

واژه‌های کلیدی: ابزار مدیریتی، توان بوم‌شناختی آبخیز،
 سیمای سرزمین، مدیریت یکپارچه آبخیز

معرفی مفهوم یکپارچگی بوم‌شناختی آبخیز

مقدمه

یکپارچگی بوم‌شناختی^۶ مفهوم نسبتاً جدیدی است که توسط بوم‌شناس‌ها به‌طور جدی مورد بحث قرار می‌گیرد [۲۰ و ۳۲]. هر چند تاکنون در خصوص ارائه تعریف دقیق از یکپارچگی بوم‌شناختی اتفاق نظر وجود ندارد. اما در مجموع در مقیاس حوزه آبخیز یکپارچگی را می‌توان به‌عنوان توانایی حوزه آبخیز در تامین و تداوم ارائه طیف کاملی از فرآیندها و عملکردهای بوم‌شناختی مورد نیاز برای پایداری منابع و خدمات ضروری برای بشر و تاثیرپذیر از دامنه‌ای از عوامل سیمای سرزمین، تعریف نمود [۱۱، ۲۰ و ۳۳]. آبخیزها بستری کاربردی برای ارزیابی و مدیریت بوم‌سازگان آبی فراهم می‌آورند، زیرا آب و مواد از منظرهای اطراف به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها، آب‌های زیرزمینی و زیرین رودخانه‌ها منتقل می‌شوند [۸، ۲۰]. یکپارچگی آبخیز یک مفهوم پیچیده است؛ با این حال توانایی ما برای اندازه‌گیری، پیش‌بینی و تأثیر عامل‌های مختلف بر یکپارچگی بوم‌شناختی و توسعه شاخص‌های عملی متکی خواهد بود [۱۰]. یکپارچگی به‌نوعی بیان‌گر میزان انعطاف‌پذیری آبخیز در برابر تنش‌های وارده می‌باشد و در صورت کسب آگاهی از آن به‌خوبی می‌توان برای حفظ عملکرد آبخیز در برابر تنش‌های وارده، اقدامات حفاظتی مناسبی را انجام داد [۱]. هم‌چنین یکپارچگی منعکس‌کننده یک مشخصه از حوزه آبخیز نمی‌باشد، بلکه مفهومی چندمنظوره^۷ و در برگیرنده مجموعه‌ای از متغیرها می‌باشد [۱۸]. بدون شک این تعریف یکپارچگی از آبخیز، بر پایه تغییرات طبیعی و هم‌چنین تغییرات و اختلالات انسانی است [۱۰، ۲۰].

یکپارچگی بوم‌شناختی یک هدف عالی برای حفاظت از تنوع زیستی است که نیاز به مدیریت بوم‌سازگان دست‌نخورده در سراسر مناطق دارد. آبخیز با یکپارچگی بالا به تعاملات زیستی، فیزیکی و انسانی با قابلیت انعطاف‌پذیری زیاد اشاره می‌کند [۱۰]. تخریب طبیعی و انسانی بوم‌سازگان می‌تواند روابط فضایی بین لکه‌های بوم‌سازگان را تغییر دهد. بنابراین حساس بودن روابط فضایی به از دست رفتن لکه و کاهش وابستگی به اتصال سیمای سرزمین، یک عامل مهم تعیین‌کننده یکپارچگی بوم‌شناختی منطقه است [۲۲].

نازیلا علایی^۱، رئوف مصطفی‌زاده^۲، ابازر اسمعیلی‌عوری^۳، معراج شری^۴
 و زینب حزباوی^۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۸

چکیده

فعالیت‌های انسانی موجب تغییر سیمای سرزمین و در نتیجه تغییر ساختار، ترکیب و عملکرد بوم‌سازگان آبخیز می‌شوند. در اثر این تغییرات ممکن است ارائه خدمات طبیعی حوزه آبخیز با مشکل مواجه شده یا غیرممکن شود. برخی از این فعالیت‌های انسانی شامل تغییر کاربری اراضی، قطع درختان، معدن‌کاری و شکار باعث بروز و یا تشدید اختلالات طبیعی مخرب مانند آتش‌سوزی یا سیل می‌شوند. این نوع فعالیت‌ها و تغییرات بی‌شک نیز در یکپارچگی حوزه آبخیز تاثیرگذار هستند. در واقع یکپارچگی آبخیز به توانایی حوزه آبخیز در تامین و ارائه طیف کاملی از فرآیندها و عملکردهای بوم‌شناختی مورد نیاز برای پایداری منابع و خدمات بوم‌سازگان اطلاق می‌شود. این مفهوم در واقع نشأت گرفته از مفهوم یکپارچگی بوم‌شناختی بوده که توسط بوم‌شناس‌ها به‌طور جدی مورد توجه و بحث قرار می‌گیرد. در این مقاله، مفهوم نوظهور یکپارچگی در مدیریت جامع و سازگار حوزه‌های آبخیز و ارائه اطلاعات جامع و لازم در خصوص شاخص‌ها و رویکردهای مختلف ارزیابی آن در واحد بوم‌سازگان معرفی و تبیین شده است تا محققان و مدیران حوزه‌های آبخیز بتوانند از این رویکردها برای تبیین یک رویکرد جامع بومی برای ارزیابی یکپارچگی بوم‌سازگان آبخیز کشور استفاده نمایند.

- ۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۲- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، نویسنده مسئول، Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
- ۳- دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۴- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۵- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲۳]. برای همگان مشخص است که فعالیت‌های انسانی بر بسیاری از تغییرات محیطی بی‌تأثیر نیستند. به نحوی که گاه فعالیت‌هایی که با هدف بهبود وضعیت برخی گونه‌ها، بوم‌سازگان و فرآیندهای بوم‌شناختی انجام می‌گیرد موجب ایجاد خسارت‌های مهم بر سایر جنبه‌ها می‌شوند. در همین راستا، مفهوم یکپارچگی بوم‌شناختی ابزاری برای تشخیص پاسخ‌های محیط زیست بین بهبودها و تخریب‌هایی که در کیفیت بوم‌سازگان اتفاق می‌افتد، فراهم می‌نماید. از طرفی، حوزه‌های آبخیز از طیف وسیعی از عوامل محرکه^۱ از جمله تنش‌های محیطی و فعالیت‌های انسانی تأثیر می‌پذیرند. در صورت بروز عوامل محرکه در خارج از دامنه مطلوب، منجر به تغییر در ساختار و عملکرد حوزه آبخیز می‌شود [۳، ۱۳ و ۱۴]. حوزه آبخیز واحد بسیار پیچیده‌ای می‌باشد که ساختار، ترکیب و عملکرد سه عنصر اولیه و بنیادی تشکیل‌دهنده آن هستند. در واقع ساختار به تمامی مؤلفه‌های فیزیکی زنده و غیرزنده تشکیل‌دهنده حوزه آبخیز گفته می‌شود. با وجود مؤلفه‌های مذکور، پیچیدگی در ساختار آبخیز نیز بیش‌تر خواهد بود. اما منظور از ترکیب حوزه آبخیز تنوع موجوداتی است که در آن زندگی می‌کنند. هم‌چنین عملکرد آبخیز فرآیندهای طبیعی بوم‌شناختی موجود در آن را در بر می‌گیرد. به همین منظور فرآیندهای طبیعی متعددی برای عملکرد متعادل بوم‌سازگان آبخیز و نیز یکپارچگی بوم‌شناختی آن بایستی صورت بگیرند. برخی از این فرآیندها شامل موارد زیر می‌باشند:

- چرای دام و برگشت فضولات دام به خاک - دام‌ها در طول مدت چرا باعث برگشت فضولات خود به خاک شده و موجب بهبود برخی خصوصیات شیمیایی آن می‌شوند [۲۶]. علاوه بر آن از دیگر نکات مثبت چرای دام می‌توان به زیر خاک شدن بذور گیاهان در اثر سم دام‌ها اشاره نمود و لذا از این طریق میزان یکپارچگی بوم‌شناختی آبخیز قابل بهبود خواهد بود. شاخص‌های یکپارچگی نشان‌دهنده شرایط سیمای سرزمین طبیعی باقی‌مانده، برای حفظ پیچیدگی تعاملات شکارچی، انتخاب و استفاده از بوم‌سازگان هستند. شاخص‌هایی که با استفاده از مفهوم یکپارچگی بوم‌شناختی به دست می‌آیند، زمینه را برای لحاظ متغیرهای فیزیکی و طبیعی، با توجه به اندازه‌گیری توزیع فضایی گونه‌ها و زیستگاه‌های طبیعی تسهیل می‌کنند [۲۹، ۳۷].
- چرخه صید و شکار - برای مثال خرس‌ها از ماهی و ماهی‌ها از پلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند. حفظ این چرخه طبیعی از ضروریات حفظ یکپارچگی آبخیز می‌باشد و ایجاد هر گونه تخلخل در سلسله مراتب این قبیل فرآیندهای طبیعی موجب تنش در عملکرد طبیعی آبخیز و نهایتاً عدم یکپارچگی آن می‌شوند.
- چرخه مواد مغذی - با مرگ طبیعی گیاهان و حیوانات، تجزیه روی سطح زمین اتفاق می‌افتد و موجب آزادسازی انرژی و مواد مغذی و تامین غذا یا پناه‌گاه برای دیگر گونه‌ها می‌شوند.
- آتش - این فرآیند طبیعی و نه به صورت انسانی یک فرآیند

1. Driving Forces

ضروری برای حفظ نسل برخی گونه‌های گیاهی می‌باشند. برای مثال می‌توان به حرارت لازم برای جوانه‌زنی کاج Jack اشاره نمود. - چرخه هیدرولوژی - چرخه‌های حرکت آب از اتمسفر به زمین و برگشت مجدد آن به اتمسفر از ضروریات حفظ یکپارچگی آبخیز تلقی می‌شود.

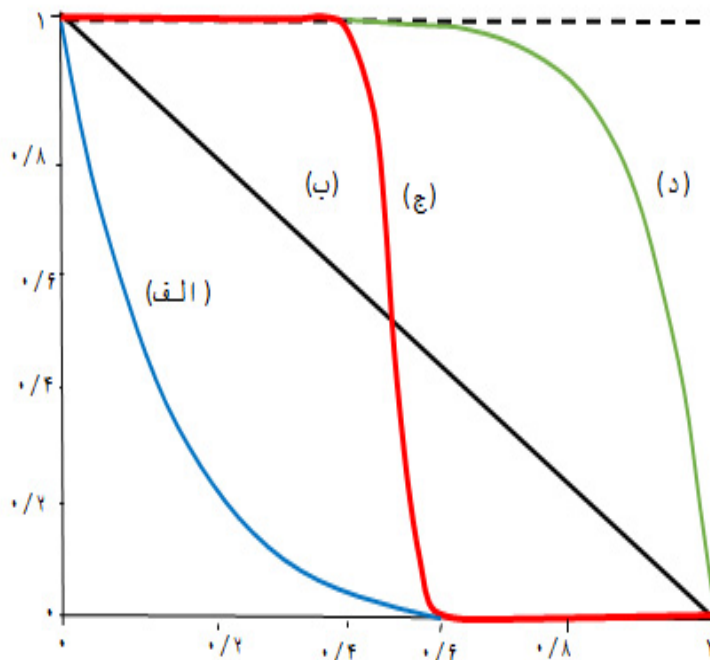
به‌طور کلی ظرفیت بازیابی حوزه آبخیز برای حفظ فرآیندهای بوم‌شناختی ضروری به میزان توانایی آن نسبت به احیا در برابر اختلالات طبیعی مانند آتش، سیل یا باد بستگی دارد. تنوع زیستی در حوزه آبخیز از دیگر موارد مهم تأثیرگذار در وضعیت یکپارچگی محسوب می‌شود و به کل موجودات گیاهی، جانوری، قارچ‌ها و ریزموجودات خاک‌زی موجود در منطقه اطلاق می‌شود که شامل تغییرات فردی و نیز واکنش‌های بین آن می‌باشد.

در حالت کلی توصیه می‌شود که شاخص یکپارچگی آبخیز به‌عنوان یک شاخص مقایسه‌ای یک محدوده با محدوده‌های دیگر تعریف شود. استفاده از الگوی شاخص یکپارچگی مزایای متعددی دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تسریع در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده توسط سازمان‌های متولی حفظ بوم‌سازگان، اشاره نمود [۲۵]. حفاظت از خدمات آبخیز در قالب سیمای سرزمین بسیار حیاتی و از طرفی فرآیندی پیچیده است. به طوری که پتانسیل سیمای سرزمین از پیوستگی و زیستگاه تولیدی کمی برخوردار باشد، یکپارچگی بوم‌شناختی آن نیز به شدت کاهش می‌یابد [۲]. اگر چه حوزه آبخیز، به‌عنوان واحد بهینه برای سازماندهی استراتژی‌های یکپارچه برای رسیدگی به چالش‌های پیچیده منابع آب به رسمیت شناخته شده است. اما چالش‌های پیچیده مدیریت یکپارچه حوزه آبخیز در سراسر مرزهای سیاسی و اداری گسترش یافته است و تأثیرات انسانی و بوم‌شناختی آن‌ها اغلب به خوبی درک نمی‌شود [۱۹]. بررسی پیشینه پژوهش نشان داد که با ارزیابی یکپارچگی آبخیز الگو و مدل مفهومی برای جلوگیری از خطرات بوم‌شناختی، حفظ توان طبیعت، توسعه بلندمدت آن و مبنای اندازه‌گیری برای زندگی بشر و نیز حفظ فرآیندها و ساختارهای مدیریتی موجود تبیین می‌شود [۳۳]. در واقع هدف غایی مدیریت جامع هر بوم‌سازگان از جمله حوزه آبخیز دستیابی به حداکثر میزان یکپارچگی آن است. بنابراین ارزیابی یکپارچگی حوزه آبخیز مبتنی بر شرایط حاکم بر کشور به‌عنوان الگویی برای مدیریت صحیح و یکپارچه منابع طبیعی ضرورت داشته و از مهم‌ترین برنامه‌های مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌تواند محسوب شود. مفهوم خدمات بوم‌سازگان در علم تصمیم‌گیری بیش از پیش پذیرفته شده است و کاربرد چندگانه در مطالعات موردی و مدیریت محیط زیست دارد، اما با توجه به تعاریف، نوع‌شناسی و درک پیچیدگی آن، بایستی از ابعاد مختلف پرورش و توسعه یابد.

تاریخچه توسعه رویکرد ارزیابی یکپارچگی بوم‌شناختی

برای اولین بار استفاده از اصطلاح یکپارچگی توسط لئوپولد^۲ در

2. Leopold



شکل ۱: مدل مفهومی پاسخ‌های مختلف بین میزان یکپارچگی و تنش‌های حوزه آبخیز: (الف) پاسخ با تاب‌آوری کم، (ب) پاسخ منفی خطی (ج) پاسخ آستانه و (د) پاسخ با تاب‌آوری زیاد. خط چین بیان‌گر منطقه مرجع می‌باشد [اقتباس از فلوتمرش و همکاران، ۱۰]

سایر بوم‌سازگان نیز به‌شمار می‌روند. بنابراین بایستی تلاش حداکثری برای حفظ و یا بازسازی آن‌ها برای ابقا یا رسیدن به یکپارچگی بالا انجام داد. فلوتمرش^۵ و همکاران [۱۱] مطالعات بسیار ارزشمندی در زمینه توسعه مفهوم یکپارچگی در مقیاس حوزه آبخیز نموده‌اند. ایشان با برقراری ارتباط مفهومی بین میزان یکپارچگی آبخیز، میزان تنش‌های وارده به آن و نیز نحوه پاسخ حوزه آبخیز به تنش‌های وارده حالت‌های مختلفی را برای یک حوزه آبخیز به‌صورت نمایش داده شده در شکل ۱ ترسیم نموده‌اند. همان‌گونه که در این شکل مشخص است منطقه مرجع یا حوزه آبخیز با حداکثر حالت یکپارچگی در صورت بروز تنش با هر درجه‌ای مقاوم بوده و یکپارچگی خود را از دست نمی‌دهد. اما در مقام مقایسه حوزه آبخیزی که در صورت وقوع تنش به آن، به سرعت و به‌طور غیرخطی یکپارچگی خود را از دست داده، در برابر تنش‌های وارده قابلیت انعطاف‌پذیری بسیار کمی برای برگشت به حالت اول دارد (شکل الف). هم‌چنین حالت دیگری وجود دارد که ارتباط ثابت معکوس بین میزان تنش و یکپارچگی حوزه آبخیز برقرار می‌کند. بدین معنی که به‌طور خطی با افزایش تنش، میزان یکپارچگی نیز به‌طور خطی کاهش می‌یابد (شکل ب). حال اگر حوزه آبخیز برای حد متوسطی از تنش‌ها در حفظ یکپارچگی خود مقاومت نشان دهد و سپس در صورت وقوع بیش از حد متوسط تنش صورت بگیرد یا به‌عبارتی تنش وارده از حد آستانه تجاوز کند، یکپارچگی آبخیز نیز از حالت ایده‌آل خارج شده و به حداقل خود خواهد رسید (شکل ج). همان‌گونه که قبلاً نیز توضیح داده شد و طبق شکل (د) حوزه‌های آبخیز با میزان یکپارچگی بالا در صورت وقوع تنش‌های

سال ۱۹۴۴ صورت گرفت. در عین حال که ایشان به‌صورت خیلی جزئی و مقدماتی به این موضوع اشاره کرده بودند اما به‌عنوان مبنایی اساسی برای سایر محققان در حوزه‌های مختلف بوم‌شناسی مورد توجه قرار گرفت. پس از آن کار و دادلی^۱ [۱۷] و کار^۲ [۱۶] بحث یکپارچگی را در حوزه زیست‌شناسی مطرح نمودند. سپس استفاده از این مفهوم مهم در بحث‌ها و موضوعات و بوم‌سازگان‌های مختلف ترویج شد. قابل ذکر است که این مفهوم با مفاهیمی از قبیل پایداری، انعطاف‌پذیری، ساختار و عملکرد بوم‌سازگان ارتباط تنگاتنگی دارد [۴] و یک نیاز اساسی برای ارزش‌گذاری به خدمات بوم‌سازگان محسوب می‌شود [۱۵]. این مفهوم اساساً برای بوم‌سازگان‌های آبی توسعه پیدا کرد اما عمدتاً در مقیاس بازه^۳ یا منطقه محدود و معمولاً برای گونه‌های مشخص مانند ماهیان یا بزرگ‌مهره‌داران به‌کار برده شده است. براسارد^۴ و همکاران [۵] اعتقاد دارند که بوم‌سازگان دارای میزان یکپارچگی بالا به‌طور نسبی در برابر فعالیت‌های انسانی غیرقابل تغییر هستند. هم‌چنین در تنوع گونه‌ای غنی بوده و در برابر الگوهای تخریب سازگاری پیدا می‌کنند. از طرفی منبع مهمی از گونه‌های نادر هستند که برای حفظ عملکرد زیستی و خدمات‌رسانی به هنگام تغییر شرایط محیط زیست مفید خواهند بود. پارک‌های ملی، ذخیره‌گاه‌های طبیعی، مناطق صحرایی، حوزه‌های آبخیز بحرانی و زمین‌های چندمنظوره که دارای ارزش حفاظتی بالا هستند، از جمله این نوع از بوم‌سازگان‌ها محسوب می‌شوند و در واقع مبنایی برای ارزیابی شرایط یا حالت نسبی

1. Karr and Dudley
2. Karr
3. Reach
4. Brussard

5. Flotemersch

مختلف آبخیز به سرعت تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند و خود را در برابر تنش‌ها سازگار می‌نمایند. اما در صورت تداوم این اختلالات و تنش‌ها، از میزان یکپارچگی حوزه آبخیز به صورت تدریجی و جزئی کاسته خواهد شد که در صورت اجرای اقدامات مدیریتی مجدداً به حالت اولیه خود باز می‌گردد.

پیشینه مطالعات انجام شده در خصوص یکپارچگی

یکپارچگی در بوم‌سازگان‌های مختلفی از جمله جنگل‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و اخیراً حوزه‌های آبخیز در نقاط مختلف جهان مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفته است. طبق همین مطالعات کاملاً مشخص است که برای ارزیابی میزان یکپارچگی،

متغیرها و شاخص‌های مختلفی از عوامل اقلیمی، هیدرولوژی و انسانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در رأس تمامی مطالعات انجام شده می‌توان به لایحه آب پاک در ایالات متحده اشاره نمود. طی این لایحه مقرر شده است تا میزان یکپارچگی شیمیایی، فیزیکی و زیستی آب‌های ملی بازیابی و حفظ شوند. پژوهش‌گران به این نتیجه رسیده‌اند که این امر مهم جز با اتخاذ مفاهیم مرتبط با یکپارچگی برای تشخیص درجه اهمیت بوم‌سازگان‌های طبیعی و کیفیت آب و شرایط بوم‌سازگان‌های آبی حاصل نمی‌شود [۲۰]. جدول (۱) خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی یکپارچگی در بوم‌سازگان‌های مختلف از جمله حوزه آبخیز همراه با شاخص‌های ارائه شده برای ارزیابی و نتایج آن را نشان می‌دهد.

جدول ۱: خلاصه پیشینه مطالعات انجام شده و روش کار آن‌ها در ارزیابی یکپارچگی

ردیف	پژوهش‌گران (سال)	محل مورد مطالعه (کشور)	موضوع	روش مطالعه	معیارها و شاخص‌های مورد استفاده	نحوه تلفیق شاخص‌ها	نتیجه
۱	تینر ^[۳۳]	رودخانه دلاورس نانتیکوک (ایالت متحده آمریکا)	پایداری و یکپارچگی بوم‌سازگان	کمی	وسعت زیستگاه آشفتگی زیستگاه، شاخص جامع زیستگاه طبیعی	جمع	پایین بودن شاخص پایداری آبخیز مطالعاتی
۲	چاوز و آلپاز ^۲ [۶]	حوزه آبخیز وردادپرو ^۳ (برزیل)	پایداری حوزه آبخیز	کمی و کیفی	شاخص توسعه انسانی، شاخص تنوع اقلیمی، شاخص فشار محیطی، شاخص پایداری محیطی	جمع	شاخص پایداری متوسط آبخیز مطالعاتی
۳	لاتروپ ^۴ و همکاران [۲۲]	نیویورک	بررسی پیامدهای تغییرات کاربری اراضی در یکپارچگی آبخیز	کمی و کیفی	تراکم جمعیت، میزان اراضی دست نخورده، میزان پوشش سطحی نفوذناپذیر، درصد مساحت حاشیه رودخانه یا سواحل و شاخص تکه تکه شدن جنگل	جمع	اثر منفی تغییر کاربری اراضی، توسعه زمین و نوع استفاده از زمین بر یکپارچگی آبخیز مطالعاتی
۴	رضا و عبدالله ^[۳۱]	-	مطالعه مروری و ارائه روش ارزیابی یکپارچگی بوم‌شناختی	کمی	تکه‌تکه شدگی، سیمای سرزمین، میزان معرف بودن، اتصال سیمای سرزمین، حساسیت بوم‌سازگان	جمع	ارائه مدل منطقه‌ای ارزیابی یکپارچگی بوم‌شناختی
۵	کورتس ^۵ و همکاران [۷]	رودخانه Elqui، (شیلی)	تحلیل شاخص پایداری آبخیز	کمی و کیفی	هیدرولوژی، محیط زیست، کیفیت زندگی، سیاست	جمع	شاخص پایداری برابر با ۰/۶۱ بیان‌کننده میزان متوسط پایداری آبخیز
۶	مدیروس و تورزان ^۶ [۲۴]	اقیانوس اطلس	ارزیابی یکپارچگی بوم‌شناختی جنگل	کیفی	شاخص یکپارچگی زیستی، غنای کل گونه‌ای، غنای گونه‌های بومی، فراوانی کل گونه‌ای، فراوانی گونه‌های بومی و شاخص تنوع شانون	میانگین	طبقه‌بندی ۲۱ قطعه مطالعاتی در پنج گروه عالی، خوب، طبیعی، ضعیف و خیلی ضعیف از لحاظ یکپارچگی
۷	کاندزیورا ^۷ و همکاران [۱۵]	آلمان	تعاملات خاص بوم‌سازگان، یکپارچگی و خدمات شاخص‌های بوم‌سازگان	کیفی	سامانه کیفیت انسان و محیط زیست	جمع	معرفی شاخص‌های مورد بررسی ابزار مناسب برای تصمیم‌گیری و مدیریتی

ادامه جدول ۱: خلاصه پیشینه مطالعات انجام شده و روش کار آن‌ها در ارزیابی یکپارچگی

ردیف	پژوهش‌گران (سال)	محل مورد مطالعه (کشور)	موضوع	روش مطالعه	معیارها و شاخص‌های مورد استفاده	نحوه تلفیق شاخص‌ها	نتیجه
۸	تئوبالد ^۹ [۳۵]	ایالات متحده	کمی‌سازی یکپارچگی بوم‌شناختی با هدف ارزیابی سیمای سرزمین و کاربرد آن	کمی	کاربری اراضی، پوشش زمین و فاصله از جاده‌ها	جمع	کارایی مناسب مدل برای اهداف تعیین شده
۹	وان در بروک ^{۱۰} و همکاران [۳۶]	تالاب‌های داخلی و مدیترانه	مطالعه مروری بر ارزیابی یکپارچگی محیط‌زیست	کمی	ارزیابی یکپارچگی بوم‌سازگان‌های تالابی اروپا	جمع	در مناطق نیمه‌خشک از جمله مناطق مجاور دریای مدیترانه، آب‌ها کم‌عمق بوده و منبع مهمی برای مردم محلی، دامداران و کشاورزی محسوب می‌شوند
۱۰	آندیولیا ^{۱۱} و همکاران [۲۸]	اقیانوس اطلس	ارزیابی یکپارچگی	کمی	اثر مصارف و تنش‌های انسانی بر عملکرد بوم‌سازگان	جمع	موانع فیزیکی ایجاد شده توسط بشر مانند خاکریزها ^{۱۲} و عملیات اصلاحی زمین، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تنش‌زای هیدرومورفولوژیکی و تهدیدکننده یکپارچگی محیط‌زیست
۱۱	فلوتمرش و همکاران [۱۱]	-	تعریف و ارزیابی یکپارچگی آبخیز	کمی و کیفی	وضعیت هیدرولوژیکی، شیمیایی منابع آبی، رسوب‌دهی، اتصال هیدرولوژیکی، دمایی و زیستگاهی	ضرب	پایداری متوسط حوزه آبخیز
۱۲	ریمپل ^{۱۳} و همکاران [۳۰]	شمال غرب کانادا (کانادا)	ارزیابی شاخص یکپارچگی جنگل‌های مدیریت شده	کمی	ارزیابی یکپارچگی با استفاده از گونه‌های پرندگان جنگل به‌عنوان شاخص‌های عملکرد جنگل	ضرب	فرام نمودن تغییرات در الگوی مدیریتی جنگل شباهت بوم‌شناختی با سیستم‌های طبیعی، بهبود در یکپارچگی بوم‌سازگان جنگل مطالعاتی
۱۳	اسکاو ^{۱۴} و همکاران [۳۲]	ایالات متحده	تحلیل اثر عوامل اجتماعی - بوم‌شناختی بر یکپارچگی	کمی و کیفی	خدمات بوم‌سازگان، شاخص یکپارچگی، شاخص رفاه انسان	میانگین	مقدار بالای میانگین شاخص یکپارچگی و پایین شاخص رفاه انسانی در اکثر حوزه‌های آبخیز
۱۴	دستا ^{۱۵} و همکاران [۹]	دریاچه اتیوپی (Ziway)	شناسایی چالش‌های پایداری در استفاده از زمین و آب	کمی	رشد جمعیت، تغییرات سیاست‌های زمین و جنگل‌زدایی	جمع	افزایش تقاضا برای منابع زمین و آب توسط عوامل انسانی مانند رشد جمعیت، تغییرات سیاست‌های زمین و جنگل‌زدایی

ادامه جدول ۱: خلاصه پیشینه مطالعات انجام شده و روش کار آن‌ها در ارزیابی یکپارچگی

ردیف	پژوهش‌گران (سال)	محل مورد مطالعه (کشور)	موضوع	روش مطالعه	معیارها و شاخص‌های مورد استفاده	نحوه تلفیق شاخص‌ها	نتیجه
۱۵	مورا[۲۷]	(مکزیک)	بررسی شاخص‌های یکپارچگی بوم‌شناختی	کمی و کیفی	ارتباط بین شکارچیان و زیستگاه‌های تحت تاثیر	جمع	اثرات تخریب زیستگاه‌های مطالعاتی و کاهش یکپارچگی بوم‌شناختی
۱۶	کراف و استیمن[۱۷]	حوزه‌های آبخیز میشیگان ^{۱۸} (آمریکا)	بررسی مدیریت یکپارچه	کمی و کیفی	شهرنشینی و رواناب، اقدامات کشاورزی، هدررفت آب در مقیاس وسیع، فقدان یا عدم کفایت زیرساخت‌ها	جمع	حوزه آبخیز جامع (IWC ^{۱۹}) را می‌توان به‌عنوان ابزاری برای هماهنگی مدیریت و تصمیم‌گیری در مقیاس حوزه آبخیز
۱۷	ترنبراق ^{۲۰} و همکاران[۳۴]	ایالات متحده آمریکا	بررسی یکپارچگی حوزه آبخیز	کمی و کیفی	هیدرولوژیکی، شیمیایی منابع آب، رسوب، اتصال هیدرولوژیکی، دما و زیستگاه	جمع	بیش از ۲۵ درصد از شاخص یکپارچگی حوزه آبخیز به تغییرات کیفیت آب اختصاص داده شد
۱۸	آمپت ^{۲۱} و همکاران[۲]	استرالیا	حفاظت در مقیاس چشم‌انداز	کیفی	اتصالات سیمای سرزمین و نقش جوامع در سیمای سرزمین	-	بدون مشارکت جوامع، پایداری سیمای سرزمین به‌زودی از بین می‌رود.
۲۰	دریلسما ^{۲۲} و همکاران[۱۰]		بررسی یکپارچگی بوم‌شناختی و تنوع زیستی	کیفی	تعاملات زیستی، فیزیکی و انسانی	-	طراحی شاخص‌های یکپارچگی بوم‌شناختی، بر اساس مدل‌سازی فضایی موجود و پیشنهاد شده در سطح عمومی ارائه شود. ارزیابی عملکرد حوزه آبخیز و اندازه‌گیری ارتباط آن با پاسخ‌های سطح منطقه، امکان استفاده از نتایج را فراهم نموده است.
۲۱	کهن ^{۲۳} و همکاران[۲۰]	ایالات متحده آمریکا	اجرای برنامه ملی ارزیابی یکپارچگی حوزه آبخیز	کمی و کیفی	شاخص یکپارچگی آبخیز (IWI ^{۲۴}) و زیرحوزه آبخیز (ICI ^{۲۵}) در مقیاس محلی، منطقه‌ای و ملی	جمع	نتایج را فراهم نموده است.
۲۲	حافظ‌پرست ^{۲۶} و همکاران (۱۳۹۴)[۱۲]	حوضه آبریز ارس معیارهای پایداری (ایران)	در ارزیابی مدیریت یکپارچه منابع آب بر اساس رویکرد DPSIR	کمی و کیفی	پارامترهای فشار-حالت-اثرات-پاسخ	ضرب	مناطق شرقی حوضه
۲۳	اسدی ^{۲۷} نلیوان و همکاران[۳]	طالقان-زیدشت (ایران)	مقایسه دو روش IUCN ^{۲۸} و سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری در ارزیابی پایداری حوزه آبخیز	کمی و کیفی	شاخص‌های بوم‌سازگان و شرایط زندگی اجتماعی و اقتصادی	جمع	پایداری حوضه در حد متوسط

روش ارزیابی و اندازه‌گیری یکپارچگی بوم‌شناختی

با تحلیل یکپارچگی حوزه آبخیز الگوی برای اندازه‌گیری پایداری آن در مقیاس‌های زمانی مختلف و ارائه سناریوهای متفاوت از جمله در ارتباط با پیش‌بینی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر میزان یکپارچگی آبخیز فراهم می‌شود [۶]. مطالعات زیادی در زمینه پاسخ بوم‌شناختی نسبت به اختلالات و تغییرات بلندمدت در اثر شدت تنش‌های محیطی انجام شده است. مطالعات انجام شده در راستای پاسخ بوم‌شناختی، محرک‌های وابسته مانند آلودگی، هجوم گونه‌های غیربومی و تبدیل بوم‌سازگان‌های طبیعی به بوم‌سازگان‌های کشاورزی مدیریت شده را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. الگوهای تغییر رفتاری مشاهده شده در این نوع از بوم‌سازگان‌ها به‌عنوان شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی یکپارچگی بوم‌شناختی در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین مطالعات انجام شده نشان داده است که ارتباط مستقیمی بین کیفیت منابع آبی و یکپارچگی آبخیز وجود دارد. این شاخص نیز به‌سبب داشتن ارتباط تنگاتنگ با سایر مؤلفه‌ها از جمله میزان سطوح نفوذناپذیر موجود در منطقه مطالعاتی می‌تواند توسط برخی شاخص‌های دیگر توصیف کمی و کیفی شود [۲۲]. بنابراین از معیار کیفیت منابع آبی به‌عنوان یک شاخص اصلی در اکثر مطالعات نام برده شده است.

استفاده از ماتریس‌های فاصله^۱ یکی دیگر از روش‌های ارزیابی یکپارچگی آبخیزها می‌باشد. بدین‌صورت که با برقراری ارتباط به‌عنوان مثال از طریق روش فاصله اقلیدسی^۲ میزان فاصله آبخیز مطالعاتی نسبت به منطقه مرجع، میزان یکپارچگی آن برآورد می‌شود [۳۶]. در این روش حوزه آبخیزی از یکپارچگی بالاتری برخوردار است که تأثیر کمی از دخالت‌های انسانی پذیرفته باشد. در این خصوص مناطق بکر، دست‌نخورده و اغلب مناطق مرجع دارای حداکثر درجه یکپارچگی هستند [۲۲].

در ادامه روش‌های ارائه شده در پژوهش‌های پیشین، یکپارچگی بوم‌سازگان با لحاظ چهار شاخص اصلی شامل تکه‌تکه شدن، سیمای سرزمین، میزان معرف بودن بوم‌سازگان مطالعاتی نسبت به نزدیک‌ترین منطقه حفاظت شده، میزان حساسیت بوم‌سازگان به فرآیندهای تخریب زمین و نهایتاً اتصال ساختاری و عملکردی سیمای سرزمین که توسط رضا و عبدالله [۳۱] ارائه شده، قابل ارزیابی است. اخیراً شاخص یکپارچگی آبخیز معرفی شده توسط فلوترش و همکاران [۱۱] مبتنی بر شش جنبه عملکردی شامل وضعیت هیدرولوژیکی، شیمیایی منابع آبی، رسوب‌دهی، اتصال هیدرولوژیکی، دمایی و زیستگاهی نیز از جمله روش‌های جامع اندازه‌گیری یکپارچگی مطرح شده است. در این روش هر کدام از عملکردهای مزبور با استفاده از معیارهای مرتبط به هر عملکرد توصیف کمی می‌شوند. پس از تعیین هر کدام از معیارها، بایستی یک مقدار حداکثر قابل قبول برای معیار مورد نظر، لحاظ شده و شاخصی از یکپارچگی برای هر کدام از معیارها تعیین شود. سپس

شاخص‌های یکپارچگی هر کدام از معیارها برای هر جنبه عملکرد آبخیز با همدیگر جمع می‌شوند. در نهایت از حاصل ضرب هر کدام از شاخص‌های یکپارچگی به‌دست آمده مقدار نهایی شاخص یکپارچگی آبخیز محاسبه می‌شود.

در مطالعه کار [۱۶] متغیرهای مختلفی برای ارزیابی یکپارچگی نیز ارائه شده است. متغیرهای تعادل تابش خورشید و میزان تولید زی‌توده گیاهی، تنفس، تعرق، ظرفیت ذخیره، تبخیر و تعرق، میزان مواد مغذی، معدنی شدن و تنوع گونه‌ای از جمله متغیرهای مورد استفاده بوده است. نتایج این پژوهش‌گران دلالت بر متوسط بودن میزان پایداری در حوزه مورد مطالعاتی بود. تینر [۳۳] نیز روشی برای ارزیابی یکپارچگی ارائه نموده‌اند. در این روش سه شاخص اصلی وسعت زیستگاه، آشفستگی آن و شاخص جامع زیستگاه طبیعی مورد بررسی قرار می‌گیرد که هر کدام از این سه شاخص از چند زیرشاخص دیگر به‌دست می‌آید. در نهایت از حاصل جمع هر کدام از شاخص‌های یکپارچگی به‌دست آمده مقدار نهایی شاخص یکپارچگی آبخیز محاسبه می‌شود. در ادامه چاوز و آلیپاز [۶] از پنج شاخص توسعه انسانی، فقر آب، تنوع اقلیمی، فشار محیطی و پایداری محیطی برای ارزیابی یکپارچگی در حوزه آبخیز استفاده نمودند. در روش مورد استفاده در نهایت با جمع شاخص‌های مورد استفاده، شاخص پایداری حوزه آبخیز (WSI)^۳ محاسبه می‌شود. هم‌چنین لاتروپ و همکاران [۲۲] متغیرهای تراکم جمعیت، میزان اراضی دست‌نخورده، میزان پوشش سطوح نفوذناپذیر، درصد مساحت حاشیه رودخانه یا سواحل و شاخص تکه‌تکه شدن جنگل را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت با جمع تمام شاخص‌های مورد مطالعه میزان یکپارچگی را ارزیابی کردند. قابل ذکر است که روش چاوز و آلیپاز [۶] توسط کورتس و همکاران [۷] نیز برای رودخانه Elqui، در کشور شیلی به‌کار برده شد. نتایج آن‌ها نشان شد که شاخص پایداری محاسبه شده، برای حوزه آبخیز مطالعاتی بیان‌کننده میزان متوسط پایداری آبخیز می‌باشد.

ریمپل و همکاران [۳۰] به ارزیابی شاخص یکپارچگی جنگل‌های مدیریت شده در شمال غرب کانادا پرداختند. در این مطالعه، یک سامانه ارزیابی یکپارچگی با استفاده از گونه‌های پرندگان جنگل به‌عنوان شاخص‌های عملکرد جنگل توسعه داده شد. نتایج نشان داد که تغییرات انجام شده در الگوی مدیریتی جنگل توانست شباهت بوم‌شناختی با سامانه‌های طبیعی را فراهم نماید و بهبود در یکپارچگی بوم‌سازگان جنگل مطالعاتی حاصل شود.

کراف و استیمن [۱۹] شاخص‌های شهرنشینی و رواناب، اقدامات کشاورزی، هدررفت آب در مقیاس وسیع، فقدان یا عدم کفایت زیرساخت‌ها را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که تصمیم‌گیری و مدیریت یکپارچه در حوزه آبخیز شرایط مطلوب برای استفاده کنندگان از خدمات آبخیز را فراهم می‌نماید.

1. Distance Matrices
2. Euclidian distances

3. Watershed Sustainability Index

ارائه شود. هم‌چنین با توجه به بررسی ابعاد مختلف مورد بحث و پیشینه پژوهشی یکپارچگی آبخیز، نتایج حاصل از پژوهش حاضر در راستای ارائه الگوی کاربردی برای تدوین راه‌کارهای مدیریتی و سیاست‌گذاری‌های کلی آبخیزهای کشور حائز اهمیت می‌باشد. می‌توان این‌گونه اذعان نمود که به‌سبب کمبود پژوهش‌های منسجم و به‌هم‌پیوسته در کشور، با بهره‌گیری از مفاهیم حاکم بر یکپارچگی آبخیز در ادامه پژوهش‌های پیشین در هر آبخیز می‌توان گام مهم برای اتخاذ و حتی تبیین راهکارهای مدیریتی حوزه‌های آبخیز کشور برداشت.

منابع

1. Aho, K., Leibowitz, S.G., 2017. Alaska index of Watershed integrity. Multi-agency watershed Integrity Meeting, 7, https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=339509.
2. Ampt, P., Baumber, A., Berry, E., Cox, T., Cross, R., Metternicht, G., Pfeiffer, H., 2017. Landscape scale conservation: incentives for cross-property action. Restore, Regenerate, Revegetate Conference Proceedings, August 2017, 2 p.
3. Asadi-Nalivan, M., Saravi, M., Zahedi-Amiri, Gh., Nazari-Samani, A., 2015. Comparison of Two Methods of IUCN and Watershed, Range and Forest Management in Assessing Watershed Sustainability (Case Study: Talleghan-Zeidash). Journal of Watershed Management Research, 6(11), 73-89.
4. Andreasen, J.K., Nill, R.V., Noss, R., Slosser, N.C., 2015. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. Ecological Indicators, 1, 21-35.
5. Brussard, P.F., Reed, J.M., Tracy, C.R. 1998. Ecosystem management: what is it really? Landscape and Urban Planning. Sustainable Ecosystem Management, 40, 9-20.
6. Chaves, H.M., Alipaz, S., 2007. An integrated indicator for basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. Water Resources Management, 21, 883-895.
7. Cortes, A.E., Oyarzun, R., Kretschmer, N., Chaves, H., Soto, G., Soto, M., Amezcaga, J., Oyarzun, J., Rotting, T., Senoret, M., Maturana, H., 2012. Application of the watershed sustainability index to the elqui river basin, North-Central Chile. Obras y Proyectos 12, 57-69.
8. De Jesús-Crespo, R., Ramirez, A., 2015. The use of

اسکاون و همکاران [۳۲] علاوه بر اذعان به ضرورت لحاظ عوامل اجتماعی- بوم‌شناختی بر عوامل صرفاً زیستی-فیزیکی در ارزیابی‌های خدمات بوم‌سازگان و ارتباط با رفاه انسان، ارزیابی کمی از شاخص یکپارچگی و شاخص رفاه انسان در حوزه‌های آبخیز ایالات متحده به‌عمل آوردند. در این پژوهش، برای محاسبه شاخص یکپارچگی آبخیز، وضعیت هیدرولوژیکی، شیمیایی منابع آبی، رسوب‌دهی، اتصال هیدرولوژیکی، دمایی و زیستگاهی را مد نظر قرار دادند. هم‌چنین شاخص رفاه انسان از طریق بررسی میزان وجود خدمات بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی حوزه آبخیز بررسی شد. نتایج حاصل از پژوهش بیان‌گر مقدار بالا بودن میانگین شاخص یکپارچگی و پایین بودن شاخص رفاه انسانی در اکثر حوزه‌های آبخیز مورد بررسی بوده است. این پژوهش‌گران با بیان لزوم ضرورت انجام مطالعات بیشتر و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مناسب، تاکید بر رعایت استراتژی برد-برد^۱ دارند. در ادامه ترنبراق و همکاران [۳۴] به بررسی یکپارچگی حوزه آبخیز ایالات متحده آمریکا پرداختند. در این راستا، شاخص یکپارچگی حوزه آبخیز (IWI) در حوزه آبخیزی به مساحت ۲/۶ میلیون کیلومترمربع در ایالات متحده آمریکا با هدف ارزیابی روابط بین عوامل تنش‌زا، شرایط هیدرولوژیکی، شیمیایی منابع آب، رسوب، اتصال هیدرولوژیکی، دما و زیستگاه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش علی‌رغم بهبود بالقوه، معتقد بودند که شاخص یکپارچگی حوزه آبخیز در شکل فعلی می‌تواند برای ارزیابی و اولویت‌بندی مقیاس‌های مختلف در زمینه ترمیم و حفاظت آبخیز مفید باشد. با این حال، به عدم وجود داده در سراسر جهان برای برخی از عوامل تنش‌زا، محدودیت‌های مربوطه باید در نظر گرفته شود. نتایج نشان می‌دهد بیش از ۲۵ درصد از شاخص یکپارچگی حوزه آبخیز به تغییرات کیفیت آب اختصاص داده شد. هم‌چنین یکپارچگی بالا در بخش غرب، متوسط در جنوب شرقی و پایین در دشت‌های معتدل و دره میسی‌سیپی^۲ از ایالات متحده آمریکا به‌دست آمد.

جمع‌بندی

حفظ و ارتقای تعادل حوزه آبخیز و افزایش بهره‌وری اقتصادی و سلامت اجتماعی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه یک اصل مهم در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز بایستی مورد توجه قرار بگیرد. به‌رغم وجود دخالت‌های زیاد انسانی، تخریب روز افزون منابع طبیعی و ضرورت ارزیابی یکپارچگی حوزه‌های آبخیز کشور به‌ویژه در مقوله‌های مرتبط با منابع آب و خاک، پژوهش‌های مستندی در داخل کشور در این زمینه صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش تلاش شده است تا مقدمه‌ای از مفاهیم جدید و نوظهور در مدیریت منابع آب و خاک حوزه‌های آبخیز تحت عنوان یکپارچگی آبخیز برای آبخیزداران، پژوهش‌گران، مدیران اجرایی و سیاست‌گذاران

1. Win-Win
2. Mississippi

19. Kraff, D., Steinman, A.D., 2017. Integrated watershed management in Michigan: Challenges and proposed solutions. *Journal of Great Lakes Research* 44, 197-207.
20. Kuhn, A., Leibowitz, S.G., Johnson, Z.C., Lin, J., Massie, J.A., Hollister, J.W., Ebersole, J.L., Lake, J.L., Serbst, J.R., James, J., Bennett, M.G., Brooks, J.R., Nietch, C.T., Smucker, N.J., Flotemersch, J.L., Alexander, L.C., Compton, J.E., 2018. Performance of National Maps of Watershed Integrity at Watershed Scales. *Water*, 10, 1-36.
21. Lackey, R.T., (2001). Values, Policy, and Ecosystem Health. *BioScience*, 51, 437-443.
22. Lathrop, D., Richard, G., Tulloch, C., 2007. Consequences of land use change in the New York-New Jersey Highlands, USA: Landscape indicators of forest and watershed integrity. *Landscape and Urban Planning*, 79, 150-159.
23. Matisziw, T.C., Murray, A.T., 2009. Connectivity changes in habitat networks. *Landscape Ecology* 24, 89-100.
24. Medeiros, H.R., Torezan, J.M., (2013). Evaluating the ecological integrity of Atlantic forest remnants by using rapid ecological assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 185, 4373-4382.
25. Mirdavoodi, H.R., Mohadjer, M.R.M., Amiri, G.Z., Etemad, V., 2014. Disturbance effects on plant diversity and invasive species in western oak communities of Iran (case study: Dalab Forest, Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(1), 1-16.
26. McGarigal, K., Compton, B.W., Plunkett, E.B., DeLuca, W.V., Grand, J., 2017. Designing Sustainable Landscapes: Index of Ecological Integrity. Updated on 20 April, 1-10.
27. Mora, F., 2017. Nation-wide indicators of ecological integrity in Mexico: The status of mammalian apex-predators and their habitat. *Ecological Indicators* 82, 94-105.
28. Ondiviela, B., Recio, M., Juanes, G.A., (2015). A management approach for the ecological integrity of NE Atlantic estuaries. *Ecological Indicators* 52, 105-115.
29. Penghua, Q., Songjun, X., Genzong, X., Benan, T., Hua, B., Longshi, Y., 2007. Analysis of the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Ecologic*
- a stream visual assessment protocol to determine ecosystem integrity in an urban watershed in Puerto Rico. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 560-566.
9. Desta, H., Lemma, B., Gebrariam, E., 2017. Identifying sustainability challenges on land and water uses: The case of Lake Ziway watershed. *Ethiopia*, 130-143.
10. Drielsma, M., Williams, K.J., Faith, D.P. Ferrier, S., Turak, E., Nipperess, D.A., Cooney, T., Box, P., 2018. Ecological Integrity – the whole or some of the parts?. *Restore, Regenerate, Revegetate Conference Proceedings*, February 5-9, 2018, Armidale NSW Australia, 27-28.
11. Flotemersch, J.E., Leibowitz, S.G., Hill, R.A., Stoddard, J.L., Thoms, M.C., Tharme, R.E., 2016. A watershed integrity definition and assessment approach to support strategic management of watersheds. *River Research and Applications*, 32, 1654-1671.
12. Hafezparast, M., Araghinejad, Sh., Sarifazari, S., 2015. Sustainability Criteria in Assessment of Integrated Water Resources Management in the Aras Basin Based on DPSIR Approach. *J. of Water and Soil Conservation*, 22(2), 61-77.
13. Hazbavi, Z., Jantiene, B., Nunes, J.P., Keesstra, S.D., Sadeghi, S.H.R., 2018. Changeability of reliability, resilience and vulnerability indicators with respect to drought patterns. *Ecological Indicators*, 87, 196-208.
14. Jackson, K.M., Whiles, M.R., Dodds, W.K., Reeve, J.D., Vandermyde, J.M., Rantala, H.M., Patch-Burn grazing effects on the ecological integrity of tallgrass prairie streams. *Journal Environment*, 11, 48-59.
15. Kandziora, M., Burkhard, B., Muller, F., 2013. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators-a theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators*, 28, 54-78.
16. Karr, J.R., Dudley, D.R., 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5, 55-68.
17. Karr, J.R., 1996. Ecological integrity and ecological health are not the same. In *Engineering within Ecological Constraints*, (Peter C. Schulze, ed.), Washington. National Academy Press. 97-109.
18. Kay, J.J., 1991. A nonequilibrium thermodynamic framework for discussing ecosystem integrity. *Environmental Management* 15, 483-495.

34. Thornbrugh, J., Leibowitz, G., Hill, A., Weber, H., 2017. Mapping watershed integrity for the conterminous United States. *Ecological Indicators* 85, 1133–1148.
35. Theobald, D.M., (2013). A general model to quantify ecological integrity for landscape assessments and US application. *Landscape Ecology* 28, 1859-1874.
36. Van den Broeck, M., Waterkeyn, A., Rhazi, L., Grillas, P., 2015. Assessing the ecological integrity of endorheic wetlands, with focus on Mediterranean temporary ponds. *Ecological Indicators* 54, 1–11.
37. Xu, Y., Cai, Y., Suna, T., Yina, X., Tand, Q., 2017. Development of an integrated indicator system to assess the impacts of reclamation engineering on a river estuary. *Marine Pollution Bulletin* 119, 50–59.
30. Rempel, R.S., (2016). An indicator system to assess ecological integrity of managed forests. *Ecological Indicators* 60, 860–869.
31. Reza, M.I.H., Abdullah, S.A., 2011. Regional index of ecological integrity: A need for sustainable management of natural resources. *Ecological Indicators* 11, 220-229.
32. Scown, M.W., Joseph, E., Flotemersch, T.L., Spanbauer, T.E., Ahjond, G., Brian, C., 2017. People and water: Exploring the social-ecological condition of watersheds of the United States. *Elementa Science of the Anthropogenic* 5, 64.
33. Tiner, R.W., 2004. Remotely-sensed indicators for monitoring the general condition of “natural habitat” in watersheds: an application for Delaware’s Nanticoke River watershed. *Ecological Indicators* 4, 227–243.



Abstract

Watershed Ecological Integrity, an Introduction

N. Alaie¹, R. Mostafazadeh², A. Esmaeli-Ouri³, M. Sharari⁴ and Z. Hazbavi⁵

Received: 2018/05/10 Accepted: 2018/10/20

Human activities leading to landscape change and thus change the structure, composition and function of the watershed ecosystems. These changes face the watershed to many problems or impossibility of providing natural ecosystem services. Some of such activities including land change, tree cutting, mining and hunting leading to emerge destructive natural disasters such as fire or flood. These kinds of activities and changes undoubtedly affect the integrity of the watershed. In fact, watershed integrity is defined as the capacity of a watershed to support and maintain the full range of essential ecological processes and functions in providing the sustainability of biodiversity and of the watershed resources and services for society. Indeed, this concept is adapted from the concept of ecological integrity that is seriously discussed by ecologists. In the present paper therefore the emerging concept of integrity in the comprehensive and adaptive watershed management was introduced and comprehensive and necessary information on different indicators and approaches of ecological integrity evaluation was provided. Toward this, the watershed researchers and managers could use these approaches to elaborate a native comprehensive approach in order to watershed ecological integrity of the country.

Keywords: Integrated watershed management, Landscape, Managerial tool, Watershed ecological potential

1- Masters Student of Watershed Management Engineering, University of Mohaghegh Ardebili, Ardabil, Iran

2- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Corresponding Author, Email: raofmostafazadeh@uma.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili,

4- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili,

5- Ph.D. in Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University, Iran