



علوم محیطی

علوم محیطی سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۷  
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.6, No.2, Winter 2009

۵۵-۶۴

## تحلیل توام تخریب سیمای سرزمین در حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین

نوشین خزاعی\*، فرود آذری دهکردی

گروه برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

### Forest Landscape-and-Ecological Degradation Assessment of Sefidrod Watershed; Using Landscape Ecological Metrics, in Gilan Province of Iran

Khazaei Nooshin\*, Forod Azari Dehkordi

Department of Student of Environmental Planning &  
Management, Faculty of Environment, University of Tehran

#### Abstract

Landscape ecological metrics are quantitative tools that are used to evaluate the patterns of landscape. In this article we considered some landscape ecological metrics such as SDI (Shannon Diversity Index) or TE (Total Edge) to consider configuration and composition of the landscape patches. Then, a degradation model (DM) was conducted to compute the degradation hierarchy between working units. The DM was introduced as  $L_D = \sum kI/V$ , where "L<sub>D</sub>" was degradation coefficient of landscape compartment, "k" (intensity) and "I" metrics of landscape, and "V" was vulnerability of the natural habitat (here number of patches in each working unit).

Thirteen sub watersheds in Sefidrod Watershed were considered and thus, degradation model was deployed to assess the status of each working unit. On the other hand, if there are deep red pixels in an infrared image, there are more areas of older ecosystems. Therefore, to reveal relationship between a metric and the status of the ecosystems in each working unit, the pixel number of deep-redness of infrared images was plotted against each metrics. Therefore, it was cleared that SDI has the highest correlation ( $R^2 = 0.85$ ) with the color intensity of infrared images.

**Keywords:** landscape ecology metrics, quantification, degradation modeling, Sefidrod, Gilan

#### چکیده

متریک‌های سیمای سرزمین ابزارهای کمی ساز وضعیت سیمای سرزمین هستند که گوناگونی فراوان آنها باعث کاربرد گسترده آنها در برنامه‌ریزی محیط زیستی سیمای سرزمین می‌شود. یکی از کاربرد متریک‌ها ارزیابی سریع پیامد فعالیت‌های انسان در مقیاس سیمای سرزمین است که به کمک آن در کوتاه ترین زمان ممکن شدت تخریب سرزمین را می‌توان مشخص کرد. در این مقاله، برای کمی سازی وضعیت سیمای سرزمین ابتدا متریک‌های توزیع فضایی لکه‌ها در سیمای سرزمین (مانند: SDI; Shannon Diversity Index) و ترکیب بندی لکه‌ها (مانند: TE; Total Edge) در نظر گرفته شدند. سپس، با استفاده از مدلی تخریب و درجه قرمزی در حوزه آبخیز سفیدرود در استان گیلان مشخص شد که از ۸ واحد کاری (زیرحوزه) واحدهای ۱، ۵ و ۳ دچار بیشترین تخریب در مقیاس سیمای سرزمین شده‌اند. برخوردار بوده‌اند از میان هشت متریک سیمای سرزمین استفاده شده در این تحقیق، متریک SDI (شاخص تنوع شانون)، ED (میزان محیط به مساحت) و NumP (مجموع تعداد لکه) دارای بیشترین درجه همبستگی ( $R^2$  به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۵ و ۰/۰۸) با میزان درجه قرمزی تصویر ماهواره‌ای در محدوده مورد مطالعه بوده‌اند.

کلمات کلیدی: متریک‌ها، اکولوژی سیمای سرزمین، مدلی تخریب، آبخیز سفیدرود، گیلان

\* Corresponding author. E-mail Address: nooshyn@lycos.com

## مقدمه

فرایندهای زمین شناسی، توپوگرافی، خاک، رژیم های اختلالی<sup>۱</sup> و تاثیرهای کاربری اراضی باعث شکل دهی روابط عناصر سیمای سرزمین<sup>۲</sup> و همچنین پراکنش کلی گونه های داخل چیدمان سیمای سرزمین می شوند (Gergel and Turner, 2002; Farina, 1998; Forman, 1995).

در نتیجه استفاده از این مفهوم ها برای ارزیابی سیمای سرزمین، ضمن صرفه جویی در زمان، ارزیابی پیامد فعالیت ها را به صورت تجمعی در کوتاهترین مدت می تواند مشخص نماید. از ویژگی هایی که کاربرد اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه ریزی سیمای سرزمین دارد، استفاده از مفهوم های فضایی یا افقی بعنوان اصل های پایه در برنامه ریزی محیط زیست است (Cook and Vanlier, 1994; Hugget and Cheesman, 2002; Brett, 2003) دو جنبه اساسی ساختار سیمای سرزمین، یعنی ترکیب و شکل فضایی لکه ها، را می شود به کمک متریک های سیمای سرزمین اندازه گیری کرد. متریک هایی که ترکیب سیمای سرزمین<sup>۳</sup> را نشان می دهند، تنوع و فراوانی لکه را بدون توجه به مشخصات فضایی یا ترتیب آنها مورد بررسی قرار می دهند. شکل فضایی سیمای سرزمین<sup>۴</sup> به طور کلی به موقعیت اجزای سیمای سرزمین، مشخصات و ترتیب فضایی اجزا در سطح سیمای سرزمین اشاره دارد (Leitao et al., 2006).

در هر صورت، مبنای اصلی برای انجام محاسبه های کمی ساز سطح سیمای سرزمین بر فرآیند پهرودگی یا انقطاع<sup>۵</sup> قرار داده شده است که یکی از مهم ترین فرایندهای موجود در سیمای سرزمین برای نشان دادن فعالیت انسان در طبیعت در ایجاد اختلال در سطح ساختار و عملکرد سیمای سرزمین است (Ahern and Andre, 2003). در فرایند پهرودگی، سیمای سرزمین به پهروها یا لکه های<sup>۶</sup> کوچکتری تقسیم شود، در ابتدای بروز پهرودگی تنوع زیستی داخل لکه به دلیل حذف گونه غالب اکولوژیک افزایش پیدا می کند ولی پس از مدتی

به دلیل به هم خوردگی سلسله مراتب زیستی بین گونه های داخل لکه، خطر انقراض برای همه گونه های داخل لکه زیستی به وجود خواهد آمد (Forman, 1995). از دیدگاه انسانی هر چه پهرودگی بیشتر باشد نشان دهنده ترافیک بیشتر به دلیل میزان دسترسی بیشتر و در نتیجه آلودگی بیشتر در محدوده ای مفروض خواهد بود.

برای جمع بندی و ارایه ارزیابی محیط زیستی از وضعیت تخریب سیمای سرزمین، حوزه آبخیز سفیدرود در استان گیلان انتخاب شد، میزان تخریب موجود در سیمای سرزمین با مدلسازی به روش تخریب کمی و پس از آن تعیین سلسله مراتب تخریب بین واحدهای کاری بر اساس پژوهش های Azari Dehkordi (۲۰۰۵) و خزاعی (۱۳۸۶) ارزیابی گردید. سپس برای اعتبار سنجی یافته های مدل تخریب<sup>۷</sup> (DM)، نتیجه های پژوهش با تصویر فرورسرخ حاصل از دور کاوی ماهواره ای مقایسه شد. این مقایسه بر این برهان بنا شده بود که بازتابش پرتو فرورسرخ از سطح پوشش گیاهی دارای ارتباط با مرحله توالی اکولوژیک به ویژه در اکوسیستم های جنگلی است. به این مفهوم که هر چه تخریب در منطقه ای بالاتر باشد میزان حضور رنگ قرمز تیره در تصویر کمتر است. به عبارت بهتر تصویر با رنگ قرمز کم نشان دهنده گستردگی وجود پوشش گیاهی کشاورزی است که اکوسیستمی جوان در مرحله های ابتدایی توالی اکولوژیک است (Stevena et al., 2003).

با توجه به این تفاسیر، هدف این مقاله معرفی تعدادی از متریک های موجود در اکولوژی سیمای سرزمین و کاربرد آنها در مدلسازی تجمعی برای ارزیابی پیامد فعالیت ها بر محیط زیست در محدوده های جنگلی و سپس کاربرد یافته ها در برنامه ریزی محیط زیست بوده است.

## مواد و روش ها

### روش شناسی

در این تحقیق از داده های مکان دار مانند توپوگرافی،

کاری تا شماره  $\Sigma I$  آثار تجمعی عامل‌های تخریب در گذشته و حال، DP تراکم فیزیوگرافیک (نسبت جمعیت به زمین‌های کشاورزی) در واحد کاری تا شماره  $\Sigma V$  آسیب‌پذیری زیستگاه در واحد کاری  $\Sigma V$  است. در این روش، نخست با بررسی‌های میدانی، تمامی عامل‌های تخریب در هر واحد نشانزد، اندازه‌گیری و سپس معادله اجرا می‌شود (Makhdoum, 2002).

بر این مبنا، مدل تخریب سیمای سرزمین به صورت زیر معرفی شد (Azari Dehkordi, 2005):

$$L_D = \Sigma kI / V_i$$

که در آن  $L_D$  ضریب تخریب واحدهای اکولوژیکی سیمای سرزمین، و  $\Sigma kI$  نمایه شدت فعالیت‌های انسان در تخریب سیمای سرزمین در هر واحد کاری ( $I$  متریک و  $k$  شدت تخریب برای آن)، و  $V$  آسیب‌پذیری اکولوژیکی است.

### تعیین شدت فعالیت‌ها

با استفاده از مفهوم‌های اکولوژی سیمای سرزمین، در ابتدا متریک‌های سیمای سرزمین برای هر زیر حوزه تعیین گردید، سپس دامنه هر متریک در هر زیر حوزه، بر اساس میانه دادها تقسیم بندی شد. در گام بعدی این متریک‌ها با همدیگر جمع و بعنوان مجموعه عامل‌های تخریب سیمای سرزمین در نظر گرفته شدند. شدت تخریب فعالیت‌ها به صورت کیفی در طبقات چهارگانه بر اساس تعریف Canter (1996) و طبقه بندی (Makhdoum, 2002) تعیین می‌گردد. بزرگی کدهای مربوط به این طبقه‌ها عبارتند از:

(۱) تخریب ناچیز، (۲) تخریب متوسط، (۳) تخریب شدید، (۴) تخریب خیلی شدید. پس از مقایسه شدت‌ها (متریک‌های مختلف) با مقیاس بر مبنای میانه، شدت هر فعالیت در بین واحدهای کاری تعیین شدند.

شبکه هیدرولوژی، راههای ارتباطی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، کاربری اراضی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و از متریک‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی و ارزیابی در برنامه‌ریزی و مدیریت سیمای سرزمین استفاده شده است. از طریق ارزیابی پیامد فعالیت‌های مخرب سیمای سرزمین به کمک متریک‌ها و شناخت روابط بین سیمای سرزمین می‌توان به برنامه‌ریزی برای مدیریت مناسب سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین دست یافت. (McGarigal and Marks, 1995) چیزی که متریک‌های سیمای سرزمین را کاربردی‌تر ساخته است امکان مقایسه سیمای سرزمین‌های مختلف با استفاده از یک روش مشابه، ارزیابی در یک سیمای سرزمین خاص برای دفعات مختلف و مقایسه سیمای سرزمین مشخص با گزینه‌های مختلف است (Gustafson, 1998).

در این مطالعه از متریک‌های سیمای سرزمین به عنوان اجزای الگوی ارزیابی اثرات محیط زیستی وضعیت پهروشدگی در سطح سیمای سرزمین در مدل تخریب استفاده شده است. متریک‌های در نظر گرفته شده از McGarigal and Marks (۱۹۹۵) به صورت زیر تعریف شده‌اند. متریک‌های TE (Total Edge)، ED (Edge Density)، Mean Shape و MPFD (Mean Patch Fractal Dimension) MSI (Index) نشان دهنده ترکیب سیمای سرزمین و متریک‌های NumP (Number of Patches)، MPS (Mean Patch Size)، SDI (Shannons Diversity Index)، MedPS (Median Patch Size) بر شکل فضایی سیمای سرزمین دلالت دارند. معادله‌های ریاضی مربوط به متریک‌های بالا و شرح پارامترهای معادله‌ها به ترتیب در جدول ۱ و ۲ آورده شده‌اند.

### مدل ارزیابی تخریب سیمای سرزمین

مدل تخریب در ایران تخریب بصورت زیر تعریف شد:

$$H_i = (\Sigma I + DP_i) / V_i$$

که در آن  $H_i$  بعنوان ضریب تخریب در واحدهای

جدول ۱- اجزای فرمول هر متریک

تعریف	متریک
مجموع محیط کلیه لکه‌ها در سیمای سرزمین، بر حسب متر	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$
میزان محیط به مساحت سیمای سرزمین، بر حسب متر بر هکتار	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (1000)$
میانگین ابعاد فشردگی شده لکه است که هر چه به یک نزدیکتر شود نشان دهنده یکنواختی در لکه خواهد بود (برای داده‌های برداری).	$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{n_i}$
شاخص پیچیدگی شکل لکه است. برای داده‌های رقومی از نوع برداری اگر لکه‌ها مدور کامل باشد، این متریک برابر "یک" خواهد بود.	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{p_{ij}}{2 \sqrt{\pi \times a_{ij}}} \right)}{n_{ij}}$
مجموع تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین، است.	$NP = N$
میانگین اندازه لکه، بر حسب هکتار	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left( \frac{1}{10000} \right)$
میان اندازه لکه‌ها است، که بر حسب مساحت لکه و معادله معمول آماری میانه محاسبه می‌شود.	$MedPS = 50\% N$
شاخص تنوع شانون، این شاخص، تنوع را در هر لکه بطور نسبی محاسبه می‌کند. اگر در سیمای سرزمین فقط یک لکه وجود داشته باشد این شاخص برابر صفر است، و با افزایش تعداد لکه افزایش می‌یابد.	$SDI = -\sum_{i=1}^m (p_i \times \ln p_i)$

جدول ۲- اجزای فرمول هر متریک

تعریف	رابطه
مجموع طول لبه‌های یکسان لکه در سیمای سرزمین بر حسب متر، i,k که شامل قسمت‌ها مرزی یک سیمای سرزمین نیز می‌شود.	$e_{ik}$
مجموع تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین بجز لکه‌های زمینه	$N$
تعداد لکه‌های هم نوع در سیمای سرزمین	$n_i$
تعداد لکه‌های هم نوع موجود در سیمای سرزمین بجز مرز خارجی سیمای سرزمین	$m$
تعداد لکه‌های هم نوع موجود در سیمای سرزمین و مرز سیمای سرزمین	$\hat{m}$
بخشی از سیمای سرزمین که بوسیله لکه‌های هم نوع اشغال می‌شود.	$p_i$
لکه‌های یک نوع از، ۱ ... m یا m	$i$
تعداد لکه‌ها، ۱ ... n	$j$
لکه‌های یک نوع از، ۱ ... m یا m	$k$
مساحت هر لکه ij بر حسب متر مربع	$a_{ij}$
محیط هر لکه ij بر حسب متر	$p_{ij}$
مجموع مساحت هر لکه ij بر حسب متر مربع	$A$

## آسیب پذیری اکولوژیک در مدل تخریب سیمای سرزمین

آسیب پذیری درجه‌ای است که یک سیستم، زیر سیستم یا اجزای سیستم بر اثر قرار گرفتن در برابر عامل‌های محرک (آشفتگی یا فشار) عملاً خسارت می‌بینند (Turner II *et al.*, 2003). یکی از راه‌های تعیین آسیب پذیری، کمی کردن سیمای سرزمین از طریق استخراج متریک‌های سیمای سرزمین است. بر مبنای اصول اکولوژی سیمای سرزمین هر چه تعداد لکه‌های یک اکوسیستم (زیر حوزه) کمتر باشد و یا هر چه کاربری موجود در آن اکوسیستم یکنواخت‌تر باشد، آن اکوسیستم در معرض آسیب پذیری کمتری است (Gergel and Turner 2002). لذا، در مدلی تخریب سیمای سرزمین، متریک تعداد لکه در سیمای سرزمین (Number of Patches; NumP) برای تعیین آسیب پذیری اکولوژیکی به کار برده شد.

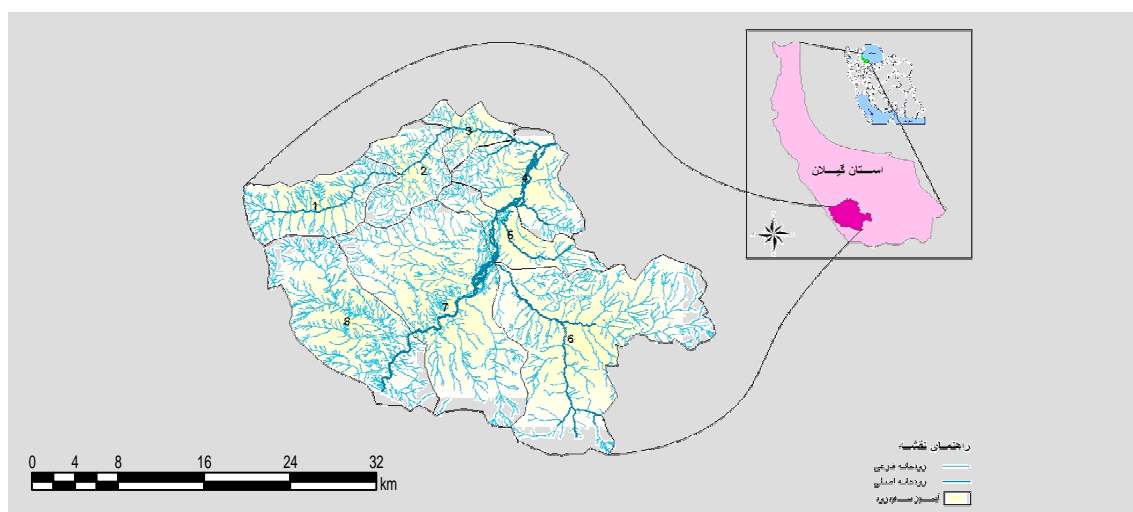
تعیین میانه برای کمی سازی شدت فعالیت‌ها برای اولین بار توسط Azari Dehkordi (2005) برای اجرای مدل تخریب در ژاپن به کار گرفته شده است. برای به دست آوردن مقیاسی برای تفکیک دامنه شدت فعالیت‌ها و آسیب‌پذیری در هر زیر حوزه همانند تعیین دامنه فعالیت‌ها که بر اساس میانه داده‌های به دست آمده از متریک‌های موجود در سیمای سرزمین صورت گرفت،

در این بخش نیز جهت تعیین مقیاس تفکیک از میانه داده‌ها استفاده شد.

در مرحله بعد برای بدست آوردن میزان پهرودگی اراضی جنگلی و غیر جنگلی در محدوده مطالعاتی لایه راه‌های حوزه آبخیز سفیدرود (شکل ۱) با مقیاس ۲۵۰۰۰:۱ بروی لایه کاربری زمین منطقه مطالعاتی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ قرار گرفت، و لایه کاربری زمین به کمک نرم افزار ArcView3.3 با لایه راه روی هم اندازی شدند نقشه پهرودگی سیمای سرزمین در حوزه آبخیز سفیدرود به دست آمد. سپس، متریک‌های سیمای سرزمین در هر زیر حوزه و در نهایت کل سیمای سرزمین منطقه مطالعاتی استخراج شدند.

### محدوده مطالعاتی

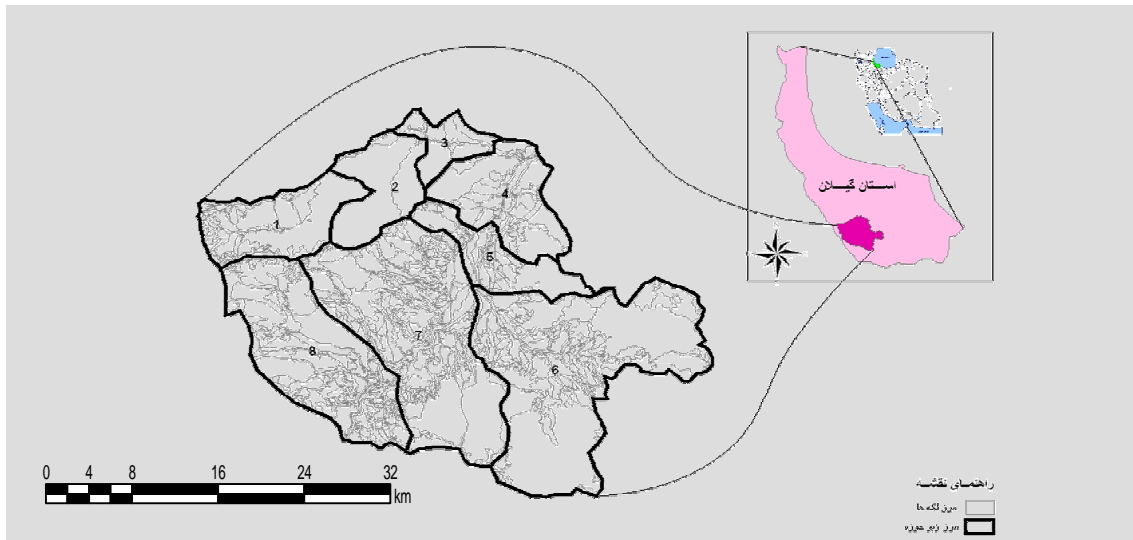
برای اجرای مدل تخریب سیمای سرزمین، بخشی از حوزه آبخیز سفیدرود در استان گیلان به مساحت تقریبی ۳۹۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی آبخیز سفیدرود در  $48^{\circ} 35'$  تا  $48^{\circ} 55'$  طول شرقی و  $36^{\circ} 36'$  تا  $37^{\circ} 55'$  عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). پس از مشخص کردن مرز حوزه آبخیز سفیدرود، در این حوزه تعداد ۱۳ زیر حوزه به روش Strahler (۱۹۶۴) مرز بندی، و به عنوان واحدهای کاری ارزیابی پیامد فعالیت‌ها بر محیط زیست به کار برده شدند.



شکل ۱: نقشه محدوده مطالعاتی

یافته‌ها

شکل ۲ نقشه پهروشدگی را در حوزه آبخیز سفیدرود نشان می‌دهد.



شکل ۲: نقشه پهروشدگی در جنگل‌های حوزه آبخیز سفیدرود

جدول ۳ دسته بندی متریک‌های سیمای سرزمین را به تفکیک هر زیر حوزه نشان می‌دهد. دسته بندی شدت تخریب برای هر کدام از این متریک‌ها بر اساس میانه هر سری از داده‌ها استخراج شده است.

با استفاده از شکل ۲ متریک‌های مختلف استخراج و سپس بر اساس مقدار عددیشان (Quantity, Qt.) به چهار گروه معرف شدت (intensity, Int.) دسته بندی شدند.

جدول ۳: یافته‌ها و دسته بندی متریک‌های سیمای سرزمین در آبخیز سفیدرود

شماره زیر حوزه								کمیت و کیفیت متریک‌ها
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
Qt Int	Qt Int	Qt Int	Qt Int	Qt Int	Qt Int	Qt Int	Qt Int	
۶۸۹ I4	۸۷۹ I4	۴۰۹ I2	۱۳۴ I1	۱۸۸ I1	۳۸ I1	۲۶ I1	۱۸۸ I1	NUMP I4 ≥ 666 > I3 ≥ 453 > I2 ≥ 239 > I1
۱۹ I1	۲۲ I1	۵۲ I1	۳۴ I1	۳۸ I1	۶۵ I3	۱۹۷ I4	۳۴ I1	MPS I4 ≥ 152 > I3 ≥ 108 > I2 ≥ 63 > I1
۱۸ I4	۳ I1	۷ I4	۵ I3	۳ I1	۹ I4	۳ I1	۳ I1	MEDPS I4 ≥ 7 > I3 ≥ 5 > I2 ≥ 4 > I1
۱۰۷ I3	۱۶ I1	۱۰۹ I3	۳۱ I1	۴۱ I1	۱۲ I1	۹ I1	۴۰ I1	TE I4 ≥ 122 > I3 ≥ 85 > I2 ≥ 47 > I1
۰,۰۰۸ I4	۰,۰۰۸ I4	۰,۰۰۵ I3	۰,۰۰۷ I4	۰,۰۰۶ I3	۰,۰۰۵ I3	۰,۰۰۲ I1	۰,۰۰۶ I3	ED I4 ≥ 0.007 > I3 ≥ 0.005 > I2 ≥ 0.003 > I1
۱,۷ I2	۱,۶ I1	۱,۷ I2	۱,۷ I2	۱,۷ I2	۱,۹ I4	۱,۷ I2	۱,۸۰ I4	MSI I4 ≥ 1.8 > I3 ≥ 1.76 > I2 ≥ 1.7 > I1
۲,۲ I4	-۱ I1	۱,۴ I4	۱,۴ I4	۱,۴ I4	۱,۶ I4	۱,۴ I4	۱,۴ I4	MPFD I4 ≥ 1.4 > I3 ≥ 0.6 > I2 ≥ -0.2 > I1
۵,۷ I4	۶,۲ I4	۵,۳ I4	۴,۳ I3	۴,۶ I3	۳,۱ I2	۲,۲ I1	۴,۵ I3	SDI I4 ≥ 5.1 > I3 ≥ 4.2 > I2 ≥ 3.1 > I1

سرانجام، در جدول ۵ شاخص شدت فعالیت‌های تخریب سیمای سرزمین، آسیب پذیری اکولوژیک و عددهای تخریب سیمای سرزمین به تفکیک هر واحد کاری با استفاده از یافته‌های جدول ۳ و ۴ محاسبه شده است.

بر اساس تعداد لکه‌ها، آسیب پذیری اکوسیستم‌های منطقه به چهار دسته تقسیم بندی شد که در جدول ۴ طبقات آسیب پذیری اکولوژیک به همراه تعداد لکه‌های موجود در محدوده مطالعاتی آورده شده است.

**جدول ۴:** طبقات آسیب پذیری در سیمای سرزمین حوزه آبخیز سفیدرود (بر حسب تعداد لکه)

طبقه	میزان آسیب پذیری	دامنه آسیب پذیری (تعداد لکه)
V1	مقاوم	$> 11239$
V2	نیمه حساس	$239 > I2 \geq 453$
V3	حساس	$453 > I3 \geq 666$
V4	آسیب پذیر	$666 I4 \geq$

**جدول ۵:** شدت فعالیت، آسیب پذیری و عددهای تخریب سیمای سرزمین در هر زیر حوزه آبخیز سفیدرود

شماره زیر حوزه	شدت فعالیت ( $\Sigma ki$ )	آسیب پذیری (v)	ضریب تخریب $LD = \Sigma ki/v$
۱	۱۸	۱	۱۸
۲	۱۵	۱	۱۵
۳	۲۲	۱	۲۲
۴	۱۶	۱	۱۶
۵	۱۹	۱	۱۹
۶	۲۳	۲	۱۱,۵
۷	۱۷	۴	۴,۳
۸	۲۶	۴	۶,۵

## بحث و نتیجه گیری

از متریک‌های سیمای سرزمین می توان در برنامه‌ریزی برای منابع طبیعی و کاربری پایدار زمین استفاده کرد. در عمل متریک‌های سیمای سرزمین به عنوان شاخص‌های کمی‌ساز محیط زیست مطرح می‌شوند (Leitao *et al.*, 2006).

به کمک مدل تخریب سلسله مراتب حاکم بین واحدهای کاری با توجه به جدول ۵ به شرح زیر به دست آمد:

$$3^* > 5 > 1 > 4 > 2 > 6 > 8 > 7$$

\*: شماره واحد کاری

این عددها نشان دهنده سلسله مراتب شدت تخریب در بین واحدهای کاری بر مبنای متریک‌های سیمای سرزمین هستند. مثلاً، به کمک این مدلی ارزیابی مشخص می‌شود که زیر حوزه‌های ۱، ۵ و ۳ در حوزه آبخیز سفیدرود دارای بالاترین عدد تخریب (جدول ۵) سیمای سرزمین هستند و در نتیجه برای حفظ جنگل‌های موجود در کل حوزه برای رفع نیازهای توسعه بهتر است از این محدوده‌ها که در عمل دارای سیمای سرزمین پهرو شده (fragmented) شدیدند استفاده نمود. زیرا، عددهای بالای تخریب سیمای سرزمین نشان دهنده حضور موثر انسان و لذا دسترسی‌های بهتر و وجود زیر ساختارهای توسعه مانند آب، برق و راه‌های دسترسی است.

ولی برای آن که از این عددها در برنامه‌ریزی محیط‌زیست به عنوان یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری استفاده گردد، باید شدت و دسته‌ای که هر عدد به آن متعلق است مشخص گردد. به این ترتیب، اعداد مربوط به تخریب سیمای سرزمین در جدول ۵ مشخص کننده

وضعیت تخریب محیط زیست واحدهای کاری‌اند. در مرحله بعد اعداد تخریب، بر اساس منطق فازی (Makhdoum, 2002; Zadeh, 1965; 1975) تقسیم‌بندی شدند تا برای استفاده در سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی محیط‌زیست آماده گردند. هدف از این فرآیند نشان دادن هم‌زمان دسته‌ای است که  $L_D$  به آن دسته تعلق دارد و نشان دهنده درجه یا شدتی است که به آن طبقه تعلق دارد. این منطق در ارزیابی برای اولین بار در Makhdoum (۲۰۰۲) به کار گرفته شد.

با رتبه‌بندی اولیه‌ای که به این طریق بدست می‌آید، می‌توان زیر حوزه‌هایی را که برای فعالیت‌های بازگردانی مناسب هستند شناسایی و سپس برنامه‌ریزی برای هر واحد کاری را انجام داد (جدول ۶). بر این مبنای، برنامه‌ریزی محیط‌زیستی باید متناسب با فعالیتی باشد که درون هر یک از زیر حوزه‌ها در حال انجام است یا در نظر است که انجام گیرد (Zeilinski, 2002).

برای اعتبار سنجی مدلی ارزیابی از مقایسه عدد محاسبه شده مربوط به متریک‌های مختلف و هرچه درجه قرمزی در تصویر ماهواره‌ای بیشتر باشد، نشان دهنده این است که ناحیه جنگلی در مرحله‌های انتهایی توالی است، یعنی در منطقه جنگلی کمتر دست خورده وجود دارد (Steven *et al.*, 2003). در نتیجه، برای اعتبارسنجی کاربرد متریک‌های سیمای سرزمین به کار رفته در مدلی تخریب سیمای سرزمین برای نشان دادن وضعیت اکوسیستم‌های جنگلی منطقه، بین عددهای مربوط به هشت متریک و میانگین عدد قرمزی (استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای

جدول ۶ طبقات تخریب در سیمای سرزمین حوزه آبخیز سفیدرود

طبقه	دامنه تخریب	تناسب توسعه یا حفاظت	طبقه	دامنه تخریب	تناسب توسعه یا حفاظت
$L_{D1}$	$> 118/7$	قابل حفاظت	$L_{D3}$	$13/1 > I3 \geq 17/5$	قابل توسعه یا حفاظت
$L_{D2}$	$8/7 > I2 \geq 13/1$	نیازمند بازسازی	$L_{D4}$	$17/5 I4 \geq$	قابل توسعه



(از سال ۴۶ تا ۷۳) ۲۳٪ کاهش یافته اند، که نشان دهنده وجود عامل های تخریب در منطقه است. یکی از مزیت های ارزیابی به کمک متریک های سیمای سرزمین، آگاهی از میزان شدت تخریب در سیمای سرزمین در کوتاه ترین زمان ممکن با داده رقومی است که قابل مقایسه با تکرار مطالعه در آینده است. از سوی دیگر، در این روش جهت تعیین سلسله مراتب تخریب بین واحدهای کاری، حداقل نظرهای کارشناسی قابل اعمال است، که با استفاده از نتایج به دست آمده از سلسله مراتب تخریب بین واحدهای کاری می توان به برنامه ریزی نزدیک تر به وضع موجود در محیط دست پیدا کرد.

سنجنده TM ماهواره لندست در طیف سرخ کاذب، متعلق به سال ۱۹۹۸) در ۱۳ واحد کاری رگرسیون گرفته شد (جدول ۷). نتیجه های این رگرسیون نشان داد که متریک های TE, MPFD, SDI بیشترین رابطه را با درجه قرمزی دارند. بر این اساس، در مقیاسی مفروض هر چه تعداد لکه در سیمای سرزمین بیشتر باشد، سیمای سرزمین از تنوع بیشتری برخوردار خواهد بود و در نتیجه لکه ها به یکدیگر نزدیک تر و در معرض تخریب بیشتری قرار داشته بوده اند. بر اساس داده های رقومی موجود، مساحت جنگل های محدوده مطالعاتی طی فاصله ۲۷ سال

جدول ۷- نتایج رگرسیون بین متریک های سیمای سرزمین و درجه قرمزی تصویر ماهواره ای

متریک	SDI	MPFD	TE	NUMP	ED	MSI	MEDPS	MPS
R2	۰/۸۵	۰/۲	۰/۷	۰/۸	۰/۷۵	۰/۶	۰/۵	۰/۲

## پی نوشت

Azari Dehkordi, F. (2005). Environmental Impact Assessment of Dams in Japan and Iran; A Landscape Ecological Modeling Perspective. PhD Dissertation. Hiroshima: Hiroshima University 358 pp.

Brett, A.B. (2003). Physical environmental modeling, visualization and query for supporting landscape planning decisions . *Landscape and Urban Planning*, 65: 237-259.

Canter, L.W. ( 1996). *Environmental Impact Assessment*. New York: Mc Graw- Hill 660pp.

Cook, E.A. and H.N. Vanlier (1994). *Landscape Planning and Ecological Net work*. Netherland: Elsevier Science.

- 1- Distributed regimes
- 2- Landscape
- 3- Landscape composition
- 4- Landscape configuration
- 5- Fragmentation
- 6- patches
- 7- Degradation Model

## References

Ahern, j. and L. Andre ( 2003). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59: 65-93.

- vegetation indices from different sensor systems. *Remote Sensing of Environment*, 88: 412-422.
- Strahler, A.N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel network, section 4-11*. In V.T. Chow (Editor), *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw Hill.
- Turner II. B. L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corellg, L. Christensen, N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luerse, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher and A. Schiller (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS*, 100 (14): 8074-8079.
- Zadeh, L. A. (1975). Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthesis*. 30: 407-428
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338-353.
- Zeilinski, J. (2002). *Watershed vulnerability analysis*. Ellicott City:MD Center for Watershed Protection.
- Farina, A. (1998). *Principles and Methods in Landscape Ecology*. London: Chapman & Hall.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. USA: Cambridge University press.
- Gergel, S. E. M. and G. Turner (2002). *Learning Landscape Ecology: A Practical Guide to Concepts and Techniques*. New York: Springer.
- Gustafson, E.J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*, 1, 143-156.
- Hugget, R.J. and J. Cheesman (2002). *Topography and the Environment*. London: Liecencing Agency Ltd.
- Khazaei, N. (2007). Apply of Ecological Landscape Concepts in Restoration of Degraded forest in Gilan. M.Sc. Dissertation. Tehran University.
- Leitao, A.B., J. Miller, j. Ahern and K. McGarigal (2006). *Measuring Landscapes: A Planners Handbook*. Washington D.C: Island Press 250pp.
- Makhdoum, M. F. (2002). Degradation model: A quantitative EIA instrument, Acting as a Decision Support System (DSS) for environmental management. *Environmental Management*, 30: 151-156.
- McGarigal, K. and B.J. Marks (1995). *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. USA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station 122pp.
- Stevena, M. D., T. J. Malthus, F. Baret, H. Xu and M.J. Chopping (2003). Intercalibration of