نشریهٔ محیط زیست طبیعی،مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۲
صفحات ۲۵۴- ۲۴۵

# تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی بخش پاتم جنگل خیرود با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری

**مریم اقنوم[۱]، جهانگیر فقهی[۲*]، مجید مخدوم[۳]، بهمن جباریان امیری[۴]**
**۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران**
**۲. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران**
**۳. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران**
**۴. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران**

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/٤/۱۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱)

## چکیده

تخریب جنگل‌ها در دهه‌های پایانی قرن گذشته افزایش یافته است. بنابراین توسعهٔ صحیح فعالیت‌های انسانی در جنگل‌ها نیازمند آن است که محدودیت‌های محیط‌زیست در فرآیند مدیریت جنگل‌ها مد نظر قرار بگیرد. یکی از اقدامات مناسب در این راستا تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی است. در تحقیق حاضر، بخش پاتم جنگل خیرود براساس پایداری اکولوژیک با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که ۲۶ درصد منطقه در طبقهٔ نیمه‌حساس، ۴۶ درصد در طبقهٔ حساس و ۲۸ درصد در طبقهٔ آسیب‌پذیر قرار گرفته است. درمجموع، می‌توان اذعان کرد که بخش پاتم آسیب‌پذیری اکولوژیکی بالایی دارد و حساسیت‌پذیری اکولوژیکی آن باید مد نظر مدیران جنگلداری قرار بگیرد.

## واژگان کلیدی

آسیب‌پذیری اکولوژیکی، جنگل خیرود، روش عینی آسیب‌پذیری، محدودیت‌های محیط‌زیست، مدیریت جنگل.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴
Email: jfeghhi@ut.ac. ir

## ۱. مقدمه

جنگل‌های شمال ایران، که به جنگل‌های هیرکانی معروف‌اند، به‌دلیل برخورداری از ارزش‌های فراوان محیط‌زیستی، تنوع بالای گونه‌های گیاهی و جانوری، تولیدات چوبی و غیره، جایگاه ویژه‌ای را در ایران و جهان به‌خود اختصاص داده‌اند (Hakimian, 1999). با شروع بهره‌برداری تجاری از جنگل‌های شمال، واگذاری اراضی جنگلی و همچنین چرای مفرط و قطع بی‌رویه، مساحت این جنگل‌ها رو به کاهش است؛ به‌طوری‌که، امروزه حدود ۱/۸ میلیون هکتار جنگل در این منطقه باقی مانده است (Marvie Mohajer, 2006). بنابراین، از سال ۱۳۳۸ بهره‌برداری از جنگل‌ها به داشتن طرح جنگلداری منوط شد (Shamekhi, 2011). بررسی طرح‌های جنگلداری شمال کشور نشان می‌دهد که، به‌سبب دخالت‌ندادن استعدادهای طبیعی سرزمین در فرآیند بهره‌برداری و بهره‌وری، خسارات و صدمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد شده است. هم‌اکنون نیز تهیه و اجرای طرح‌ها، هم‌چون گذشته، بدون توجه به سایر خدمات و ارزش‌های محیط‌زیستی جنگل است (Makhdoum, 2007). همچنین، تجربهٔ توسعهٔ اقتصادی در گذشته و پیامدهای ناشی از توجه‌نکردن به محیط‌زیست زمینهٔ شناخت محدودیت‌های محیط‌زیست را طی چند دههٔ گذشته ایجاد کرده است. به‌طوری‌که، انسان به‌درستی دریافته است که استفاده از سرزمین و بهره‌برداری از تک‌تک منابع موجود در یک اکوسیستم به‌شرط پایداری آن اکوسیستم ممکن است (Habitat, 1992). علاوه‌براین، تغییرات محیط‌زیستی جهانی نیز هر روزه در حال افزایش است؛ بنابراین، این سوال مطرح می‌شود که چه مناطقی در برابر تغییرات محیط‌زیستی آسیب‌پذیرترند (Turner *et al.*, 2003).

در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی صورت پذیرفته است تا معیارهای پایداری اکولوژیک در تدوین و اجرای پروژه‌های عمرانی گنجانیده شود، زیرا هرچه اکوسیستم مورد بهره‌برداری از آستانه‌های برگشت‌پذیری بیشتری عبور کند، فروافت کیفیت اکوسیستم برگشت‌ناپذیرتر می‌شود و درنهایت به کاهش میزان بهره‌برداری و به‌عبارت دیگر توسعهٔ ناپایدار فعالیت‌های انسانی منجر می‌شود. بنابراین، برنامه‌ریزان و مدیران باید از محدودیت‌های توان محیط‌زیست آگاه باشند. در این راستا، یکی از کارهایی که می‌توان انجام داد تعیین میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌هایی است که در حوزهٔ آبخیز یا هر نوع واحد مدیریتی و برنامه‌ریزی وجود دارند، تا از طریق تعیین و شناسایی آنها، توسعهٔ فعالیت‌های انسانی را به اکوسیستم‌هایی سوق دهیم که در مقایسه با سایر اکوسیستم‌های منطقهٔ مورد نظر آسیب‌پذیری کمتری دارند (Kessler & Laban, 1994). همچنین، از طریق شناسایی شاخص‌های محیط‌زیستی و تحلیل و طبقه‌بندی حساسیت‌های آنها و تعیین میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها، تدوین سیاست‌های کاهش و کنترل آسیب‌پذیری محیطی امکان‌پذیر می‌شود و شرایط ایجاد تعادل میان توسعه و محیط‌زیست فراهم می‌شود (Habitat, 1992).

درجهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیکی مقیاس سنجشی است که یک اکوسیستم یا اجزای آن بر اثر قرارگرفتن در برابر عامل‌های محرک (آشفتگی یا فشار) در عمل خسارت می‌بینند (Turner *et al.*, 2003). همچنین، آسیب‌پذیری با مقدار حساسیت به تغییرات محیط‌زیستی و اقتصادی مؤثر بر ظرفیت اکوسیستم‌های اکولوژیکی و انسانی تعریف شده است (Maikhuri *et al.*, 2003). اکوسیستم‌های آسیب‌پذیرتر در معرض آشفتگی بیشتری قرار دارند و در برابر تغییرات محیطی ناشی از توسعه سازگاری و انعطاف‌پذیری کمتری از خود نشان می‌دهند (Liechenko & O'Brien, 2002). آسیب‌پذیری اکولوژیکی با روش‌های گوناگونی برآوردشدنی است. بعضی از روش‌های تعیین مقدار آسیب‌پذیری عبارت‌اند از: تعیین آسیب‌پذیری براساس رتبه‌بندی زیستگاه (Rossi & Kuitunen, 1996)، تعیین آسیب‌پذیری براساس برنامه‌ریزی سریع حوزهٔ آبخیز (Zeilinski, 2002) و متریک تعداد لکه در سیمای سرزمین (Azaridehkordi & Khazaei, 2009). درزمینهٔ تعیین توان اکولوژیک، آمایش سرزمین و آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها، مخدوم، که پایه‌گذار این اندیشه در کشور است، پژوهش‌ها و تجربیات مفیدی را ارائه کرده است (Makhdoum, 1993; Makhdoum, 2002). جباریان امیری نیز، با استفاده از نگرش سیستمی، روشی را ارائه کرده است تا با آن بتوان آسیب‌پذیری اکولوژیکی یک منطقه را به‌صورت کاملاً

عینی تعیین کرد (Jabbarian Amiri, 1998). در تحقیق حاضر، سعی شد، با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری از طریق ارزیابی و تعیین درجهٔ آسیب‌پذیری بخش پاتم جنگل خیرود، مناطق پایدار و آسیب‌پذیر در برابر فعالیت‌های انسانی مشخص شود.

## ۲. مواد و روش‌ها

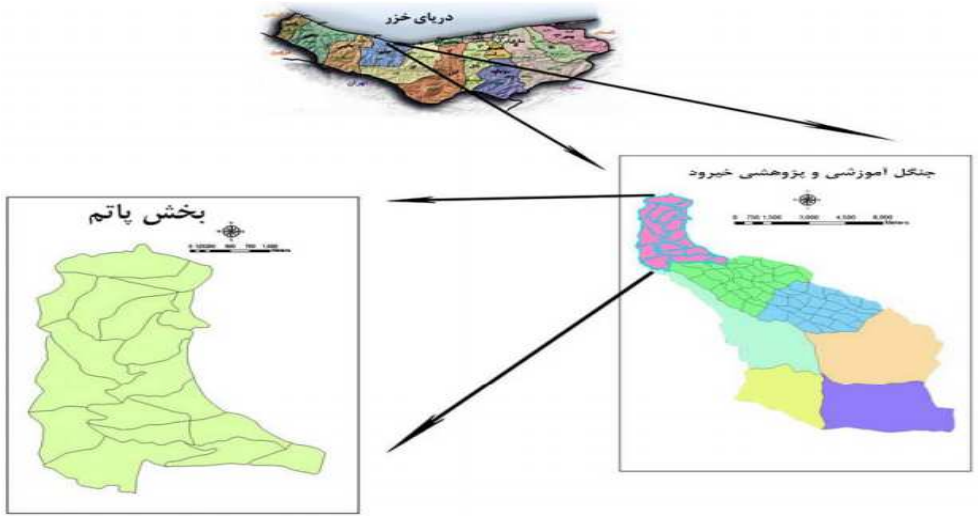
### ۱.۲ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه بخش پاتم جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران است که به جنگل خیرود موسوم است. جنگل آموزش و پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر بین ´۲۷ °۳۶ تا ´۴۰ °۳۶ عرض شمالی و ´۳۲ °۵۱ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).

حداقل و حداکثر ارتفاع بخش پاتم از سطح دریا به‌ترتیب ۱۰ و ۹۳۰ متر و مساحت آن ۹۰۰ هکتار است (Forest management plan, 1995).

### ۲.۲. روش پژوهش

برای تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی در بخش پاتم از روش عینی آسیب‌پذیری (Jabbarian Amiri, 1998) استفاده شد. در این روش، با استفاده از نگرش سیستمی روشی ارائه می‌شود تا به‌کمک آن بتوان آسیب‌پذیری اکولوژیک یک منطقه را به‌صورت کاملاً عینی تعیین کرد. ازآنجاکه در طرح‌های جنگلداری پارسل کوچک‌ترین واحد برنامه‌ریزی است، برای انجام‌دادن تحقیق حاضر، نخست پارسل‌ها به‌مثابهٔ واحدهای کاری تعیین شدند.




**شکل ۱. بخش پاتم جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود**

براساس این روش، برای تعیین درجهٔ اهمیت عوامل اکولوژیکی (جدول ۲)، با استفاده از روش ماتریس، آثار متقابل روابط عوامل مذکور تجزیه و تحلیل شدند (Jabbarian Amiri, 1998)؛ بدین صورت که، براساس منطقی‌بودن یا نبودن روابط، در محل‌هایی که دو عامل اکولوژیکی با هم رابطه داشتند، عدد یک درج شد (جدول۲). در گام بعدی، جمع ردیف‌ها و جمع ستون‌ها محاسبه شد و درجهٔ اهمیت عوامل اکولوژیکی براساس رابطهٔ ۱ (Jabbarian Amiri, 1998) محاسبه شد.

$$K_i = \sum_{1}^{n}(X_i - X_j) \qquad \text{رابطه ۱)}$$

$K_i$: درجهٔ اهمیت عامل اکولوژیکی است که درواقع عددی بدون بعد است. $X_i$: تعداد علائم یک در ستون i و $X_j$: تعداد علائم یک در ردیف j است.

سپس نقشهٔ عوامل اکولوژیکی به‌مثابهٔ لایه‌های اطلاعاتی تهیه شد. بدین منظور، با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی، نقشهٔ ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی بخش پاتم در محیط نرم‌افزار ARC MAP تهیه شد. همچنین، برای تعیین آسیب‌پذیری بخش پاتم، از نقشهٔ خاک (Sarmadian & Jafari, 2001)، نقشهٔ فرسایش خاک (Maleknia, 2011)، نقشهٔ زمین‌شناسی (Etemad, 2009) و نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی (Jahani, 2010) و برای مشخص‌کردن اقلیم منطقه از فرمول آمبرژه استفاده شد

(Etemad, 2002). برای کدگذاری عوامل فوق از اصل مقادیر آستانه‌ای در علم بوم‌شناختی استفاده شد. بر مبنای این اصل، هرچه مقدار عامل اکولوژیکی به مقدار حدی یا بحرانی خود نزدیک‌تر شود، آسیب‌پذیری اکوسیستم موردنظر بیشتر می‌شود (Ross, 1976). بنابراین میزان آسیب‌پذیری هریک از طبقات عوامل اکولوژیکی برمبنای این اصل تعیین و هریک از نقشه‌ها براساس کد آسیب‌پذیری اکولوژیکی طبقه‌بندی شدند (جدول ۱).

**جدول ۱. طبقه‌بندی و کدگذاری عوامل اکولوژیکی براساس کد آسیب‌پذیری اکولوژیکی**

| لایه | ارتفاع (m) | کد | شیب (%) | کد | جهت | کد | اقلیم | کد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۰۰-۰ | ۱ | ۲-۰ | ۱ | دشت | ۱ | بسیار مرطوب | ۱ |
| ۲ | ۲۰۰-۱۰۰ | ۲ | ۵-۲ | ۲ | جنوبی | ۲ | مرطوب | ۲ |
| ۳ | ۴۰۰-۲۰۰ | ۳ | ۸-۵ | ۳ | غربی | ۲ | نیمه‌مرطوب | ۳ |
| ۴ | ۶۰۰-۴۰۰ | ۴ | ۱۲-۸ | ۴ | شمالی | ۳ | نیمه‌خشک | ۴ |
| ۵ | ۸۰۰-۶۰۰ | ۵ | ۱۵-۱۲ | ۵ | شرقی | ۳ | خشک | ۵ |
| ۶ | >۸۰۰ | ۶ | ۳۰-۱۵ | ۶ | | | | |
| ۷ | | ۷ | ۶۵-۳۰ | ۷ | | | | |
| ۸ | | ۸ | >۶۵ | ۸ | | | | |

| لایه | زمین‌شناسی | کد | عمق خاک (cm) | کد | فرسایش | کد | تراکم پوشش گیاهی | کد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بسیار مقاوم | ۱ | > ۱۲۰ | ۱ | کم | ۱ | ۱۰۰-۷۵ | ۱ |
| ۲ | مقاوم | ۲ | ۱۲۰-۸۰ | ۲ | متوسط | ۲ | ۷۵-۵۰ | ۲ |
| ۳ | نامقاوم | ۳ | ۸۰-۵۰ | ۳ | شدید | ۳ | ۵۰-۲۵ | ۳ |
| ۴ | حساس | ۴ | ۵۰-۲۵ | ۴ | بسیار شدید | ۴ | ۲۵-۰ | ۴ |
| ۵ | بسیار حساس | ۵ | ۲۵- ۱۰ | ۵ | | | | |

برای همناد (سنتز) کردن لایه‌های اطلاعاتی، از روش شبکه (Jabbarian Amiri, 1996; Makhdoum, 2007) استفاده شد تا داده‌های مکانی موجود در لایه‌های اطلاعاتی استخراج شوند. بدین منظور، ابتدا بخش پاتم به ۱۸۰ سلول شبکهٔ پنج هکتاری (۰/۹×۰/۹ سانتی‌متر روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰) تقسیم شد. سپس نقشهٔ حاصله با هریک از نقشه‌های عوامل اکولوژیکی روی‌هم گذاشته شد و کد آسیب‌پذیری طبقات غالب استخراج شد و، براساس رابطهٔ شاخص کیفیت محیط‌زیست (رابطهٔ ۲) (Jabbarian Amiri, 1998)، شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیکی برای هریک از شبکه‌ها محاسبه شد.

$$EQI = \sum_{1}^{n} K_i X_i \qquad \text{رابطه۲)}$$

که در آن EQI: شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیکی[1]، Ki: درجهٔ اهمیت عامل اکولوژیکی i، و Xi: آسیب‌پذیری عامل اکولوژیکی است. سپس، براساس رابطهٔ ۳ (Makhdoum, 2002)، مقادیر شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیکی طبقه‌بندی شدند و طبقات آسیب‌پذیری مشخص شدند.

$$E = \frac{(a - b)}{4} \qquad \text{رابطه۳)}$$

که در آن E: عدد افزایش هر طبقه، a: بزرگ‌ترین عدد آسیب‌پذیری در شبکه‌ها، b: کوچک‌ترین عدد آسیب‌پذیری در شبکه‌ها، (a-b): دامنهٔ تغییرات، و عدد ۴: چهار طبقه یا چهار کلاس آسیب‌پذیری است (ازآنجاکه اکوسیستم‌ها را از نظر آسیب‌پذیری اکولوژیک می‌توان به چهار طبقهٔ مقاوم، نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر تقسیم کرد، برای به‌دست‌آوردن

1. Environmental Quality Index

فاصلهٔ طبقات EQI، مقدار دامنهٔ تغییرات به عدد چهار تقسیم می‌شود). بعد از طبقه‌بندی مقادیر شاخص آسیب‌پذیری، میانگین وزنی شاخص آسیب‌پذیری در هریک از پارسل‌ها محاسبه شد و منطقهٔ مورد مطالعه براساس طبقات آسیب‌پذیری طبقه بندی شد.

## ۳. نتایج

جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل روابط بین عوامل اکولوژیکی و درجهٔ اهمیت هر عامل اکولوژیکی را نشان می‌دهد. این جدول براساس منابع موجود (Jabbarian Amiri, 1998; Feiznia, 2008; Marvie Mohajer, 2006) تکمیل شد. جدول ۳ نیز نتایج حاصل از طبقه‌بندی مقادیر شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیکی را در بخش پاتم نشان می‌دهد. براساس این جدول، میانگین شاخص آسیب‌پذیری در پارسل‌ها طبقه‌بندی شد (جدول ۴). براساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۴) و مقایسهٔ شاخص آسیب‌پذیری در پارسل‌های بخش پاتم جنگل خیرود، پارسل ۱۰۶، با میانگین شاخص آسیب‌پذیری ۱۰۵/۴۱، بالاترین آسیب‌پذیری و پارسل ۱۱۶، با میانگین شاخص آسیب‌پذیری ۷۹/۸۵، پایین‌ترین مقدار آسیب‌پذیری را در بخش پاتم دارند. با توجه به یافته‌های جدول ۵ که مساحت و درصد طبقات گوناگون آسیب‌پذیری اکولوژیک را در منطقهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد، می‌توان گفت که هیچ‌کدام از پارسل‌های بخش پاتم، از لحاظ شاخص آسیب‌پذیری، در طبقهٔ ۴ (مقاوم) قرار ندارد. ۲۶ درصد منطقهٔ مطالعاتی به پارسل‌هایی مربوط است که در طبقهٔ ۳ یعنی طبقهٔ نیمه‌حساس قرار دارند. همچنین، پارسل‌هایی که از نظر آسیب‌پذیری حساس‌اند ۴۶ درصد منطقهٔ مطالعاتی را شامل می‌شوند. پارسل‌های آسیب‌پذیر، که شامل پارسل‌های ۱۰۳، ۱۰۵، ۱۰۶ و ۱۰۷ است، نیز ۲۸ درصد منطقه را به‌خود اختصاص داده‌اند. طبقه‌بندی بخش پاتم براساس مناطق نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر در شکل ۲ نشان داده شده است.

**جدول ۲ . ماتریس آثار عوامل متقابل محیط زیستی**

| عوامل اکولوژیکی | شیب $X_1$ | جهت $X_2$ | ارتفاع $X_3$ | سنگ $X_4$ | بافت خاک $X_5$ | PH خاک $X_6$ | عمق خاک $X_7$ | پوشش گیاهی $X_8$ | بارش $X_9$ | دما $X_{10}$ | عمق آب $X_{11}$ | کیفیت آب $X_{12}$ | فرسایش خاک $X_{13}$ | جمع ردیف‌ها $\sum X_j$ | درجهٔ اهمیت $K_i=\lvert\sum x_i - \sum x_j\rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شیب $X_1$ | ۰ | | | | | | ۱ | ۱ | | | ۱ | ۱ | ۱ | ۵ | ۵ |
| جهت $X_2$ | | ۰ | | | | | | ۱ | | ۱ | | | | ۲ | ۲ |
| ارتفاع $X_3$ | | | ۰ | | | | | ۱ | ۱ | ۱ | | | | ۳ | ۳ |
| سنگ $X_4$ | | | | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | | ۱ | ۱ | ۱ | ۷ | ۷ |
| بافت خاک $X_5$ | | | | | ۰ | | | ۱ | | | ۱ | ۱ | ۱ | ۴ | ۳ |
| PH خاک $X_6$ | | | | | | ۰ | | ۱ | | | | ۱ | ۱ | ۳ | ۲ |
| عمق خاک $X_7$ | | | | | | | ۰ | ۱ | | | | | | ۱ | ۱ |
| پوشش گیاهی $X_8$ | | | | | | | | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۵ | ۴ |
| بارش X9 | | | | | | | | ۱ | ۰ | | ۱ | | ۱ | ۳ | ۱ |
| دما $X_{10}$ | | | | | | | | ۱ | | ۰ | | | | ۱ | ۲ |
| عمق آب $X_{11}$ | | | | | | | | | | | ۰ | | | ۰ | ۵ |
| کیفیت آب $X_{12}$ | | | | | | | | | | | | ۰ | | ۰ | ۵ |
| فرسایش خاک $X_{13}$ | | | | | | | | | | | | | ۰ | ۰ | ۶ |
| جمع ستون‌ها $\sum X_i$ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۲ | ۹ | ۲ | ۳ | ۵ | ۵ | ۶ | | |

**جدول۳ . طبقه بندی شاخص آسیب پذیری اکولوژیکی**

| طبقه | توصیف کیفی | دامنه تغییرات مقادیر EQI |
|---|---|---|
| ۴ | مقاوم | ۷۹-۶۸ |
| ۳ | نیمه حساس | ۹۰-۷۹ |
| ۲ | حساس | ۱۰۱-۹۰ |
| ۱ | آسیب پذیر | ۱۱۲-۱۰۱ |

**جدول ۴. میانگین شاخص آسیب‌پذیری در پارسل‌ها**

| پارسل | میانگین شاخص آسیب‌پذیری | درجهٔ آسیب‌پذیری |
|---|---|---|
| ۱۰۱ | ۹۴/۳۰ | ۲ |
| ۱۰۲ | ۹۲/۲۶ | ۲ |
| ۱۰۳ | ۱۰۳/۱ | ۱ |
| ۱۰۴ | ۹۶/۰۴ | ۲ |
| ۱۰۵ | ۱۰۳/۶۶ | ۱ |
| ۱۰۶ | ۱۰۵/۴۱ | ۱ |
| ۱۰۷ | ۱۰۴/۱۳ | ۱ |
| ۱۰۸ | ۹۸/۹۱ | ۲ |
| ۱۰۹ | ۸۴/۵۵ | ۳ |
| ۱۱۰ | ۸۶/۵ | ۳ |
| ۱۱۱ | ۸۰/۲۵ | ۳ |
| ۱۱۲ | ۹۱/۶۹ | ۲ |
| ۱۱۳ | ۹۱/۰۷ | ۲ |
| ۱۱۴ | ۸۹/۰۷ | ۳ |
| ۱۱۵ | ۸۵/۱۷ | ۳ |
| ۱۱۶ | ۷۹/۸۵ | ۳ |
| ۱۱۷ | ۹۰/۰۵ | ۲ |
| ۱۱۸ | ۹۱/۰۹ | ۲ |

**جدول ۵. مساحت و درصد طبقهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیکی**

| طبقه | آسیب‌پذیری | مساحت (هکتار) | درصد |
|---|---|---|---|
| ۳ | نیمه‌حساس | ۲۳۴ | ۲۶ |
| ۲ | حساس | ۴۱۷ | ۴۶ |
| ۱ | آسیب‌پذیر | ۲۵۶ | ۲۸ |

**شکل ۲. نقشهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیکی بخش پاتم**

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری مناطق حساس و آسیب‌پذیر به فعالیت‌های انسانی در بخش پاتم جنگل خیرود مشخص شدند. برای تعیین آسیب‌پذیری از هشت فاکتور اکولوژیکی شامل شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، عمق خاک، فرسایش خاک، زمین‌شناسی، تراکم پوشش گیاهی و اقلیم استفاده شد.

برای محاسبهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیکی از فاکتورهای گوناگونی استفاده می‌شود. مهم‌ترین فاکتورهای تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی عبارت‌اند: از توپوگرافی، اقلیم، خاک، و پوشش گیاهی (Li *et al.*, 2006a, b; Tran *et al.*, 2002). علاوه‌براین، برای تعیین آسیب‌پذیری، از فاکتورهایی مثل شاخص خشکسالی، فرسایش، تراکم جمعیت و نقشهٔ کاربری اراضی (Li *et al.*, 2006a)، عوامل اقلیمی (دما، رطوبت، تبخیر)، شاخص پوشش گیاهی[1] (Si-Yuan *et al.*, 2008)، تخریب پوشش گیاهی، بیابان‌زایی و عوامل انسانی (تراکم جمعیت، تراکم جاده، چرای دام، کشاورزی) (Wang *et al.*, 2008) و اطلاعات اجتماعی اقتصادی (Ji-quan *et al.*, 2010) نیز استفاده شده است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که درنظرگرفتن عوامل انسانی، در کنار عوامل طبیعی و اکولوژیکی، آسیب‌پذیری یک منطقه را بهتر نشان می‌دهد و با عنوان آسیب‌پذیری محیط‌زیستی تعریف می‌شود (Wang *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر، علاوه‌بر مهم‌ترین فاکتورهای تعیین آسیب‌پذیری، از فاکتورهای زمین‌شناسی و فرسایش خاک نیز استفاده شد.

1. Normalized difference vegetation index

به‌طور کلی، آسیب‌پذیری اکولوژیکی در چهار طبقهٔ مقاوم، نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر دسته‌بندی می‌شود (Makhdoum, 2002). در همین راستا، Wang و همکاران (2008)، Li و همکاران (2006a) و Safaian و همکاران (2002) آسیب‌پذیری اکولوژیکی را در پنج طبقه و Si-Yuan و همکاران (2008) آسیب‌پذیری اکولوژیکی را در شش طبقه دسته‌بندی کردند. در تحقیق حاضر، شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیکی براساس دامنهٔ تغییرات آسیب‌پذیری به‌دست‌آمده و طبق طبقات پیشنهادی مخدوم (Makhdoum, 2002) در چهار طبقه دسته‌بندی شد.

به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۷۴ درصد بخش پاتم در طبقه‌های حساس و آسیب‌پذیر قرار دارد. بنابراین می‌توان گفت که بخش پاتم جنگل خیرود، به‌مثابهٔ نوعی اکوسیستم جنگلی توسعه‌یافته، آسیب‌پذیری اکولوژیکی بالایی دارد. مخدوم نیز براساس پژوهش‌های خود اعلام کرده است که شمال ایران، علی‌رغم داشتن ظاهر توانمند و جاذبه‌های اکولوژیک، به‌دلیل آسیب‌پذیربودن اکوسیستم‌های آن، چندان مهیای توسعه نیست (Makhdoum, 1991).

همچنین صفائیان و همکاران، با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری، اعلام کردند اکوسیستم‌های حاشیهٔ جنوبی دریای خزر آسیب‌پذیری بالایی دارد (Safaian *et al.*, 2002). بنابراین، آسیب‌پذیری اکولوژیکی بخش پاتم در برنامه‌ریزی مدیریت جنگل باید مد نظر مدیران جنگلداری قرار بگیرد؛ ازاین‌رو، لازم است با توجه به ملاحظات محیط‌زیستی، ارزیابی توان اکولوژیک و تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی، کارکردهای هر جنگل را اولویت‌بندی کرد و در برنامه‌ریزی مورد توجه قرار داد، زیرا ارزیابی توان اکولوژیک ابزاری برای برنامه‌ریزی راهبردی جنگل است که طی آن توان بالقوه یا نوع کاربرد سرزمین تعیین یا پیش‌بینی می‌شود و آسیب‌پذیری اکولوژیکی میزان حساسیت اکوسیستم‌ها به توسعهٔ فعالیت‌های انسانی را مشخص می‌کند. در همین راستا، ملک‌نیا، با استفاده از مدل ویژهٔ ارزیابی توان اکولوژیک برای برنامه‌ریزی راهبردی جنگل خیرود، توان اکولوژیک جنگل را برای تولید چوب و حفاظت- حمایت ارزیابی کرد (Maleknia, 2011). مقایسه نقشهٔ آسیب‌پذیری با نقشهٔ مکان‌دهی کارکردهای بخش پاتم (Maleknia, 2011) نشان می‌دهد که طبقهٔ آسیب‌پذیر بخش پاتم دارای توان حفاظت-حمایت و طبقه‌های حساس و نیمه‌حساس دارای توان تولید چوب و توان حفاظت-حمایت‌اند. جهانی، در ارزیابی توان اکولوژیک بخش پاتم بر اساس مدل ویژه، مشخص کرد که ۲۷ درصد بخش پاتم قابلیت مدیریت برای تولید چوب را دارد. همچنین ۶۲ درصد بخش پاتم به کاربری حمایت و ۱۱درصد به اکوتوریسم گسترده اختصاص یافت (Jahani *et al.*, 2011). مقایسهٔ نقشهٔ آسیب‌پذیری با نقشهٔ توان اکولوژیکی و نقشهٔ پهنه‌بندی بخش پاتم براساس کیفیت بصری منظر (Jahani *et al.*, 2011) نشان می‌دهد که قسمتی از طبقهٔ حساس دارای توان برداشت چوب است و مناطق با کیفیت منظر ممتاز در طبقه‌های نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر قرار گرفته‌اند. سجادی در ارزیابی اثرهای راه‌سازی بخش پاتم مشخص کرد که شبکهٔ جادهٔ بخش پاتم عمدتاً از مناطقی عبور کرده است که توان نامناسب یا پایینی برای کاربری جاده‌سازی دارند (Sajadi, 2002). مقایسهٔ نقشهٔ توان اکولوژیکی (Sajadi, 2002) با نقشهٔ آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که طبقهٔ توان ۲ جاده‌سازی (مناسب برای جاده‌سازی) در طبقهٔ حساس آسیب‌پذیری قرار دارد. بنابراین، به‌همراه مشخص‌کردن توان اکولوژیک و تعیین کارکردهای جنگل در هر منطقه، بایستی آسیب‌پذیری اکولوژیکی آن منطقه را نیز برای اولویت‌بندی کارکردهای جنگل در نظر گرفت، زیرا تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی به‌همراه مشخص‌کردن توان اکولوژیک و تعیین کارکردهای جنگل می‌تواند راهکار مدیریتی مناسبی برای تهیهٔ طرح‌های جنگلداری و فعالیت‌های اجرایی و استفادهٔ پایدار از منابع جنگلی شود.

دخالت غیرمنطقی انسان در بهره‌برداری از منابع طبیعی موجب نامتعادل‌شدن روابط نظام‌مند بین اجزای اکوسیستم‌ها شده است. برای تقلیل اثرهای ناهماهنگی بین انسان و سرزمین، تعیین میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها برای بهره‌برداری از منابع آن مهم جلوه می‌کند. اما، همان‌طورکه در تشریح مبانی نظری آسیب‌پذیری اکولوژیک آمده است، تعیین شاخص آسیب‌پذیری اکولوژیک به‌تنهایی نمی‌تواند حفاظت و بهبود کیفیت محیط‌زیست را تضمین کند، بلکه نتیجهٔ این پژوهش‌ها باید به‌طور ملموس در اختیار برنامه‌ریزان قرار گیرد تا پروژه‌های عمرانی را در

اکوسیستم‌هایی با شاخص آسیب‌پذیری پایین اجرا کنند. در مدیریت و بهره‌برداری از منابع جنگلی نیز، با وجود سابقهٔ نسبتاً طولانی در اجرای طرح‌های جنگلداری، منابع اکولوژیکی، پایداری اکولوژیکی، فاکتورهای محیطی و ارزش‌های محیطزیستی جنگل نادیده گرفته شده است. بنابراین، برای دستیابی به توسعه‌ای پایدار و جلوگیری از تخریب محیطزیست، آگاهی از پایداری اکولوژیک و ارزیابی اثرهای محیطزیستی قبل از اجرای هر پروژه ضروری است. تعیین درجهٔ آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها نیز گامی در جهت ارزیابی اثرهای محیطزیستی و ابزاری برای اطمینان‌یافتن از اجرای مناسب و صحیح یک پروژه در کل مجموعهٔ محیطزیست و سلامت اکوسیستم‌هاست و بنابراین می‌توان از این لایهٔ اطلاعاتی در فرآیند آمایش سرزمین به‌مثابهٔ یک سناریو بهره جست.

## References


1. Azaridehkordi, F. & Khazaei, N (2009) "Decision support systems for Rapid Environmental Impact Assessment in Degradation Assessment Landscape of Shafaroud Watershed," *Journal of Environmental Studies*, 51: 69-80.
2. Etemad, V (2002) "Qualitative and quantitative study of seed of beech tree in forests of Mazandaran province," PhD thesis, Faculty of Natural Resources. University of Tehran. Iran. (in persian)
3. Etemad, V (2009) Kheyrud Forest optimum management plan, Geology studies map, Forestry Department of University of Tehran. (in persian)
4. Feiznia, S (2008) *Applied Sedimentology With Emphasis On Soil Erosion And Sediment Production*, Gorgan, Gorgan University Press. (in persian)
5. Forest Management Plan of Patom district (1995) Forestry Department of University of Tehran, 130. (in persian)
6. Habitat (1992) "A Methodological Framework of EIA for Urban Development," UN Center for Human Settelments: 11-18.
7. Hakimian, K (1999) "Historical Review of Forests Territory of Iran, With Emphasis on Northern Forests," *Journal of Geographical Research*, 36: 89-103. (in persian)
8. Jabbarian Amiri, B (1996) "Application of Land Degradation Model in Basin of Amir Kabir Dam," M S thesis. Faculty of Environment, The University of Tehran. (in persian)
9. Jabbarian Amiri, B. (1998) "Developing an Object-Oriented Method for Determination of Ecological Susceptibility of Terrestrial Ecosystems," *Journal of Environmental Studies*, 21: 57-68. (in persian)
10. Jahani, A (2010) "Forest management plan for multiple use (harvesting, ecotourism, and protection) (case study Patom District of kheyrud forest)," MSc thesis, Faculty of natural resources, The University of Tehran. (in persian)
11. Jahani, A. Makhdoum, M. Feghhi, J. and Etemad, V (2011) "Land use planning for forest management for multiple use (harvesting, ecotourism and protection)," *Journal of town and country planning*, vol 3(5): 33-50. (in persian)
12. Ji-quan , Z. Xing-Peng , L. Xiao-yu, L (2010) "GIS-Based Ecological Vulnerability Evaluation in Baishan Region, Jilin Province," Multimedia Technology (ICMT), International Conference. Coll. of Urban & Environ. Sci., Northeast Normal Univ., Changchun, China.
13. Kessler, J. and Laban, P (1994) "Planning and Strategies and Funding Modalities for Land Degradation and Rehabilitation," *Journal land degradation and development*, 5: 25-32.
14. Leichenko, R.M. and O'Brien, K.L (2002) "The dynamics of rural vulnerability to global change: the case of southern Africa," *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7: 1-18.
15. Li, A., Wang, A., Liang, S., Zhou, W (2006a) "Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS—a case study in the upper reaches of Minjiang River, China," *Ecological Modelling*, 192, 175-187.
16. Li, M.H., Krauchi, N., Gao, S.P (2006b) "Global warming: Can existing reserves really preserve

25. Safaian, N.; Shokri, M. and Jabbarian Amiri, B (2002) "Determination of Ecological Susceptibility of Terrestrial Ecosystems in the Southern Coast of the Caspian Sea," *Journal Environmental Studies*, 29: 45-50. (in persian)

26. Sajadi, S (2002) "Environmental Impact Assessment of road construction on kheyrud forest using GIS," MSc thesis, Faculty of natural resources, The University of Tehran. (in persian)

27. Sarmadian, F. jafari, M (2001) "Study of educational-experimental kheyrudkenar forest soils," *Iranian journal of natural resources*, Special issue 2001. University of Tehran. (in persian)

28. Shamekhi, T (2011) *Regulation and administration natural resources (forest and rangelands)*, 2th edn, Tehran, Tehran University press. (in persian)

29. Si-Yuan, W. Jing-Shi, L. Cun-Jian, Y (2008) "Eco-Environmental Vulnerability Evaluation in the Yellow River Basin, China," *Journal of Pedosphere*, 18(2):171-182.

30. Tran, L.T. Knight, C.G. O'Neill, R.V. Smith, E.R. Riitters, K.H. and Wickham, J (2002) "Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the Mid-Atlantic region," *Environmental Management*, 29: 845-859.

31. Turner II. B. L.; Kasperson, P.; Matson, J. and McCarthy, R (2003) "A Framework for Vulnerability Analysis" in *Sustainability Science*, PNAS 100 (14): 8074-8079.

32. Wang, X.D. Zhong, X.H. Liu, S.Z. Liu, J.G. Wang, Z.Y. Li, M.H (2008) "Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method," *Journal of Arid Environments*, 72: 1929-1939.

33. Zeilinski, J (2002) "Watershed vulnerability analysis," Ellicott City, MD Center for Watershed Protection, 1-22.

current levels of biological diversity?," *Journal of Integrative Plant Biology*, 48, 255-259.

17. Maikhuri, R. K.; Rao, K. S.; Patnaik, S.; Saxena, K. G. and Ramakrishnan, P. S (2003) "Assessment of vulnerability of forests, meadows and mountain ecosystems due to climate change," *ENVIS Bulletin Himalayan Ecology*, 11 (2): 1-9.

18. Makhdoum, M.F (1991) "Evaluation of Ecological capability of Gilan and Mazandaran, for urban development, industrial and rural and tourism," *Journal Environmental Studies*, 16: 81-100. (in persian)

19. Makhdoum, M.F (1993) "Environment and Development in East-Azerbaijan Province," In: *1st Seminar on Development in the East-Azerbaijan Province*, 1993.

20. Makhdoum, M.F (2002) "Degradation Model: A Quantitative EIA Instrument, Acting as a Decision Support System (DSS) for Environmental Management," *Journal Environmental Management*, 30(1): 151-156.Makhdoum M.F (2007) *Fundamental of land use planning 7th edn*, Tehran, Tehran University press. (in persian)

21. Maleknia, R (2011) "Spatial forest *planning using modeling approach* for Caspian forests (case study: Kheyrud forest/Nowshahr)," P.h.D thesis, Faculty of natural resources, The University of Tehran. (in persian)

22. Marvie Mohajer, M.R (2006) *Silviculture*, 2th edn, Tehran, University of Tehran press. (in persian)

23. Ross, J.M (1976) "The numeric weighting of environmental intractions," occasional paper NO. 10. Ottawa, land directorate , environment Canada.

24. Rossi, E. and Kuitunen, M (1996) "Ranking of habitats for the assessment of ecological impact in land use planning," *Biological Conservation*, 77: 227-234.