعداد قواعد مورد نیاز برای ارزیابی کامل اثرات تفرج، به تعداد شاخص‌ها و تعداد طبقات هر شاخص بستگی دارد و از رابطهٔ ۲ (منعم و همکاران، ۱۳۸۴) محاسبه می‌شود:

$$I= K_1\times\ldots\times K_2\times K_n \qquad ۲$$

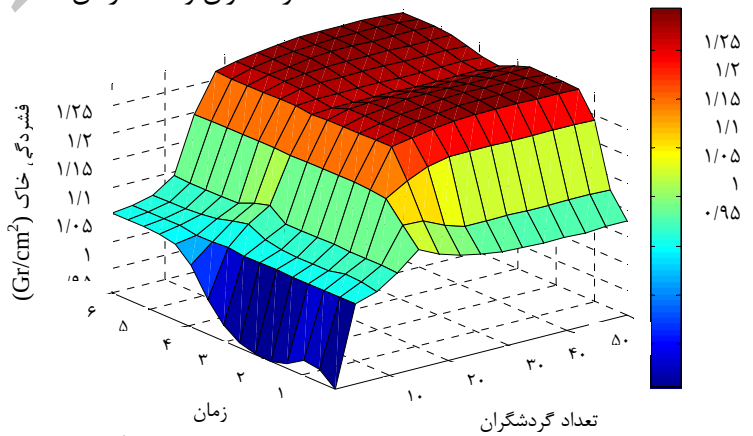
که در آن، I: تعداد قواعد، n: شمارهٔ شاخص و K: تعداد طبقات هر شاخص است. در این تحقیق با توجه به تعریف دو شاخص اصلی و سه طبقه برای هر شاخص، ارزیابی جامع باید با تشریح 3^2 قاعده انجام گیرد. در این زمینه از نتایج به‌دست‌آمده از منطقهٔ مورد بررسی و همچنین تجربهٔ متخصصان همکار استفاده شد (Glenz *et al.*, 2008; Metternicht & Gonzalez, 2005) (جدول ۳).

جدول ۳- قواعد مورد نیاز برای ارزیابی اثرات محیط زیستی تفرج

ردیف	تعداد گردشگران واردشده به منطقه	مدت زمان اقامت گردشگران	میزان وزن مخصوص ظاهری خاک
۱	کم	کم	کم
۲	متوسط	کم	کم
۳	زیاد	کم	متوسط
۴	کم	متوسط	متوسط
۵	متوسط	متوسط	متوسط
۶	زیاد	متوسط	زیاد
۷	کم	زیاد	متوسط
۸	متوسط	زیاد	زیاد
۹	زیاد	زیاد	زیاد

نتایج

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، با افزایش تعداد گردشگران، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک یا به‌عبارتی کوبیدگی خاک به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. با رسیدن تعداد گردشگر به مرز حدود ۱۵ نفر، بعد از آن می‌توان بیان کرد که خاک به حداکثر مقدار وزن مخصوص ظاهری خود رسیده است و افزایش تعداد گردشگران دیگر تأثیری بر کوبیدگی خاک ندارد. همچنین مدل نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان اقامت گردشگران در منطقه، وزن مخصوص ظاهری خاک نیز افزایش می‌یابد و با رسیدن مدت زمان اقامت گردشگران به یک ساعت، وزن مخصوص ظاهری خاک به بیشترین مقدار خود می‌رسد و افزایش مدت اقامت، دیگر تأثیری بر کوبیدگی خاک ندارد. اعتبارسنجی مدل میانگین خطای ۶ درصد را نشان داد که بیانگر دقت مدل در تخمین مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک بر اثر شاخص‌های تعداد گردشگران و مدت زمان اقامت آنهاست.



شکل ۵- نمایش سه‌بعدی مدل کوبیدگی خاک براساس دو عامل تعداد گردشگران و مدت اقامت آنها

1- Mamdani

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

بر اساس نتایج، زمانی که تعداد گردشگران به ۲۰ نفر در ماه می‌رسد، حداکثر کوبیدگی خاک پدید می‌آید. افزایش شاخص مدت زمان اقامت گردشگران نیز به‌طور مؤثری سبب تخریب خاک می شود، به‌طوری که با ۱ ساعت اقامت گردشگران در ماه، کوبیدگی خاک به حداکثر می‌رسد. با استفاده از این نتایج، می‌توان حداکثر قابلیت اکوسیستم را در پذیرش گردشگران تعیین و با اعمال مناسب تصمیمات مدیریتی، از تخریب جنگل جلوگیری کرد و مدیریت پایدار اکوتوریسم را در منطقه به‌وجود آورد (Kine, 2001).

مدیران پارک‌ها و نواحی تفرجی می‌توانند با استفاده از مدلسازی فازی، فعالیت‌های مدیریتی خود را بر اساس شاخص‌هایی نظیر وزن مخصوص ظاهری خاک برای رسیدن به اکوسیستم پایدار بررسی نمایند و درجهٔ سازگاری اکوسیستم را تعیین کرده و همچنین ظرفیت برد اکولوژیکی را در مناطق تحت مدیریت خود تعیین کنند (Azadi *et al*., 2009; Prato, 2009a).

با توجه به اینکه اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک، زمان‌بر است و به هزینه و لوازم آزمایشگاهی نیاز دارد، با استفاده از این مدل می‌توان با داشتن تعداد گردشگران و مدت زمان اقامتشان، وزن مخصوص ظاهری خاک را به‌دست آورد که سبب صرفه‌جویی در هزینه و زمان می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که مدلسازی فازی ابزار مناسبی برای پیش‌بینی و تعیین مقدار تخریب در اثر فعالیت‌های انسانی در منابع طبیعی است (Malins & Metternicht, 2006) و همچنین به‌عنوان ابزاری مدیریتی برای ارزیابی اهداف و فعالیت‌های درحال اجرا یا اجراشده در اکوسیستم‌های چندمنظوره کاربرد دارد (Liu & Lai, 2009; Prato, 2009a). استفاده از این مدل برای تفسیر و بررسی نتایج فعالیت‌های مدیریتی آسان است (Azadi *et al*., 2009; Enea & Salemi, 2001).

منابع

بای‌بوردی، محمد، ۱۳۶۰. فیزیک خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۰۱ ص

برزه‌کار، قدرت‌الله، ۱۳۷۴. شناسایی گونه‌ها و جوامع گیاهی پارک جنگلی نور، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۲۲۰ ص

پیرمحمدی، زیبا، ۱۳۸۶، ارزیابی اکولوژیکی و جنگلداری طرح‌های توریسم (اکوتوریسم) در جنگل‌های زاگرس، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۰۰ ص

مختاری، جمشید، ۱۳۷۶، بررسی کمی و کیفی توده‌های سفیدپلت در جنگل‌های نور (مازندران)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۳۶ ص

منعم، محمدجواد، جمشید خرمی و سیداحمد حیدریان، ۱۳۸۶. ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با استفاده از منطق فازی- مطالعهٔ موردی: شبکهٔ مارون، فصلنامهٔ فنی و مهندسی مدرس، ۲۷: ۴۲-۳۱.

Azadi, H., J. Berg, M. Shahvali & G. Hosseininia, 2009. Sustainable rangeland management using fuzzy logic: A case study in Southwest Iran, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(3-4): 193-200.

Enea, M. & G. Salemi 2001. Fuzzy approach to the environmental impact evaluation, *Ecological Modelling*, 135: 131-147.

Glenz, C., I. Iorgulescu, F. Kienast & R. Schlaepfer, 2005. Modelling the impact of flooding stress on the growth performance of woody species using fuzzy logic, *Ecological Modelling*, 218(1-2): 18-28.

Kine, J., 2001. Tourism and natural resource management: a general overview of research and issues, general technical report. *Pacific Northwest Research Station*, 506: 1-10.

Liu, F.R. & J. Lai, 2009. Decision-support for environmental impact assessment: A hybrid approach using fuzzy logic and fuzzy analytic network process, *Expert Systems with Applications*, 36: 5119-5136.

Malins, D. & G. Metternicht, 2006. Assessing the spatial extent of dryland salinity through fuzzy modeling, *Ecological Modelling*, 193: 387-411.

Manful, D., G. KAULE & N.V. Giesen, 2007. Application of a fuzzy logic approach for linking hydro-ecological simulation output to decision support, *International Association of Hydrological Sciences*, 317: 54-59.

Archive of SID

www.SID.ir

Metternicht, G. & S. Gonzalez, 2005. FUERO: Foundations of a fuzzy exploratory model for soil erosion hazard prediction, *Environmental Modelling & Software*, 20(6): 715-728.

Peche, R. & E. Rodríguez, 2009. Environmental impact assessment procedure: A new approach based on fuzzy logic, *Environmental Impact Assessment Review*, (29): 275-283.

Pierce, F.J., W.E. Larson, R.H. Dowdy & W.A. Graham, 1983. Productivity of soils: assessing long-term changes to erosion, *Journal of Soil and Water Conservation*, 38: 39-44.

Popp, J., D. Hoag & J.I. Ascough, 2002. Targeting soil conservation policies for sustainability: new empirical evidence, *Journal of Soil and Water Conservation*, 57: 66-74.

Prato, T., 2009a. Fuzzy adaptive management of social and ecological carrying capacities for protected areas, *Journal of Environmental Management*, 90(8): 2551-2557.

Prato, T., 2009b. Adaptive management of natural systems using fuzzy logic, *Environmental Modelling & Software*, 24: 940-944.

Riedler, C. & R. Jandi, 2002. Identification of degraded forest soils by means of a fuzzy-logic based model, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 320-325

Ross, T.J., 2004. Fuzzy logic with engineering application, second editon, John Wiley & Sons Ltd, 652 pp.

Shields, D.A., 1993. Comparison of clod and core methods for determination of soil bulk density, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24(17): 2517-2528.

Torbert, H.A., E. Krueger & D. Kurtener, 2008. Soil quality assessment using fuzzy modeling, Int. *Agrophysics*, 22: 365-370.

Yardimci, A., A. Muhammetoglu & H. Oguz, 2005. A Fuzzy Logic Application to Environment Management System, *Advances in Soft Computing*, 2: 327-340.

Zhevelev, H. & S. Pariente, 2008. The effect of visitors' pressure on the spatial variability of sandy soil in urban parks in Tel Aviv, *Environmental Monitoring & Assessment*, 142: 35-46.

Archive of SID

www.SID.ir

Application of fuzzy modeling to assess the impacts of recreation on bulk density as a physical factor (Case study: Nour forest park)

H. Bakhshi[*1], M. Namiranian[2], M. Makhdoom[2] and Gh. Zahedi[3]
[1]M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2,3]Prof. and Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 16 January 2011, Accepted: 7 May 2012)

Abstract
Environmental impact assessment (EIA) is an effective way to protect the natural resources. Due to needs of human to nature and undesirable effects of over-exploitation on the environment including soil, environmental impact assessment process must be applied in determining the goals, studying the basic conditions, also forecasting and estimating the environmental impacts of project implementation. In this study, fuzzy modeling has been used to assess the environmental impacts in Nour forest park. Three regions containing intensive recreation, extensive recreation and control region were selected, and 30 sample plots were then established in the region as random-systematic. The number of tourists and duration of residence in each sample plot were calculated as input indicators and soil sample was considered as output index. Output and input indicators, classification and fuzzy rules were defined based on Mamdany system. Comparing Model's results with experimental data showed mode's error is 6% indicating that model accuracy is favorable. The results showed that with increasing the number of tourist and duration, soil bulk density is also increased, and when the number of tourist reaches to 20 people and duration to an hour, maximum soil compaction occur and further increasing of two factors have no effects on soil compaction. The results also indicated that a fuzzy modeling capability is suitable in predicting the effects of recreation activities and determining the capability of region.

Key words: Fuzzy modeling, Ecotourism, Assessing environmental impacts, Soil bulk density, Nour forest park.

Archive of SID

[*]Corresponding author Tel: +98 912 5281050 Email: hamid.b63@gmail.com
www.SID.ir