

## نشانگرهای زیستی به عنوان راهنمای پایش محیط زیست

مریم محمدی روزبهانی<sup>\*۱</sup>

[Mmohammadiroozbahani@yahoo.com](mailto:Mmohammadiroozbahani@yahoo.com)

نسرین چوبکار<sup>۲</sup>

### چکیده

نشانگرهای اکولوژیکی مانند انواع بنتوزها، جلبک‌ها و گیاهان جهت ارزیابی وضعیت محیط‌زیستی می‌توانند استفاده گردند، به طوری که یک نشانه اولیه نگران کننده از تغییرات و استرس‌ها را در محیط‌زیست نشان می‌دهند. در واقع نشانگرها یک ارزیابی غیرمستقیم از کارایی آن سیستم و اثرات محیط‌زیستی پنهان را نشان داده و اگر به درستی انتخاب شوند ابزار مفیدی در اطلاع‌رسانی استفاده پایدار از آن سیستم اکولوژیکی برای مدیران می‌باشند. استفاده از نشانگرهای محیط‌زیستی به عنوان یک ابزار مدیریتی به دلایل زیر مورد تردید می‌باشد: در مبحث شاخص‌های زیستی، صرف حضور و فراوانی گونه‌ها در یک اکوسیستم دلیل بر سلامت اکوسیستم، عدم تخریب و یا بی‌خطر بودن فعالیت‌های انسانی انجام گرفته در آن اکوسیستم نیست بلکه میزان تنوع ژنتیکی موجود در گونه یا جمعیت‌های آن و وجود تبادل ژنتیکی بین جمعیت‌ها و گروه‌های موجود در آن اکوسیستم ضامن تداوم حیات آن‌ها خواهد بود. لذا اندازه‌گیری تنوع ژنی موجود، تعیین اندازه جمعیت موثر و میزان تبادل ژنی بین آن‌ها، می‌تواند اطلاعات بیشتری در اختیار ما قرار دهد و در برنامه ریزی و ارزیابی پروژه‌ها مورد استفاده قرار گیرد برنامه‌های پایش اغلب به تعداد کمی از نشانگرها بستگی دارند و جهت در نظر گرفتن کل سیستم اکولوژیکی ارزش ندارند. انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی در مدیریت برنامه‌هایی که اهداف و برنامه‌های طولانی مدت وسیع دارند، گیج‌کننده است.

برنامه‌های پایش و مدیریت به دلیل نقص در انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی مناسب اغلب فاقد دقت بالای علمی هستند. مطالعه نشانگرهای محیط‌زیستی در خصوص انتخاب بهینه نشانگرها، نشان داده است که بایستی گونه‌هایی انتخاب شوند که دقیقاً منعکس کننده سیستم بوده، سریعاً متناسب استرس‌ها و موقعیت‌ها تغییر یابند، ساده و آشکار بوده و درک آنها پیچیده نباشد اما در این زمینه باز هم تجربیات ما محدود است و باز هم نیازمند این هستیم که شاخص‌های بهتری را انتخاب کنیم و نشانگرهای محیط‌زیستی را بمنظور اجتناب از آسیب‌های محیط‌زیستی موجود اصلاح نموده و حتی شاید بهتر باشد از مدل‌های کامپیوتری در سیستم GIS نیز به‌منظور تجزیه و تحلیل بهتر کمک گرفت.

**کلمات کلیدی:** نشانگرهای اکولوژیکی، سنجنده های زیستی، پایش.

۱- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدهواز ایران (مسئول مکاتبات)

۲- استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

## مقدمه

و امکان پذیری، انتخاب نشانگرها را تعیین می‌کند. نشانگرهای اکولوژیکی میزان استرس‌ها، درجه در معرض بودن با استرس‌ها یا میزان پاسخ اکولوژیکی با استرس را کمی می‌کند. هدف از این مقاله، معیارهای درست انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی می‌باشد.

## ۱- هدف استفاده از نشانگرها

هدف از استفاده از یک نشانگر آن است که یک روش موثر و ساده برای آزمایش ترکیب، ساختار و عملکرد سیستم‌های اکولوژیکی پیچیده فراهم شود (۲) (جدول ۱).

به طور کلی در مطالعات محیط‌زیستی، ارزیابی و ردیابی تاثیرات فعالیت‌های مختلف انسان بر شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی محیط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این ارتباط، بررسی تغییرات جمعیت جامعه زیستی (گیاهی و جانوری) می‌تواند اطلاعات زیادی از استرس‌های محیطی و ورود مواد الاینده در اختیار برنامه‌ریزان، واحدهای صنعتی و سازمان حفاظت محیط زیست قرار دهد.

با توجه به وجود آلودگی‌های محیط‌زیستی در دنیای امروز راه حل ساده و مشخصی برای بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی وجود ندارد، با توجه به اهمیت بالای حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست ضروری است که اکولوژیست‌ها از طریق استفاده از نشانگرهای مناسب، روش‌های بهتر و بی‌عیب‌تری را به منظور ارزیابی، پایش<sup>۲</sup> و مدیریت در کل سیستم اکولوژیکی ارائه دهند.

تمامیت اکولوژیکی<sup>۱</sup> (کل سیستم اکولوژیکی) اشاره به اکوسیستمی یکپارچه دارد که شامل حضور گونه‌های مناسب، جمعیت و اجتماعات و وجود فرآیندهای اکولوژیکی بین جوامع در نرخ‌ها و مقیاس‌های مناسب می‌باشد، به طوری که شرایط محیط‌زیستی این فرآیندها را حمایت کند. بنابراین، مفهوم اکولوژیکی تمامیت، انتخاب نشانگرهای نشان دهنده وضعیت کل سیستم را، که برای مدیران منابع مفید هستند، بیان می‌کند. نشانگرهای اکولوژیکی اهداف متعددی دارند، می‌توانند برای ارزیابی وضعیت محیط‌زیستی یا پایش وضعیت در تمامی زمان‌ها استفاده شوند و یا یک نشانه نگران کننده سریع از تغییرات در محیط‌زیست را نشان داده و نیز می‌توانند برای تشخیص علت مشکلات محیط‌زیستی استفاده شوند (۱).

هدف مورد نظر، در انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی تأثیر می‌گذارد هر چند که توازن بین خصوصیات مورد نظر، هزینه‌ها

۱- Indicator

۲ -Monitoring

۳ -Ecological Integrity

جدول ۱- نشانه‌ها و اجزاء نمونه برای تمامیت اکولوژیکی (۳).

نشانه‌های پیشنهادی	فرآیندها	سلسله مراتب
- آسیب‌های تغییر شکل پیشنهادی - بار انگلی	مسمومیت‌های محیط‌زیستی منجر به موتاسیون	موجود زنده
- اندازه دسترسی	- گسترش یا کاهش دسترسی - انقراض	گونه
- تعداد افراد - سن یا اندازه ساختار - رفتار پراکنش	- نوسان فراوانی - کلنی شدن یا انقراض	جمعیت
- غنای گونه‌ای - فراوانی گونه‌ای - تعداد سطوح غذایی	- رقابت - رابطه صیادی یا انگلی - جریان انرژی	اکوسیستم
- جزیره‌ای شدن - پراکندگی فضایی جوامع	- آشفستگی - توالی	چشم انداز

به صورت ایده‌آل، تمامی نشانه‌ها باید اطلاعات کلیدی را درباره ساختمان، عملکرد و ترکیب یک سیستم نشان دهند. گاهی اوقات اندازه‌های یک مقیاس می‌تواند اطلاعات مرتبط با دیگر مقیاس‌ها را فراهم کند. برای مثال، اندازه بزرگترین تکه زیستگاه که قلمرو بزرگتری را در بر می‌گیرد، غالباً شامل قلمروهای کوچک‌تری از گونه‌ها یا سطوح غذایی حیواناتی هستند که توسط این قلمرو بزرگتر در بر گرفته شده و از طرفی نیز در نتیجه مشکلات ایجاد شده در قلمرو بزرگتر محدود می‌شوند. چون سیستم اکولوژیکی می‌تواند به عنوان یک مجموعه پویا و در حال حرکت همراه با بسیاری از تغییرات آهسته متنوع دیده شود، پس غالباً مشکل است که وسعت یک ناحیه اکولوژیک یا طول مدت پایش تشخیص داده شود (۵).

## ۲- نگرانی‌ها و چالش‌ها

استفاده از نشانه‌های اکولوژیکی بر این فرض تأکید می‌کند که حضور یا عدم حضور و نوسان در این نشانه‌ها، تغییرات موجود در سطوح مختلف سلسله مراتب اکولوژیکی<sup>۱</sup> را از ژن تا گونه و نهایتاً تا تمامی گستره زیستی منعکس کند (۴). سلسله مراتب اکولوژیکی شامل عناصر ساختاری، ترکیبی و عملکردی است که وقتی ترکیب شدند، سیستم اکولوژیکی را تعریف می‌کنند. تمام سیستم‌های اکولوژیکی عناصر ترکیبی و ساختاری دارند که از طریق فرآیندهای اکولوژیکی به وجود می‌آیند. اگر ارتباط بین فرآیندهای اساسی و عناصر ساختاری و ترکیب آنها شکسته شود، بنابراین پایداری و تمامیت در معرض خطر قرار می‌گیرد و ممکن است احیای سیستم مشکل و پیچیده شود.

سپس می‌توانند برای اندازه‌گیری مشخصاتی از سیستم که با نگرانی‌های مدیریتی در ارتباط هستند، انتخاب شوند. اهداف مدیریت و بنابراین انتخاب نشانگر باید با هم مرتبط بوده و بتواند عواقب طولانی مدت و هم کوتاه مدت تصمیم‌های مدیریت منابع را درک نماید.

۲-۳- برنامه‌های پیش و مدیریت اغلب به دلیل اشتباه در استفاده از یک روش مشخص برای تعریف نشانگرهای اکولوژیکی فاقد دقت بالایی علمی است (۴، ۵).

فقدان روش مشخص برای انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی، تأیید اطلاعات جمع آوری شده به وسیله این نشانگرها را مشکل می‌کند. تا زمانی که روش‌های استاندارد برای انتخاب و استفاده از نشانگرها ایجاد نشود، تفسیر این تغییرات خطاهایی را در بر دارد. ایجاد و استفاده از روش‌های استاندارد برای انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی، باعث ایجاد یک روش مشخص و استاندارد شده و یک راهنما در انتخاب نشانگرها و در راستای اهداف مدیریت منابع ایجاد می‌کند (۷).

### ۳- معیارهای انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی

انتخاب نشانگرهای موثر و مفید کلید اصلی موفقیت در هر نوع برنامه پیش است. به طور کلی، لازم است که نشانگرهای اکولوژیکی پیچیدگی‌های اکوسیستمی را که تا کنون به طور ساده پیش شده، نشان دهد. در ابتدا و برای تعریف نشانگر اکولوژیکی لازم است که معیارهایی برای انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی فراهم شود (جدول ۲) (۲).

اگرچه تعداد کمی از دانشمندان، فوایدی را که نشانگرها برای تحقیق و تلاش‌های مدیریتی فراهم می‌کنند، انکار می‌کنند اما مفید بودن آن‌ها در منابع مختلف به اثبات رسیده است و فقط سه نگرانی استفاده از نشانگرهای اکولوژیکی را به عنوان ابزار مدیریت منابع مختل می‌کند.

۲-۱- برنامه‌های پیش اغلب به تعداد کمی از نشانگرها بستگی دارد و در نتیجه برای کل پیچیدگی سیستم نمی‌تواند در نظر گرفته شود. به وسیله انتخاب یک نشانگر یا تعداد کمی از نشانگرها، تمرکز بر برنامه مدیریت و پیش اکولوژیکی آسان شده و سبب می‌شود علیرغم پیچیده بودن سیستم به یک درک ساده از آن رسیده و در نتیجه خیلی از تقابلهای موقتی و زمانی موجود نادیده گرفته شود (۶).

نشانگرها باید از سطوح چندگانه سلسله مراتب اکولوژیکی انتخاب شوند، به طوریکه به طور موثر سطوح چندگانه پیچیدگی را در یک سیستم اکولوژیکی پیش نمایند. بنابراین یک چالش کلیدی آن است که ترکیبی از اندازه گیری هایی را پیدا کنیم که بتواند علامت های قابل تفسیر برای نشان دادن اثر وضعیت های اکولوژیکی با هزینه معقول را بدهد و طیف تغییرات اکولوژیکی را پوشش دهد (۴، ۵).

۲-۲- انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی اغلب در برنامه‌های مدیریتی که اهداف و برنامه‌های طولانی مدت دارد، گیج کننده است. اهداف و برنامه‌های اولیه بایستی با در نظر گرفتن اهداف مدیریتی جاری و آینده، تعیین شوند. نشانگرهای اکولوژیکی

### جدول ۲- معیار انتخاب نشانگرهای اکولوژیکی

به سادگی قابل اندازه گیری باشند.
نسبت به استرس در سیستم حساس باشند.
نسبت به استرس در یک حالت قابل پیش بینی پاسخ دهند.
پیش بینی کننده باشند: مشخص کننده یک تغییر قریب الوقوع در سیستم اکولوژیکی باشند.
پیش بینی کننده تغییراتی باشند که بتوانند به وسیله اعمال مدیریتی برگردانده شوند.
جامع و فراگیر باشند: تمامی نشانگرها با یکدیگر، یک اندازه گیری فراگیر برای کل عوامل در سیستم اکولوژیکی را فراهم کنند ( خاک ، پوشش گیاهی، دما،...)
یک واکنش مشخص نسبت به اختلال طبیعی ، استرس های انسانی و تغییرات در تمام زمان ها داشته باشند.
در واکنش های یکسان ، تغییر پذیری کم داشته باشند.

### معیارهایی که نشانه‌های اکولوژیکی باید داشته باشند:

- به آسانی اندازه‌گیری شوند: نشانگر باید درست انتخاب شود و برای اندازه‌گیری، معقول و ارزان باشد. در سیستم متریک به آسانی درک شود، برای آرایه ساده باشد و اطلاعاتی را برای مدیران مهیا سازد که علمی، قابل استناد و مقرون به صرفه باشد. از سال‌ها قبل، قناری در معادن به دلیل حضور گاز متان و گازهای دیگر که منجر به انفجار می‌شدند، استفاده می‌گردید. مرگ یک قناری به آسانی مشاهده می‌شد، گرچه این مساله در مورد خود پرنده، تأسف‌آور است اما نشانه حضور گازهای خطرناک است. زمانی که یک پرنده در اثر وجود گاز سمی از پای در می‌آمد این یک نشانه برای معدن کارانی بود که در معرض خطر بودند(۸).
- نسبت به استرس‌ها در سیستم حساس باشند: نشانه‌های اکولوژیکی ایده آل نه تنها به استرس‌های ایجاد شده به وسیله انسان واکنش نشان می‌دهند در حالی که نسبت به تغییرات طبیعی نیز بایستی حساس باشند(۹). برخی نشانه‌ها ممکن است به تمام تغییرات در سیستم پاسخ دهند اما نشانه‌های مفید آنهایی هستند که نسبت به یک استرس مشخص، حساسیت بالا نشان دهند. برای مثال لاک پشت نقب زن ( *Gopher polyphemus* ) به مقدار زیادی نسبت به اختلال خاک و فقدان مکان‌های مناسب در خصوص اختلال در زیستگاه فیزیکی حساس است که این امر، عدم حضور لاک پشت را در نواحی‌ای از تپه‌های شنی تفسیر می‌کند.
- در یک وضعیت قابل پیش‌بینی و مشخص به استرس پاسخ دهند: واکنش نشانه‌ها به استرس نباید مبهم باشد و حتی اگر پاسخ نشانگر در اثر استرس، تدریجی است باید قابل پیش‌بینی باشد(مانند

افزایش سیانوباکترها در دریاچه های آلوده). به طور ایده آل در سطحی از سیستم که در حالت ابتدایی و آستانه‌ای می‌باشد نیز اندیکاتورها بتوانند عکس‌العمل نشان دهند. نمونه‌ای از نشانگر اکولوژیکی، حضور سیانوباکتر *Oscillatoria rubescens* در دریاچه‌هایی است که نزدیک به حالت یوتریفیکاسیون نهایی هستند. نقش این سیانوباکتر به عنوان نشانگر اولین بار در دریاچه واشینگتن مشخص شد(۱۰).

- قابل پیش‌بینی باشند: تغییر در نشانگر باید قبل از تغییر جانی در سیستم اکولوژیکی قابل اندازه‌گیری باشد. مثلاً برای قناری‌ها در مثال معدن زغال سنگ، پرنده در سطوحی از گازهای سمی که برای ایجاد انفجار یا برای ایجاد سمیت در انسان کافی نیست، از بین رفت و این نشان دهنده نامناسب بودن این نشانگر است (۱۱).
- پیش‌بینی تغییراتی که می‌تواند به وسیله اعمال مدیریتی برگردانده شود: ارزش نشانگر به ارتباط آن با تغییرات احتمالی در اعمال مدیریتی بستگی دارد.
- جامع باشند: تمامی نشانه‌ها با هم، یک معیار فراگیر از تغییرات کلیدی را در سیستم اکولوژیکی فراهم می‌کنند. هیچ نشانگری به صورت انفرادی برای تمامی مقیاس‌های فضایی نگرانی‌ها نمی‌تواند به کار برده شود. برای مثال Brook و همکاران تعدادی از نشانه‌ها را با یکدیگر برای اکوسیستم‌های جنگلی کنار رودخانه به کار بردند که توانست یک ارزیابی از تمام سیستم اعم از تنوع خاک، توپوگرافی، رژیم‌های پراکندگی و دیگر تغییرات محیط‌زیستی را فراهم کند.
- داشتن یک پاسخ مشخص نسبت به آشفتگی‌های طبیعی، استرس‌های انسانی و تغییرات در هر زمان: نشانگر باید یک پاسخ قابل استناد هم نسبت به

آشفته‌گی‌های طبیعی و هم به استرس‌های انسانی در سیستم داشته باشد. گونه‌های کانونی (مرکزی) اغلب تنها گونه‌هایی هستند که یک مقدار کافی از اطلاعاتی را دارند که اثرات طولانی مدت و واکنش‌های تغییر را نشان می‌دهند (جدول ۳ مشخصات این گونه‌های کانونی را نشان می‌دهد (۴).

### جدول ۳ - طبقه بندی گونه‌های کانونی

گونه‌های شاخص <sup>۱</sup> گونه‌هایی هستند که وضعیت آن‌ها نشانگر وضعیت یک گروه عملکردی بزرگتر از گونه‌هاست، وضعیت زیستگاه‌های کلیدی را منعکس می‌کند و یا به عنوان یک نگرانی اولیه عوامل وارد کننده استرس عمل می‌کند. مانند جمعیت آهوی دم سفید ( <i>Odocoileus virginianus</i> ) که تعداد جمعیت آنها نشان دهنده مناسب بودن وضعیت حاشیه علفزارهای جنگلی است (۱۲).
گونه‌های سنگ سرطاق <sup>۲</sup> که اثرات بزرگتری بر یک یا تعداد بیشتری از فرآیندهای اکولوژیکی دارند. مانند نوعی دارکوب ( <i>Picoides borealis</i> ) که حفره‌هایی در درختان زنده ایجاد می‌کند که پناهگاه ۲۳ گونه دیگر را فراهم می‌کند (۱۳).
گونه‌های چتر <sup>۳</sup> که هم احتیاجات نواحی بزرگ را دارند و هم از چند زیستگاه استفاده می‌کنند که شامل احتیاجات زیستگاه گونه‌های دیگر است (مانند جغد خالدار شمالی که جنگل قدیمی را در شمال غربی اقیانوس آرام اشغال می‌کند).
گونه‌های رابط <sup>۴</sup> که نقش‌هایی حساس در انتقال مواد و انرژی در سطوح غذایی دارند و یک رابط برای انتقال انرژی با شبکه‌های غذایی پیچیده است.
گونه‌های مورد توجه <sup>۵</sup> که شامل گونه‌های تهدید شده و در معرض خطر انقراض، گونه‌های شکاری و آسیب پذیر هستند.
مهندسان اکولوژیکی که زیستگاه را بر اساس نیازهای خود تغییر می‌دهند تا جایی که فرصت‌ها و سرنوشت سایر گونه‌ها را تحت تاثیر قرار دهند (۱۴).

۱ - Indicator Species

۲ - Keystone Species

۳ - Umbrella Species

۴ - Link Species

۵ - Special Interest Species

- داشتن تغییر پذیری کم در واکنش: نشانه‌هایی که یک گستره کوچک در واکنش نسبت به استرس‌های مشخص دارند در مطالعات پایش کاربرد بالاتر و مشخص تری دارند.

### نتیجه گیری

پس همان طور که عنوان شد نشانه‌های اکولوژیکی مانند بنتوزها، مهره‌داران، جلبک‌ها و ... برای پایش، ارزیابی و مدیریت منابع طبیعی استفاده می‌شوند و یک اخطار اولیه از مشکلات بعدی را نشان می‌دهند. اما شاید این نشانه‌های مورد استفاده هنوز به درستی انتخاب و تجزیه و تحلیل نشده تا بتوان از آنها در مدیریت و توسعه پایدار استفاده کرد. بنابراین یک چالش کلیدی این است که ترکیبی از اندازه گیری هایی پیدا کنیم که بتواند علامت های قابل تفسیر، برای نشان دادن اثر وضعیت های اکولوژیکی با هزینه معقول و دقت بالا بدهد و طیف تغییرات اکولوژیکی را پوشش دهد. ایجاد و استفاده از روش‌های استاندارد برای انتخاب نشانه‌های اکولوژیکی، باعث ایجاد یک روش مشخص و استاندارد شده و یک راهنما در انتخاب نشانه‌ها و در راستای اهداف مدیریت منابع ایجاد می‌کند. در مطالعات اکولوژیکی لازم است که یک مجموعه از نشانه‌های معرف ساختار، عملکرد و ترکیب سیستم اکولوژیکی استفاده شوند و نشانه‌های اکولوژیکی باید معیارهای زیر را معرفی کنند:

- ۱- به آسانی قابل اندازه گیری باشند.
- ۲- نسبت به استرس‌ها در اکوسیستم حساس باشند.
- ۳- به استرس در یک حالت قابل استناد واکنش نشان دهند.
- ۴- قابل پیش‌بینی باشند.
- ۵- تغییراتی را که به وسیله اعمال مدیریتی می‌توانند دفع شوند پیش‌بینی کنند.
- ۶- یکپارچه باشند.
- ۷- واکنش مشخص نسبت به آشفتگی‌های طبیعی و استرس‌های ناشی از آلودگی ایجاد شده به وسیله

موجودات مورد استفاده در پایش زیستی بنا بر مطالعات مختلف شامل تنوع و فراوانی انواع بی مهرگان، جلبک‌ها، گل‌سنگ‌ها، باکتری‌ها و مهره‌داران است که البته هر یک از این‌ها معایب و مزایای خاص خود را دارند که در این مقاله هدف مطرح کردن این موارد نیست بلکه هدف این است که این نشانه‌های محیط‌زیستی را بدرستی انتخاب کنیم تا از آسیب‌های جدی محیط‌زیستی جلوگیری کنیم.

به عنوان مثال در اکوسیستم‌های آبی، بی‌مهرگان کفزی (بنتوزها) به عنوان یک نشانگر مناسب کیفیت آب به شمار می‌روند. مشخصات موجودات کفزی که مخصوصاً آن‌ها را برای مطالعات کیفیت آب مناسب می‌سازد شامل موارد زیر است:

- ۱- چرخه‌های زندگی طولانی، که ممکن است منعکس کننده شرایط برای یک دوره زمانی باشد.
  - ۲- حرکت و جنبش کم. پس نشانه‌های محیط‌زیستی یک محل هستند.
  - ۳- گستره های متفاوت تحمل نسبت به شرایط محیط‌زیستی متفاوت.
  - ۴- اشغال موقعیت مرکزی در زنجیره‌های غذایی بطوری که یک منبع انرژی برای جانوران بزرگتر خود هستند و در اکثر اکوسیستم های آبی یافت می‌شوند.
  - ۵- سهولت شناسایی و جمع آوری. اما معایبی را نیز دارا هستند:
- ۱- به تمامی اثرات پاسخ نمی‌دهند.
  - ۲- تغییرات فصلی آنها مقایسه را مشکل می‌سازد (۸،۹).

- environmental indicators. Environ. Manage. ۲۷, ۴۷-۵۷.
۴. Dale.V.H and Beyeler.S.C.۲۰۰۱. Ecological Indicators Challenges in the development and Use of ecological indicators.
  ۵. Beyeler, V.H., Lugo, A., MacMahon, J., Pickett, S., ۱۹۹۸. Ecosystem Management in the context of large, infrequent disturbances. *Ecosystems* ۱, ۵۴۶-۵۵۷.
  ۶. Gurney, W., Ross, A., Broekhuizen, N., ۱۹۹۵. Coupling dynamics Of systems and materials. In: Jones, C., Lawton, J. (Eds.), *Linking Species and Ecosystems*. Chapman & Hall, London, pp. ۱۷۶-۱۹۳.
  ۷. Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., Botkin, D.B., ۲۰۰۰. Indicators Of biodiversity for ecological sustainable forest management. *Conservation Biol.* ۱۴, ۹۴۱-۹۵۰.
  ۸. Lorenz, C.M., Gilbert, A.J., Cofino, W.P., ۱۹۹۹. Indicators for Transboundary river basin management. In: Pykh, Y.A., Hyatt, D.E., Lenz, R.J.M. (Eds.), *Environmental Indices: System Analysis Approach*. EOLSS Publishers Co. Ltd., Oxford, UK, pp. ۳۱۳-۳۲۸.
  ۹. Belnap, J., ۱۹۹۸. Environmental auditing: choosing indicators of natural resource condition: a case study in Arches National Park, UT, USA. *Environ. Manage.* ۲۲, ۶۳۵-۶۴۲.
  ۱۰. Dawe, N.K., Bradfield, G.E., Boyd, W.S., Trethewey, D.E.C., Zolbrod, A.N., ۲۰۰۰. Marsh creation in a انسان داشته باشند ولی به طور کلی در واکنش با استرس‌ها تغییر پذیری کمی داشته باشند (۱۵).
- با این که در زمینه انتخاب نشانگرهای محیط‌زیستی تلاش‌های فراوانی صورت گرفته تا گونه‌هایی انتخاب شوند که دقیقاً منعکس‌کننده سیستم بوده، سریعاً متناسب استرس‌ها و موقعیت‌ها تغییر یابند، ساده و آشکار بوده و درک آن‌ها پیچیده نباشد اما در این زمینه باز هم تجربیات ما محدود است. باز هم نیازمند این هستیم که شاخص‌های بهتری را انتخاب کنیم و نشانگرهای محیط‌زیستی را به منظور اجتناب از آسیب‌های محیط‌زیستی اصلاح کنیم و حتی شاید بهتر است از مدل‌های کامپیوتری در سیستم GIS (جی‌آی‌اس) نیز به‌منظور تجزیه و تحلیل بهتر کمک گرفت. این سیستم از برداشت لایه‌های مختلف اطلاعاتی استفاده می‌نماید، اطلاعات کامپیوتری لایه‌ها ترکیب و آنالیز می‌گردد و بهترین نتیجه ممکن را به دست می‌دهد که سبب هزینه پایین و دقت بالا و صرف وقت کمتر می‌گردد اما نیازمند به تربیت نیروی کارآموده در این زمینه هستیم (۱۶).

#### منابع

۱. Brooks, R.B., O'Connell, T.J., Wardrop, D.H., Jackson, L.E., ۱۹۹۸. Towards a regional index of biological integrity: the example of the forested riparian ecosystem. *Environ. Monit. Assess.* ۵۱, ۱۳۱-۱۴۳.
۲. Schiller, A., Hunsaker, C.T., Kane, M.A., Wolfe, A.K., Dale, V.H., Suter, G.W., Russell, C.S., Pion, G., Hadley, M., Konar, V.C., ۲۰۰۱. Communicating ecological indicators to decision-makers and the public. *Conservation Ecol.*, ۵ (۱): ۱۹.
۳. Klemas, V.V., ۲۰۰۱. Remote sensing of landscape -level coastal



۱۴. Jones, C.J., Lawton, J.H., Shachak, M., ۱۹۹۴. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* ۶۹, ۳۷۳-۳۸۶.
۱۵. Hunsaker, C.T., Carpenter, D.E. (Eds.), ۱۹۹۰. Environmental Monitoring and Assessment Program: Ecological Indicators. Office of Research and Development United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
۱۶. Loris, A.R... Hunter, C and Walker, S. ۲۰۰۷. The development and application of water management sustainability indicators in Brazil and Scotland. *Journal of Environmental management*.
- northern Pacific estuary: is thirteen years of monitoring vegetation dynamics enough? *Conservation Ecol.* ۴, ۱۲. [online] URL: <http://www.consecol.org>.
۱۱. McCay, D.H., ۲۰۰۰. Effects of chronic human activities on invasion of longleaf pine forests by sand pine. *Ecosystems* ۳, ۲۸۳-۲۹۲.
۱۲. Power, M.E., Tilman, D., Estes, J.A., Menge, B.A., Bond, W.J., Mills, L.S., Daily, G., Castilla, J.C., Lubchenco, J., Paine, R.T., ۱۹۹۶. Challenges in the quest for keystones. *BioScience* ۴۶, ۶۰۹-۶۲۰.
۱۳. Dennis, J.V., ۱۹۷۱. Species using red-cockaded woodpecker holes in northeastern South Carolina. *Bird-Banding* ۴۲, ۷۹-۸۷.