

از این رویکرد به عنوان یک رویکرد جامع برای ارزیابی سلامت آبخیز و تصمیم‌گیری در خصوص اتخاذ بهترین اقدامات مدیریتی استفاده نمایند.

واژه‌های کلیدی: آبخیز سالم، امنیت بوم‌شناختی، خدمات زیست‌بوم، شاخص‌های یکپارچه، نیروی محرکه تخریب

مقدمه

بهره‌برداری بی‌رویه از منابع باعث کاهش تنوع زیستی و صدمه به فرآیندهای بوم‌شناختی و سامانه‌های پشتیبانی زندگی شده است که به شدت ظرفیت زمین را برای پذیرش جمعیت در کشورهای توسعه یافته و همچنین در حال توسعه کاهش داده است. به این دلیل، ایجاد رابطه بین حفاظت و توسعه برای دستیابی به رفاه و تأمین نیازهای بشر بدون به خطر انداختن منابع در آینده با توجه به ویژگی‌های فرهنگی و اقتصادی لازم است. امروزه اهمیت حفظ سلامت برای پایداری عملکرد زیست‌بوم به عنوان موضوع علمی مهمی مطرح شده است.

مفهوم سلامت زیست‌بوم در سال ۱۹۸۰ شکل گرفت و از آن پس، مدیران محیط زیست سعی کردند تا حفظ سلامت زیست‌بوم‌ها را به عنوان هدف اولیه و اصلی در مدیریت محیط‌زیست لحاظ کنند. کسب اطلاعات جامع در خصوص سلامت زیست‌بوم برای اعمال مدیریت موثر^۳ بسیار حائز اهمیت است. به همین دلیل امروزه ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌ها و کمی نمودن اطلاعات برای مدیریت آن‌ها مورد توجه قرار گرفته و پژوهش‌های متعددی با هدف ارائه ابزارهای ارزیابی وضعیت سلامت زیست‌بوم‌ها انجام شده است [۲، ۳، ۴، ۸]. در این زمینه مدل فشار-حالت-پاسخ (PSR)^۴ برای ارزیابی جمعی از سلامت یک زیست‌بوم معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است. مدل مفهومی PSR با به کارگیری مجموعه‌ای از شاخص‌های بیان‌کننده عملکرد محیط زیست توسعه پیدا کرد. در پژوهش حاضر، با ارائه مقدماتی از مفاهیم حاکم بر مدل PSR، معرفی مدل، ضرورت کاربرد و پیشینه استفاده از آن برای ارزیابی سلامت زیست‌بوم و به‌ویژه حوزه‌های آبخیز به عنوان مقدمه‌ای برای آشنایی با مفاهیم و روش‌های ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌های مختلف و در نهایت تبیین مدل‌های مفهومی سازگار با شرایط حوزه‌های آبخیز کشور انجام

سلامت آبخیز (قسمت دوم): مدل مفهومی فشار، وضعیت و پاسخ (PSR)

زینب حزباوی^۱ و سیدحمیدرضا صادقی^{۲*}
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۲

چکیده

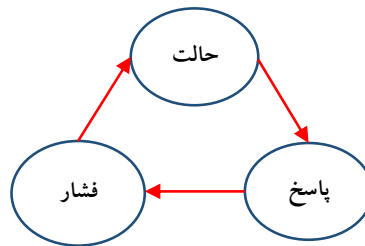
در دهه اخیر مطالعات مختلفی در راستای توسعه ابزار مدیریتی منابع آب و خاک با هدف حفظ سلامت آن‌ها صورت گرفته است. بنابراین اولین اقدام ضروری در این راستا، تعیین وضعیت سلامت این منابع مهم در مقیاس زیست‌بوم‌هاست. برای تعیین سلامت، معیارها و شاخص‌های کلیدی از مجموعه عوامل انسانی، اقلیمی، زمین‌شناسی، خاکی و پوشش گیاهی نمایان‌گر شرایط کنونی سلامت معرفی و توسعه داده شده است. مطابق با پژوهش‌های متعدد صورت گرفته در این راستا، استفاده از هر کدام از این معیارها به تنهایی نمی‌تواند گویای وضعیت سلامت زیست‌بوم مورد مطالعه باشد. بر همین اساس ترکیبی از این معیارها مد نظر قرار گرفته است. اما نحوه ترکیب و تلفیق این معیارها و شاخص‌ها بسته به شرایط مطالعاتی متفاوت بوده و یکی از چالش‌های اساسی در حوزه ارزیابی سلامت منابع آب و خاک و نهایتاً زیست‌بوم‌ها محسوب می‌شود. به همین منظور مدل‌های مفهومی مختلفی برای تبیین این معیارها و شاخص‌ها در قالب یک چارچوب مشخص ارائه شده‌اند. در همین راستا، مدل مفهومی شاخص محور فشار، حالت، پاسخ (PSR) برای ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌ها پیشنهاد شده است. مدل PSR با سامان‌دهی معیارها در قالب شاخص‌های جامع فشار، حالت و پاسخ توانسته است سلامت زیست‌بوم را با لحاظ کلیه شرایط حاکم بر یک سامانه تعیین کند. حال با توجه به روند تخریب روزافزون منابع طبیعی و لزوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز کشور ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌های کشور ضروری می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر اطلاعات جامع و لازم در خصوص مدل PSR و مفاهیم حاکم بر آن ارائه شده است تا محققان و مدیران حوزه‌های آبخیز بتوانند

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور مازندران، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری (نویسنده مسئول)، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور مازندران، ایران. Email: sadeghi@modares.ac.ir

3- Effective Management

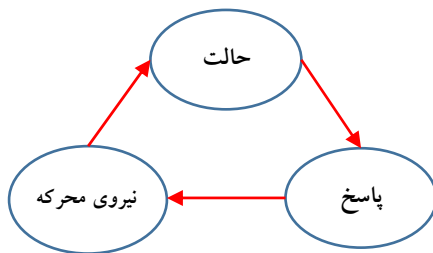
4- Pressure (P), State (S) and Response (R)



شکل ۱ نمایش از نحوه ارتباط بین شاخص‌های مورد استفاده در مدل مفهومی PSR (اقتباس از Niemeijer و Groot [۵])

جدول ۱ مروری بر توسعه نسخ مختلف مدل PSR

مدل مفهومی	زمان	توضیحات
SR/SRESS	1979	توسط دو دانشمند آمار در کانادا با تمام انواع زیست‌بوم و پاسخ‌های اجتماعی مطرح شد.
FDES	1984	از میانجی یا مولفه محیطی (مثل دما یا آب) استفاده می‌کند. روشی مبتنی بر پایش بین‌المللی است.
PSR	1993	توسط OECD برای ارزیابی کارایی محیط زیست پیشنهاد شده است.
DPSIR	1995	در ارزیابی سلامت منطقه Dobbris انجام شده توسط محیط زیست اروپا (EEA) ^۱ توسعه و به کار برده شد.
DPSRC	2008	برای نمایش کنترل و تاکید بر اثر انسان (سیاست و مدیریت) در کارایی زیست‌بوم ارائه شد.
DPSWR	2012	تاکید اثر خاص بر رفاه انسان جایگزین شد.
DPSEIR	2013	عامل اثر به وسیله مولفه خدمات زیست‌بوم شامل اثر مثبت و منفی بر زیست‌بوم جایگزین شد.
DPSIRM	2015	اثر عامل مدیریتی در مدل لحاظ شد.



شکل ۲- نمایش از ارتباط بین شاخص‌های مورد استفاده در مدل مفهومی DSR (اقتباس از Niemeijer و Groot [۵])

برای هدف خاص و مبتنی بر شرایط حاکم بر منطقه مطالعاتی تهیه شده‌اند [۱۱]. روند تکامل مدل PSR و مدل‌های ارائه شده بعد از آن در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین نحوه ارتباط بین متغیرهای مدل‌های مفهومی DSR و PSER در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

مطابق مدل DPSIR زنجیره‌ای از ارتباطات علیتی وجود دارد که با «نیروهای محرک» آغاز می‌شود. این نیروها در فرآیندهای اقتصادی اجتماعی و فعالیت‌های انسانی ریشه دارد و موجب بروز «فشار» مانند تولید آلودگی روی «حالت» محیط زیست (محیط‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی) خواهد شد. سپس این فشارها باعث وارد آمدن «اثر» بر سلامت و کارکرد زیست‌بوم‌ها و سلامت انسان خواهد شد که در نهایت برای رفع آن‌ها مجموعه‌ای از «واکنش‌های» سیاستی لازم خواهد بود. رابطه بین این اجزا در شکل ۴ به نمایش در آمده است.

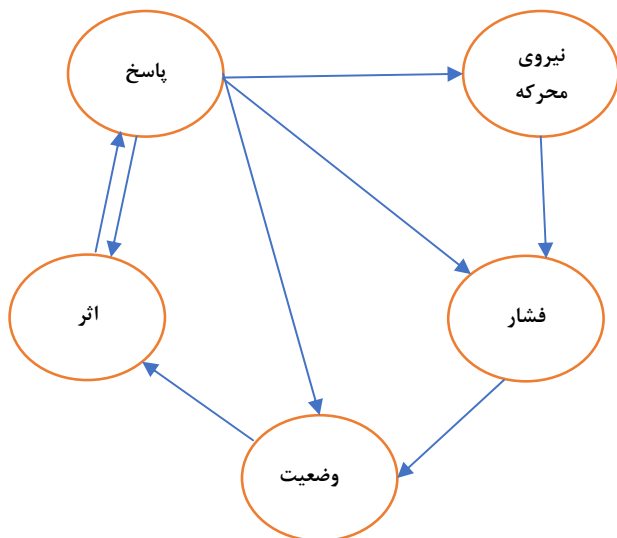
شده است تا محققان و برنامه‌ریزان مسایل حوزه‌های آبخیز بتوانند در مطالعات خود از این پژوهش استفاده نمایند.

معرفی مدل فشار-حالت-پاسخ (PSR)

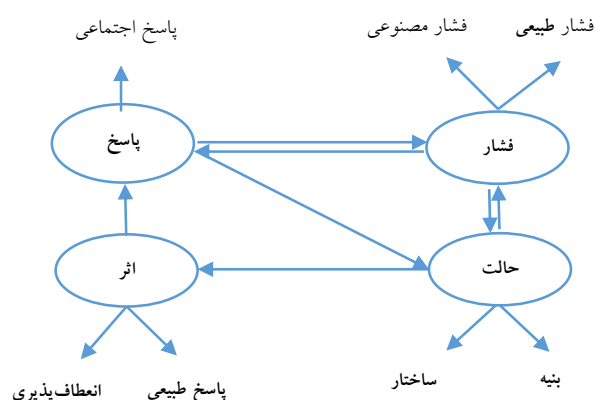
مدل مفهومی PSR برای اولین بار توسط Rapport و Friend [۶] پیشنهاد شد و در سال ۱۹۹۲ پیرو توافق نمایندگان کشورهای هلند، نروژ و ایالات متحده و سایر کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD)^۱ در خصوص عملکرد محیط‌زیست کشورها مطرح و تهیه شد. این چارچوب بر اساس مفهوم علیت^۲ آرایه شده است. بر اساس مفاهیم حاکم بر آن هر گونه فعالیت انسانی بر زیست‌بوم فشار (P) وارد کرده و کمیت و کیفیت منابع طبیعی آن را در وضعیت و حالت (S) خاص قرار می‌دهد. بنابراین زیست‌بوم در برابر فشار وارده، یک نوع پاسخ یا عکس‌العمل (R) نشان خواهد داد. نحوه ارتباطات بین شاخص‌های مدل PSR در شکل ۱ نمایش داده شده است.

هر چند بر پایه آن مدل‌های DSR^۳، PSIR^۴، DPSRC^۵، DPSIR^۶ و DPSIRM^۷ به وجود آمدند. لکن هر کدام از این مدل‌های مفهومی

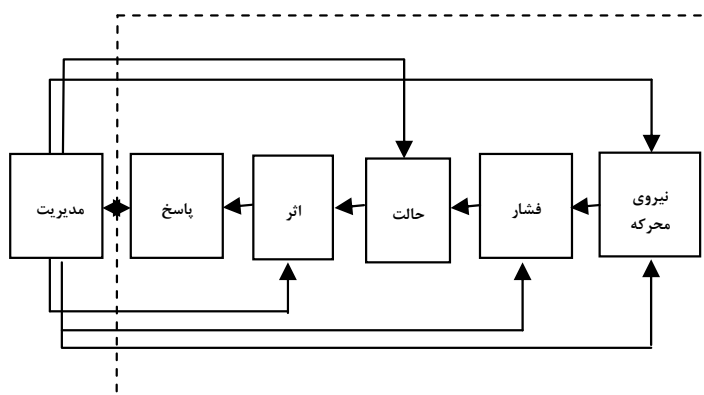
- 1- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)
- 2- Causality
- 3- Drive force-State-Response (DSR)
- 4- Pressure-State-Impact-Response (PSIR)
- 5- Driving force-Pressure State- Response-Control (DPSRC)
- 6- Driving force-Pressure-State- Impact-Response (DPSIR)
- 7- Driving force-Pressure-State-Impact-Response-Management (DPSIRM)



شکل ۴- چارچوب مدل مفهومی DPSIR و اثر متقابل شاخص‌های آن (اقتباس از Zhang [۱۱])



شکل ۳- نمایی از مدل مفهومی PSER و نمونه‌ای از معیارهای قابل استفاده برای توصیف شاخص‌های آن (اقتباس از Ding [۱])



شکل ۵- مدل مفهومی DPSIRM و ارتباط بین شاخص‌های به کار رفته در مدل (اقتباس از Zhang [۱۱])

و تالاب‌ها در جهان انجام شده است. در همین راستا، Ding [۱] با هدف ارزیابی سلامت منطقه Inner Mongolia واقع در چین در مقیاس حوزه آبخیز کاربرد مدل PSR را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها نسبت مساحت اراضی تخریب شده و شاخص بیابان‌زایی برای محاسبه شاخص فشار طبیعی و تراکم جمعیت، شاخص اثر ترافیک، نسبت ذخایر مراتع و شاخص ردپای انسانی^۱ از نظر تئوری و عملی برای محاسبه شاخص فشار مصنوعی را مورد استفاده قرار دادند. همچنین ایشان از دو شاخص بنیه^۲ و ساختار^۳ برای محاسبه حالت زیست‌بوم استفاده نمودند. در این خصوص برای محاسبه شاخص بنیه، سه معیار پوشش گیاهی، نسبت بارش به تبخیر سالانه و تولید خالص اولیه^۴، و برای تعیین شاخص ساختار عوامل توزیع الگوی

آخرین مدل توسعه یافته PSR تحت عنوان DPSIRM توسط Zhang [۱۱] معرفی شده است که شاخص‌های مورد استفاده در آن و نحوه ارتباط بین آن‌ها در شکل ۵ نمایش داده شده است. این مدل از شش شاخص نیروی محرکه، فشار، حالت، اثر، پاسخ و مدیریت تشکیل شده است و الگوی رفتاری این شاخص را در ارتباط با هم و در سامانه مورد مطالعه، بررسی می‌کند. به طور کلی مدل‌های گسترده‌تر PSR راحت به نظر می‌رسند. اما پیچیدگی‌های ذاتی و مفهومی عامل‌ها در هنگام کاربرد مشخص می‌شود. به همین دلیل مدل ساده PSR عمومیت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های توسعه یافته آن دارد.

پیشینه کاربرد مدل PSR

در خصوص تجربیات استفاده از مدل PSR پژوهش‌های مختلف با اهداف متفاوت حفظ سلامت زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای، شهری

1- Human Footprint Index
2- Vigor (V)
3- Organization (O)
4- Net Primary Index (NPP)

مرتج، شاخص تنوع سیمای سرزمین و شاخص تراکم لکه را انتخاب کردند. علاوه بر این، از دو معیار ¹NDVI و کاربری زمین/پوشش زمین برای محاسبه انعطاف پذیری (تاب آوری یا برگشت پذیری) ² و معیارهای فرسایش خاک، نسبت تخریب مرتج و شاخص حفاظت آب و خاک برای محاسبه پاسخ طبیعی به عنوان دو عامل نمایانگر حالت زیست بوم استفاده شدند. برای محاسبه شاخص پاسخ، شاخص پاسخ اجتماعی در قالب چند معیار نسبت مساحت ذخایر طبیعی، شاخص جنگل کاری و سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) ³ به کار برده شد. از تحلیل سلسله مراتبی برای تلفیق لایه های اطلاعاتی مختلف استفاده شد. در نهایت نتایج حاصل از کاربرد شکل اصلاح شده PSR در منطقه مطالعاتی نشان داد که فشارهای عمده وارده به زیست بوم ناشی از فشار مصنوعی بوده و قسمت میانی و جنوب غربی منطقه در خطر جدی است. از نظر شاخص حالت، شمال شرق منطقه مطالعاتی بهترین حالت سلامت را دارد. از نظر شاخص اثر ۵۰ تا ۶۰ درصد منطقه از خطر جدی فرسایش خاک متاثر بوده است. از نظر شاخص پاسخ، شمال شرق و جنوب غرب به ترتیب بهترین و بدترین وضعیت سلامت را داشتند. به طور کلی فقط ۱۸ درصد از کل منطقه در وضعیت سالم قرار گرفته است.

Yu [۱۰] نیز با تجزیه و تحلیل پایگاه داده ای کاربری زمین با کمک مدل PSR، سلامت زیست بوم شهری Anlu واقع در چین را ارزیابی نمودند. بدین منظور، شاخص فشار بر اساس سه معیار فشار میزان رشد جمعیت، استفاده از زمین و منابع آبی محاسبه شد. برای محاسبه شاخص حالت از سه معیار بنیه (V)، ساختار (O) و قابلیت انعطاف پذیری (R_{es}) در قالب زیرمعیارهای تراکم کربن، شاخص تنوع، شاخص غالبیت، شاخص یکنواختی، شاخص لکه و قابلیت ارتجاعی بوم شناختی استفاده شد. هم چنین برای تعیین نمایه پاسخ، دو شاخص درصد پوشش جنگلی و سرانه درآمد ناخالص ملی به کار برده شد. سپس با استفاده از آزمون تحلیل مولفه های اصلی (PCA) ^۶ پس از انتخاب شاخص های موثر در تعیین سلامت، یک شاخص جامع ارزیابی (CAI) ^۷ مبتنی بر محاسبه سه شاخص فشار، حالت و پاسخ ارائه و بر همین مبنا در نهایت یک نقشه ارزیابی سلامت تهیه شد. نتایج این پژوهش گران نشان داد که وضعیت سلامت زیست بوم های واقع در بین شمال و جنوب شهر Anlu کاملاً متاثر از تحول زیست بوم های طبیعی و فعالیت های انسانی بوده و دامنه بسیار گسترده ای از امتیازهای مربوط به وضعیت سلامت را در بر گرفته است.

Mao [۴] با هدف ارزیابی سلامت دریاچه Ulansuhai واقع در کشور چین از مدل مفهومی PSR استفاده نمودند. سامانه از

سه جنبه سلامت شامل شاخص های فشار بوم شناختی (فشار ناشی از رشد جمعیت، منابع آب)، حالت (وضعیت بوم شناختی، محیطی و عملکرد) و پاسخ (سنجش و سیاست های حل مسائل اقتصادی-محیط زیستی) مورد مطالعه قرار گرفت. آن ها ۲۵ شاخص مربوط به عوامل بوم شناختی، اجتماعی و محیطی برای این منظور مد نظر قرار دادند. معیارهای در نظر گرفته شده برای شاخص فشار شامل تراکم جمعیت، نسبت استفاده از منابع آبی، تراکم آفت، تراکم حاصلخیزکننده ها یا کودها، رهائش میزان COD صنعتی و مالکیت منابع آبی به ازای هر سرانه بود. هم چنین معیارهای گیاهان تالابی، تولید اولیه، غنای ماهی و میزان گونه های غالب برای توصیف شاخص حالت زیست بوم، معیارهای کیفیت آب (BOD، COD، pH و مواد شیمیایی سمی)، سطح غنی شدگی، مواد آلی خاک، میزان ذخیره و تامین آب و درجه رسوب گذاری دریاچه برای توصیف شاخص حالت محیطی و نیز معیارهای میزان تیمارهای پسماندهای ورودی به دریاچه، میزان آگاهی جامعه نسبت به محیط زیست، ضریب سرمایه گذاری در زمینه حفاظت محیط زیست، درجه رضایت از مدیریت تالاب و میزان متخصصان موجود در زمینه تحقیقاتی برای توصیف شاخص پاسخ در نظر گرفته شد. این شاخص ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی تعیین وزن شدند. شاخص جامع سلامت (CHI) منعکس کننده وضعیت هشدار یا بد دریاچه مورد مطالعه از نظر سلامت بود.

Ren [۷] از مدل PSR به ارزیابی سلامت تالاب Poyang واقع در چین پرداختند. برای تعیین شاخص فشار از ۱۳ معیار (میزان آب مصرفی به ازای هر ده هزار یوان GDP، سرانه مصرف آب، میزان رودخانه های آلوده، مساحت اشغال شده توسط *Oncomelania hupensis*، مقدار کاربرد کودهای کشاورزی، میزان مساحت تحت تاثیر سیل، میزان مساحت تحت تاثیر خشکسالی، نسبت سطح آب متوسط روزانه کم تر از نه متر، نسبت متوسط سطح آب در ۱-۱۰ ژوئیه، نسبت سطح آب کم تر از ۱۳ متر در اکتبر، تراکم جمعیت و استفاده از آفت کش ها)، برای تعیین شاخص حالت زیست بوم از ۱۴ معیار (میزان زمین پوشیده از چوب، میزان شهری شدن، ضریب شهری شدن Engel، مقدار سرانه منابع آب، سرانه GDP، سرانه غذا، تعداد پرندگان، احتمال متوسط آب ماهانه در ۱۰-۱۹ متری در ایستگاه Xingzi، نسبت میزان ذخیره طبیعی در نظر گرفته شده برای مساحت زمین ملی، کیفیت آب در فصل خشک، کیفیت آب در فصل مرطوب، میزان غنی شدگی در آوریل تا سپتامبر، سرانه مساحت زمین قابل کشت و میزان سرانه درآمد کشاورزان) و برای تعیین شاخص پاسخ پنج معیار (میزان دبی استاندارد فاضلاب های صنعتی، میزان مهار پسماندهای شهری، میزان مهار فرسایش خاک، نسبت بودجه آب در نظر گرفته شده برای GDP و میزان بازیافت مصرف صنعتی) محاسبه شدند. در نهایت از AHP ^۸ برای تلفیق و تعیین وزن شاخص ها استفاده شد. سپس شاخص ها برای ورود به

- 1- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 2- Resilience (R_{es})
- 3- Gross Domestic Product (GDP)
- 4- Dominance Index
- 5- Evenness Index
- 6- Principal Component Analysis (PCA)
- 7- Comprehensive Assessment Index (CAI)

8- Analytical Hierarchy Process (AHP)

مدل 'TOPSIS معرفی شدند. در مجموع زیست‌بوم از نظر سلامت ناسالم و بسیار تحت تاثیر دخالت‌های انسانی مثل توسعه شهر و گردش‌گری ارزیابی شد.

Yang [۹] نیز اثر عملیات اصلاحی و ترمیم بر سلامت زیست‌بوم تالاب Yellow River Delta واقع در چین با تحلیل مدل PSR را بررسی نمودند. بدین منظور، دو عامل تغییر اقلیم و بارندگی به عنوان عوامل موثر طبیعی در شاخص فشار عوامل انسانی شامل میزان سدهای بالادست، خاکریزها، جاده‌ها، بندرگاه‌ها و شدت بهره‌برداری از زمین و منابع آبی به عنوان عوامل موثر در تعیین شاخص فشار در نظر گرفته شد. از طرفی برای انجام این پژوهش، شاخص حالت در دو دسته حالت ساختاری و عملکردی زیست‌بوم تقسیم‌بندی شد. عوامل موثر در تعیین حالت ساختاری زیست‌بوم شامل میزان رهایش آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی، تغییرات مساحت تالاب، وضعیت تهدید تالاب، کیفیت آب، خصوصیات خاک، تنوع زیستی و میزان زی‌توده گیاهی بوده و عوامل حالت عملکردی زیست‌بوم شامل ظرفیت مهار سیل، مهار فرسایش، توانایی پاک‌سازی، زیستگاه، تولید مواد، پتانسیل بهره‌برداری از زمین و سرگرمی و تفریح در نظر گرفته شد. شاخص پاسخ مبتنی بر عوامل مدیریتی تالاب از جمله سطح مدیریتی تالاب، میزان اطلاع‌رسانی در خصوص حفاظت از تالاب، سیاست‌ها و قوانین موجود و شدت مجازات محاسبه شد. با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی این ۲۷ معیار در قالب یک مدل ارزیابی جامع PSR تلفیق شدند. نتایج نشان‌دهنده ناسالم بودن تالاب بوده و مقدار شاخص جامع ارزیابی سلامت برابر با ۰/۵۹ به دست آمد. در ادامه، Zhang [۱۱] برای کاربرد مدل DPSIRM برای ارزیابی سلامت دریاچه Nansi واقع در چین، میزان تراکم جمعیت را به عنوان شاخص نیروی محرکه، میزان رهایش COD، مصرف کودهای کشاورزی و آفت‌کش‌ها را به عنوان شاخص‌های فشار و شاخص‌های کیفیت آب از جمله COD، نیتروژن محلول (آمونیاک)، فسفر کل، نیتروژن کل و فنول‌های بخار را به عنوان شاخص‌های حالت انتخاب کردند. همچنین برای تعیین شاخص اثر از گونه‌های حیوانی، گونه‌های گیاهی، برهم‌ریختگی کلی^۱ و برهم‌ریختگی ساختاری^۲ و برای تعیین شاخص پاسخ از قابلیت مهار پسماندها و فاضلاب‌ها و نیز میزان حفاظت از تالاب استفاده شد. در نهایت دو معیار میزان حفاظت از محیط زیست و میزان بازیابی و ترمیم بوم‌شناختی برای محاسبه شاخص مدیریت به کار برده شدند. نتایج مدل نشان داد که حوزه آبخیز مطالعاتی در حال حاضر در وضعیت نسبتاً سالمی قرار دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

در طی سال‌های اخیر نگاه به مسائل سلامت از تک‌بعدی به جامع‌نگری و ارزیابی‌های یک‌پارچه و نیز از توجه به یک

زیست‌بوم خاص مانند تالاب، رودخانه و دریاچه به مجموعه‌ای از زیست‌بوم‌های موجود در یک حوزه آبخیز (آبی و خشکی) تغییر پیدا کرده است. حتی در انتخاب شاخص‌های سلامت سعی شده است که به جای استفاده از شاخص‌های عمومی و منفرد به تبیین شاخص‌های چندبعدی و چندجانبه^۴ توجه شود.

ارزیابی وضعیت زیست‌بوم‌ها به عنوان یک ابزار شناسایی و کاربردی مهم در علم مهندسی و مدیریت منابع طبیعی، دارای نقش و جایگاه خاصی در تشخیص میزان انحرافات به وجود آمده در آن‌هاست، مشروط بر این‌که شاخص‌های به کار گرفته شده، توانایی تشخیص و تفکیک تفاوت‌های موجود را در سطح زیست‌بوم داشته و نیز قادر باشند عملکرد آن را به خوبی ارزیابی نمایند. در این میان استفاده از مدل PSR برای ارزیابی سلامت زیست‌بوم آبخیز بر اساس مهم‌ترین شاخص‌های بوم‌شناختی توسط مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران حوزه منابع طبیعی به عنوان ابزار مدیریتی مطمئن و مناسب برای بررسی مسائل حاکم بر حوزه‌های آبخیز کشور توصیه می‌شود. اگرچه بومی‌سازی آن برای کشور و مبتنی بر شاخص‌های مناسب و قابل حصول و ارائه گزارش‌های عملی مستند برای جمع‌بندی نهایی پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Ding, Y., Wang, W., Cheng, X., Zhao, S. 2008. Ecosystem Health Assessment in Inner Mongolia Region based on Remote Sensing and GIS. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVII. Part B1, 1029-1034.
2. Hazbavi, Z., Sadeghi, S.H.R., 2016. Watershed Health Characterization using Reliability-Resilience-Vulnerability Conceptual Framework based on Hydrological Responses. Land Degradation and Development. DOI: 10.1002/ldr.2680.
3. Liang, P., Liming, D., Guijie, Y. 2010. Ecological Security Assessment of Beijing based on PSR Model. International Society for Environmental Information Sciences, 2010 Annual Conference (ISEIS). Procedia Environmental Sciences, 2: 832-841.
4. Mao, X., Wang, X., Chen, Q., Yin, X. 2014. A PSR-Framework-Based Health Assessment of Ulansuhai Lake in China. Polish Journal of Environmental Studies, 23(6): 2093-2102.
5. Niemeijer, D. Groot, R.S. 2008. A Conceptual

4- Multiple Indicators

1- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
2- Total Exergy
3- Structural Exergy

9. Yang, W., Jin, Y., Sun, T., Li, M. 2015. Effects of Seashore Reclamation Activities on Wetlands Ecosystem, a Case Study in Yellow River Delta. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, The Hague, the Netherlands. 28 June- 3 July, 2015, 1-3.
10. Yu, G., Yu, Q., Hu, L., Zhang, Sh., Fu, T., Zhou, X., He, X., Liu, Y., Wang, S., Jia, J. 2013. Ecosystem Health Assessment based on Analysis of a Land Use Database. *Applied Geography*, 44, 154164-.
11. Zhang, F., Zhang, J., Wu, R., Ma, Q., Yang, J. 2015. Ecosystem Health Assessment based on DPSIRM Framework and Health Distance Model in Nansi Lake, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30: 1235-1247.
- Framework for Selecting Environmental Indicator Sets, *ecological indicators*, 8(1): 14-25.
6. Rapport, D., Friend, A. 1979. Towards a Comprehensive Framework for Environmental Statistics: a Stress-Response Approach. *Statistics Canada Catalogue*. Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, 11-510.
7. Ren, R., Liu, J.T., Ni, J.J., Xiang, X.Y. 2014. Health Evaluation of a Lake Wetland Ecosystem Based on the TOPSIS Method. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6): 2183-2190.
8. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., 2017. Spatiotemporal Variation of Watershed Health Propensity through Reliability-Resilience-Vulnerability based Drought Index (Case Study: Shazand Watershed in Iran). *Science of the Total Environment*, 10.1016/j.scitotenv.2017.02.098.

*Abstract***Watershed Health (Part two): Pressure, State and Response Conceptual Model**Z. Hazbavi¹ and S.H.R. Sadeghi^{2*}

Received: 2016/07/05 Accepted: 2017/02/03

In the last decade, several studies have been conducted in order to develop water and soil resources management tools to maintain their health. Accordingly, the first necessary action is determination of the health status in ecosystems scale. Many key criteria and indices have been developed from anthropogenic, climatic, geomorphology, edaphic and vegetation factors to assess watershed health. According to the literature, considering an individual criterion cannot represent the overall ecosystem health status well. Hence, the development and testing new approached based on integrated health indicators are to be addressed. The combination of criteria and indicators using various statistical analyses and models is needed for better management of the ecosystems. Further, based on the implications of ecological system health and the mechanism of elements interaction, a series of conceptual models such as pressure-state-response (PSR) model have been established. This model is recommended to organize pressure-state-response indicators in a systematic way. Today, ecosystems are becoming damaged or degraded as a result of stresses especially associated with human activities. A healthy ecosystem is essential to provide the services that humans and the natural environment require and has tremendous social and economic value. So, ecosystem health assessment is essential to achieve an integrated watershed management model for the whole country. Toward this attempt, in the present study, a comprehensive state of art was explored about PSR model to be practically applied by environmental managers considering the protection of ecosystems as one of their primary goals. The watershed monitoring and its health determination developed in this study can be used as a useful tool for watershed managers.

Keywords: *Degradation Drivers, Ecological Security, Ecosystem Services, Integrated Indicators, Healthy Watershed*

1. Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University

2. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor 4641776489, Mazandaran Iran, Corresponding Author, E-mail: sadeghi@modares.ac.ir