

## تحلیل مفهوم های برگشت پذیری، آسیب پذیری و نیرومندی بوم شناختی در مدیریت

### بوم‌نظام های مرتعی<sup>1</sup>

## Description of Ecological Resilience, Vulnerability and Robustness Concepts in Rangeland Ecosystems Management

عزت اله مرادی<sup>2</sup>، غلامعلی حشمتی و امیر احمد دهقانی<sup>3</sup>

### چکیده

مدیریت علمی بوم‌نظام های طبیعی، همواره با اصطلاح های گیج کننده‌ای همچون: برگشت پذیری<sup>4</sup>، نیرومندی<sup>5</sup> (ظرفیت تحمل آشفتگی) و آسیب پذیری<sup>6</sup> (میزان تحمل نوع و شدت آشفتگی) بوم شناختی همراه می باشد. این مطالعه با هدف تشریح و توصیف، شناسایی هدف ها و زمان مناسب کاربرد هر یک از این مفهوم ها در مدیریت بوم‌نظام های مرتعی و به روش مرور منابع و تحلیلی انجام شد. برای تحلیل این مفهوم ها و این که چگونه هر یک از آن ها در چارچوب تعریف شده به صورت کاربردی جهت مدیریت بوم‌نظام های مرتعی به کار گرفته شود و زمینه مناسب استفاده هر یک از آن ها، برخی مصداق های عینی از کشور نیز ارائه می‌شود. با توجه به نتایج و مدل مفهومی حاصله، توان و قدرت تحمل بوم‌نظام با افزایش فشار و آشفتگی ها کاهش یافته و به ترتیب در مراحل نیرومندی، آسیب پذیری و برگشت پذیری بوم شناختی قرار می گیرند. مفهوم برگشت پذیری بوم شناختی جهت تشریح خطر از دست دادن توانایی بازیابی بوم‌نظام استفاده می‌شود و این به معنی بازیابی و رسیدن به حالت تعادل بوم‌نظام است و دارای کاربرد وسیع در زمینه های مدیریت، حفظ و احیای بوم‌نظام ها به ویژه بوم‌نظام های آسیب دیده می باشد. یک بوم‌نظام دارای وضعیت‌های چند گانه به ندرت دارای تعادل یگانه بوده و با ورود آشفتگی های محیطی و مدیریتی به ندرت در حالت تعادل پایدار قرار می گیرد. همچنین از این مفهوم جهت واکاوی شبکه های بوم شناختی - اجتماعی در مواقعی که کاهش خود احیایی شبکه قابل توجه است، استفاده می‌شود. زمان مناسب استفاده از مفهوم برگشت پذیری، مرحله بحرانی بوم‌نظام (آستانه انتقال به حالتی نامطلوب تر) است و نیاز به مدل سازی دارد. مفهوم آسیب پذیری بوم شناختی، بیانگر ظرفیت تطبیقی و حساسیت بوم‌نظام به آشفتگی می‌باشد و جهت تعیین توانایی یک بوم‌نظام برای باقی ماندن در وضعیت بالاتر از حد آستانه بحرانی و واکاوی شبکه های بوم شناختی - اجتماعی در مواقعی که کاهش خود احیایی شبکه قابل توجه نبوده و تغییرهای چندانی نداشته باشد و هنگام انجام مطالعه های مقایسه‌ای بر پایه ویژگی ها و شاخص‌ها مورد استفاده قرار می گیرد. زمان مناسب استفاده از مفهوم آسیب پذیری، مرحله قبل از مرحله بحرانی می‌باشد. مفهوم نیرومندی بوم شناختی، بیانگر توانایی بوم‌نظام در حفظ شرایط آرمانی خود در یک محدوده باریک و تنظیم دقیق نوسان‌های ساختاری و عملکردی خود جهت بروز بهترین کارکرد بوم‌نظام می باشد، به عبارت دیگر نیرومندی بوم شناختی دلالت بر عدم انعطاف پذیری ندارد، بلکه توصیف توانایی بوم‌نظام برای خلاقیت و انطباق در پیش بینی و یا در پاسخ به اختلال و آشفتگی های درونی و یا برونی می‌باشد و زمان مناسب استفاده از این مفهوم، دو مرحله قبل از مرحله بحرانی بوم‌نظام می باشد.

واژه های کلیدی: آشفتگی های طبیعی، بوم‌نظام های طبیعی، مدیریت بوم شناختی.

1- تاریخ دریافت: 93/10/8 تاریخ پذیرش: 95/2/25

2- نویسنده مسئول: پست الکترونیک: moradiezat4@gmail.com

3- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد گروه مرتعداری و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

## مقدمه

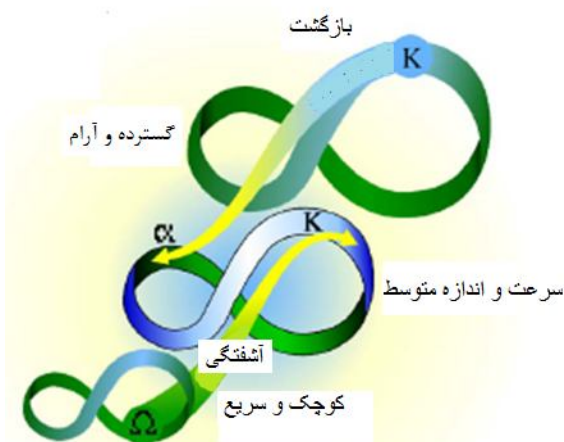
بوم‌نظام‌های مرتعی حدود 47% خشکی‌های جهان (32) و بیش از 80% کشور ایران (4) را تشکیل می‌دهند که برای تأمین مواد و خدمات‌های مورد نیاز بشر نقش اساسی دارند. مراتع به عنوان بخش مهمی از محیط طبیعی کره زمین و گسترده‌ترین بخش بوم‌نظام‌های خشکی از اهمیت ویژه‌ای در عرضه محصول‌ها (مانند علوفه، فرآورده‌های دارویی، سوخت و غیره) و خدمات‌ها (مانند حفاظت خاک، کنترل سیلاب‌ها، تغذیه آبخوان‌ها، پناهگاه حیات وحش، ترسیب کربن، حفاظت از تنوع زیستی و غیره) به جوامع انسانی برخوردارند (32). مشخصه اصلی بوم‌نظام‌های مرتعی وجود گیاهان بومی، بارش نامنظم، زهکشی ضعیف، پستی و بلندی ناهموار و اغلب دارای خاک با حاصلخیزی کم می‌باشد. اقلیم، آتش، نوع خاک و چرای دام، نیروها یا عواملی هستند که ترکیب گونه‌ای، توزیع و تولید بوم‌نظام‌های مرتعی را تعیین می‌کنند (57). مدیریت علمی بوم‌نظام‌های طبیعی، همواره با اصطلاح‌های گیج‌کننده‌ای همچون: برگشت‌پذیری، نیرومندی (ظرفیت تحمل آشفتگی) و آسیب‌پذیری (میزان تحمل نوع و شدت آشفتگی) بوم‌شناختی همراه می‌باشد. مدیریت صحیح و اصولی بوم‌نظام‌های مرتعی و احیاء و بازسازی بوم‌نظام‌های مرتعی آسیب‌دیده نیازمند درک و فهم عمیق این اصول علمی و مفهوم‌ها می‌باشد و بدون آگاهی از آن‌ها هرگونه تلاش جهت مدیریت و استفاده بهینه و احیاء و بازسازی آن‌ها بدون نتیجه بوده و راه به جایی نخواهد برد، به گونه‌ای که علاوه بر هدر رفت زمان، نیروی انسانی و سرمایه ممکن است در اثر انجام اقدام‌هایی از روی ناآگاهی آسیب‌های جبران‌ناپذیری به بوم‌نظام‌های کشور وارد گردیده و در سیر قهقراپی قرار گیرند. در مدیریت صحیح و اصولی بوم‌نظام، هدف اصلی، حفظ سطح مطلوب عملکرد و خدمات‌ها در حدی است که اقتصادی باشد و کارکردهای اجتماعی نیز مد نظر می‌باشد (18). توانایی یک بوم‌نظام، خود یک تابعی است که بستگی به ساختار و فرآیندهایی دارد که از آن حمایت و پشتیبانی می‌کنند (61، 64). برای مثال در بوم‌نظام‌های آبی، توانایی صخره‌های مرجانی برای حمایت از بهره‌وری تولید محصول‌های شیلاتی به پیچیدگی زیستگاه صخره‌ای و نرخ استفاده آبزیان، رشد، باروری و مرگ و میر آن‌ها بستگی دارد (53). از آنجا که کل بوم‌نظام و فرایندهای پویای آن زیر تاثیر اشکال مختلف آشفتگی است (30). پژوهش‌های گسترده‌ای پیرامون برگشت‌پذیری بوم‌نظام انجام شده است (29)، اما چند مفهوم خاص، از جمله نیرومندی (13، 20) و آسیب‌پذیری (26، 61) نفوذ زیست‌محیطی و مدیریت تطبیقی واژه‌های مطرح در این موضوع علمی است (46). در برخی موارد، این مفهوم‌ها به جای یکدیگر استفاده می‌شوند (37) و با یک بررسی مختصر در متون علمی، تفاوت‌های قابل توجهی در استفاده و معنای کاربری آن‌ها مشاهده می‌شود (26) (17) این مطالعه، تلاشی است برای تشخیص این معیارها و این که چگونه ممکن است هر یک از آن‌ها در چارچوب تعریف شده به صورت عملیاتی به کار گرفته شود. این مطالعه با هدف تشریح و توصیف، شناسایی هدف‌ها و زمان مناسب کاربرد هر یک از این مفهوم‌ها در مدیریت بوم‌نظام‌های مرتعی و به روش مرور منابع و تحلیلی انجام شد.

برای تحلیل این مفهوم‌ها (برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و نیرومندی بوم‌شناختی) و این که چگونه هر یک از آن‌ها در چارچوب تعریف شده به صورت کاربردی جهت مدیریت بوم‌نظام‌های مرتعی به کار گرفته شود و زمینه و زمان مناسب استفاده هر یک از آن‌ها، برخی مصداق‌های عینی از کشور نیز ارائه و برخی مسائل مورد نیاز که جهت عملیاتی شدن آن‌ها لازم است معرفی می‌شود.

### چارچوب مدیریت بوم‌نظام‌ها: برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و نیرومندی بوم‌شناختی

**برگشت‌پذیری:** برگشت‌پذیری در ادبیات بوم‌شناختی به دو شکل تعریف شده است که هر دو، جنبه‌های مثبت و منفی خود را دارند (جدول 1). در معنی اول، برگشت‌پذیری بوم‌شناختی به این معنی است که بوم‌نظام می‌تواند نسبت به یک آشفتگی، مقاومت لازم را داشته و ساختار و عملکرد خود را پس از آن آشفتگی نیز حفظ نماید (34، 59). برای مثال، برخی از صخره‌های مرجانی حوزه کارائیب (در ایالات متحده آمریکا) در این زمینه مشکل دارند (46) و در آن‌ها روندی وجود دارد که ارتقا و یا افت مطلوبیت وضعیت حال صخره مرجانی یکی پس از دیگری اتفاق می‌افتد و یک تعادل بوم‌شناختی بین جلبک دریایی و صخره‌های مرجانی به وجود می‌آید (48). در قرن بیستم هدف مدیریت در بوم‌نظام‌ها که اغلب مبنای فناورانه داشتند، کنترل خروج منابع از چارچوب هدف‌های

طراحی شده و بیشینه تولید یا کنترل سطوح آلودگی بود. این شیوه به مدل فرمان و کنترل تعبیر می گردید و بیشتر بر کنترل متغیرها و تغییر های آرام شبکه متمرکز بود. در این شیوه جداسازی شبکه و کنترل متغیرها در جهت هدف ها و منافع و استفاده از ویژگی های غیرقابل پیش بینی کامل طبیعت در جهت منافع مورد نظر خود صورت گرفته و منجر به کاهش توان برگشت پذیری بوم نظام می گردید (45). کاهش توان برگشت پذیری بوم نظام موجب دوری از الگوی هدف های طراحی شده (ایجاد چرخه تطبیقی برگشت پذیری در بوم نظام، شکل (2) برای بوم نظام شده و ممکن است به نقطه ای مانند انجام کشاورزی حمایتی که موجب آشفتگی طبیعت و انحراف آن می گردد (21) یعنی غیر از هدف های مورد نظر برسد (28). مدیریت منابع بر اساس راهبرد (صدور فرمان و کنترل) موجب کاهش توان برگشت پذیری بوم شناختی می گردد و نتایج آن در شبکه های پیچیده بوم شناختی قابل پیشگویی نبوده و مشخص نمی باشد. این نوع مدیریت در اغلب شبکه های علمی دنیا، دیگر معمول نیست. همیشه برای حالت های ایجاد تعادل و حاکم بودن روابط پایداری، موارد نامعلومی وجود دارد که به دلیل خطای ناشی از مدل و یا وسیله نبوده، اما می تواند به دلیل نداشتن اطلاعات مناسب برای مدل باشد و این راهبرد احاطه کامل مدیریت علمی طبیعت را مشکل می سازد (شکل 1) (12).



شکل 1- چرخه تطبیقی برگشت پذیری شبکه با بروز آشفتگی در مقیاس های مکانی و زمانی (28).

برگشت پذیری بوم شناختی در واقع یعنی ظرفیت بوم نظام جهت جذب آشفتگی ها بدون این که به وضعیتی نامطلوبتر منتقل شود، این مفهوم برگشت پذیری است که نشانگر توانایی یک بوم نظام برای باقی ماندن در وضعیت خود و قدرت بازیابی ساختار و عملکرد حتی حین بروز آشفتگی یا اختلال را تا یک حد آستانه ای دارا می باشد (42، 44) و این خود برآیندی است از مجموعه ای از ویژگی های بوم نظام که نقطه ای را نزدیک نقطه شکست<sup>1</sup> بوم نظام نشان می دهد و پس از آن ممکن است بوم نظام دیگر به شرایط قبلی خود مگر با صرف زمان و هزینه زیاد برنگردد (34).

برگشت پذیری به عنوان یک مفهوم و احتمالی که نشانگر توانایی بوم نظام باقی مانده پس از آشوب جهت بازسازی خود از نظر ساختار و عملکرد برای یک دوره مشخص از زمان بوده و با آن می توان توانایی و مقاومت بوم نظام در برابر سیستم های اختلال را پیش بینی نمود (47). تهیه مدل برگشت پذیری این امکان را می دهد تا مدیر بوم نظام نوع و شدت مداخله که جهت حفظ وضعیت فعلی و یا برگشت به وضعیت قبلی لازم است را تعیین نمایند. افزون بر این می توان برنامه ای طراحی نمود تا درجه برگشت پذیری افزایش یابد. شکل دیگر برگشت پذیری، برگشت پذیری مهندسی نامیده می شود و معنایی متفاوت در شبکه های طبیعی زنده دارد، در مورد بوم نظام بیانگر وضعیت آن نسبت به وضعیت ساختار و عملکرد آن در بلند مدت می باشد (33) مفهوم برگشت پذیری

مهندسی در شبکه های بوم شناختی بیانگر میزان بهبودی و نزدیک شدن به حالت تعادل بوم‌نظامی که مختل شده است می باشد (54). مفهوم آن بازیابی و رسیدن به حالت تعادل است و دارای کاربرد وسیع در زمینه های مختلف می باشد. با این حال، کاربرد آن در بوم‌نظام ها با محدودیت هایی روبرو می باشد، زیرا این شبکه ها همیشه با محدودیت رو به رو می باشند. بنابراین یک جامعه دارای وضعیت های چند گانه به ندرت به تعادل می رسد و تعادل آن به طور عمده چندگانه بوده و به دلیل ورود آشفتگی های محیطی و مدیریتی به ندرت در حالت تعادل پایدار می باشند (47). به دلیل اختلال های دوره ای محیطی (برای مثال، طوفان، آتش سوزی و غیره) و یا مدیریتی (مانند فشار چرای دام)، بروز حالت تعادل در آن ها دشوار است (جدول 1).

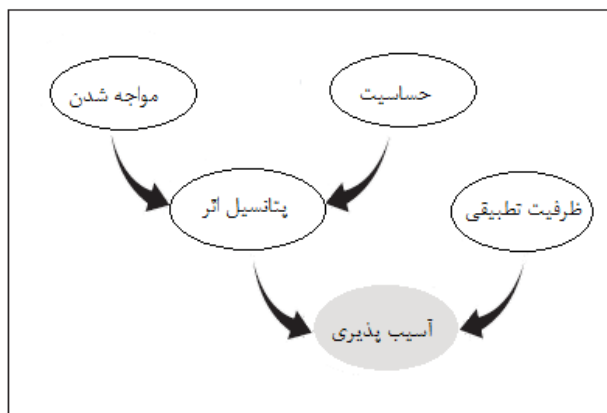
جدول 1- مفهوم برگشت پذیری در متون مرتبط با موضوع های بوم شناختی (28).

نوع برگشت پذیری	مزایا	معایب
برگشت پذیری بوم شناختی	بوم‌نظام با برگشت پذیری بالا آرمانی بوده و توانایی بازسازی خود را در مقابله با آشفتگی های محیطی و مدیریتی دارا خواهد بود.	بیشتر مدل ها و مطالعه ها در این زمینه کیفی بوده و انجام مطالعه های کمی در این زمینه سخت و پیچیده است.
برگشت پذیری مهندسی	یک وضعیت خاص نهایی (مانند اوج) برای بوم‌نظام متصور نیست و بوم‌نظام می‌تواند دارای وضعیت‌های اوج چندگانه باشد.	برای مطالعه آن نیاز به مطالعه بلند مدت و صرف زمان و هزینه زیادی است و پژوهشگر با تجربه نیاز دارد.
	در جایی که احیا و بازسازی بوم‌نظام عادی باشد، مفید است.	نمی توان با آن خط سیر جوامع را تعیین و ترسیم نمود.
	کمی سازی و تعیین دقیق وضعیت ها آسان تر می‌باشد.	متمرکز بر یک وضعیت مرجع متعادل می باشد (مانند جامعه اوج) و این با توجه به تغییرهای درونی و برونی موثر در بوم‌نظام به ندرت اتفاق می افتد و به طور عمده بوم‌نظام دیگر به همان وضعیت قبلی باز نمی گردد.

تغییر های پی در پی وضعیت عملکردی و ساختاری (35) و تغییر های آب و هوایی نمونه های خوبی در این مورد می باشند. برای کاربرد این مفهوم در بوم‌نظام به عبارت دقیق تر می توان گفت که پتانسیل یک هدف در حال حرکت برای ایجاد و رسیدن به حالت تعادل می باشد و درک این موضوع برای ذهن ما چندان آسان نیست و در این مورد محدودیت هایی وجود دارد. بنابراین احساس می شود در مورد بوم‌نظام ها کاربرد مفهوم آسیب پذیری مفید تر از برگشت پذیری مهندسی خواهد بود. برگشت پذیری دارای یک معنای گسترده تر در علم توسعه پایدار می باشد که شامل ظرفیت تطبیقی، آموزش و تحول است و بیشتر چگونگی وضعیت پایداری شبکه ها را بیان می دارد (62، 63). Brand & Jax (17) ده تعریف از برگشت پذیری را شناسایی و استدلال کردند که شکل اصلی برگشت پذیری بوم شناختی به مفهوم نرم و قابل انعطاف تر در علم پایداری است. Walker & Salt (62) پایداری بوم‌شناختی و اجتماعی را مطرح و برگشت پذیری بوم شناختی را به عنوان یک فضای بوم شناختی طرح نموده و بیان داشتند که آن مفهومی گسترده‌تر از تفکر برگشت‌پذیری که بیانگر پویایی و تصمیم‌گیری اجتماعی می باشد را داراست. برگشت پذیری بوم شناختی موضوع بسیاری از مطالعه ها بوده است (49) و مبحثی سنگین و پیچیده است که همراه با مفهوم ها درک وجودی ذات و قانون های حاکم بر طبیعت است که شاید هنوز زود باشد تا انسان بر آن احاطه کامل یابد، اما اگر در حد درک و فهم خود از این قانون ها (برگشت‌پذیری، آسیب پذیری و نیرومندی بوم شناختی) از بوم‌نظام ها بهره برداری نمائیم دستکم می توان مدعی بود که موجب نابودی آن ها را به دست خود فراهم نموده ایم (34).

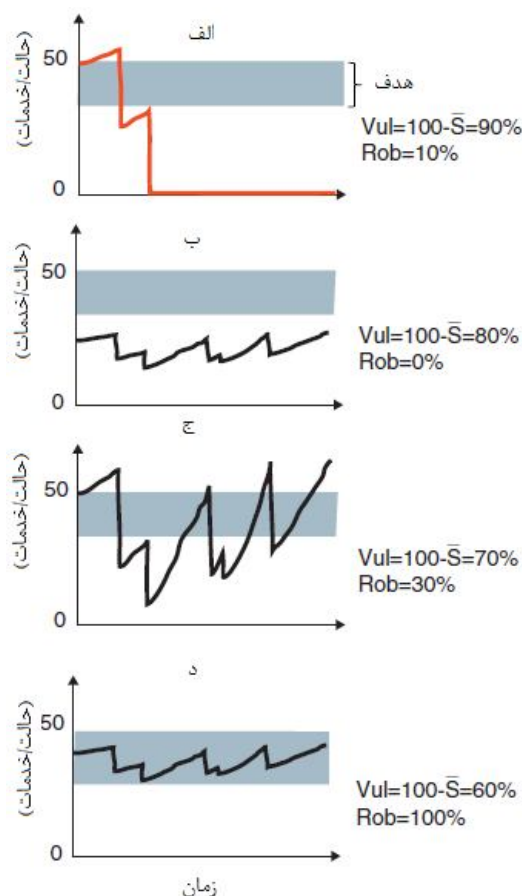
**آسیب پذیری بوم شناختی:** آسیب پذیری، در واقع برآورد نوع (مدیریتی و محیطی) و میزان (مقدار) آسیب های وارده به یک بوم‌نظام که در معرض آشفتگی و اختلال برونی یا درونی قرار گرفته، می باشد (17). انتخاب معیار آسیب پذیری توسط مجمع

بین‌المللی تغییر های آب و هوایی وسیله ای برای ارزیابی سیاست های مدیریت بوم‌نظام نسبت به اثرهای تغییرهای آب و هوا (41) ، 26) منجر به استفاده گسترده از آن شد، به ویژه در حوزه های بوم شناختی و اجتماعی بوم‌نظام (38 ، 25) آسیب پذیری دارای یک ویژگی مطلوب برای استفاده برای یک تحلیل عمیق جانی (قرار گرفتن در معرض، حساسیت و ظرفیت تطبیقی) به شکل واضح و صریح می‌باشد (شکل 2). به عبارت دیگر آسیب پذیری نشان دهنده درجه ای است که میزان قرار گرفتن یک بوم‌نظام در معرض عوامل تنش‌زا را بیان می‌دارد (51). حساسیت درجه است که اثرهای تنش‌زا در بوم‌نظام و ظرفیت تطبیقی بالقوه بوم‌نظام برای تنظیم و یا مقابله با تاثیر آن را بیان می‌دارد. این درجه حساسیت همراه با شفافیت تا حد زیادی موجب تسهیل درک آثار اقدام ها و برهمکنش ها و یا ادغام آن‌ها در کلاف در هم پیچیده آسیب پذیری می‌گردد، بنابراین، به طور گسترده ای در مطالعه های بوم‌شناختی و اجتماعی و یا هنگام انجام مطالعه های بوم شناختی - اجتماعی به طور همزمان کاربرد دارد (58 ، 22).



شکل 2- مدل مفهومی آسیب پذیری (46).

برخی از عوامل تنش‌زا، مانند طوفان، قابل کنترل هستند، که در این مورد مدیریت ها اغلب از چارچوب آسیب پذیری با دستکاری ظرفیت تطبیقی بوم‌نظام استفاده می‌کنند. اولویت‌بندی مداخله ها با طبقه بندی ظرفیت تطبیقی امکان پذیر است و بیشترین تاثیر را در نتیجه و اثر بخشی دارد. در سایر موارد، مانند قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا، با کاهش مستقیم از عوامل تنش‌زا قابل انجام است. با این وجود از نظر اصول بوم شناختی شباهت بسیاری بین برگشت پذیری با میزان آسیب پذیری وجود دارد (14، 27)، اما در بوم‌نظام ها اندازه گیری ویژگی های آسیب پذیری و برگشت پذیری بوم شناختی در اساس متفاوت می باشد. معیارهای صریح و روشنی از آسیب پذیری تهیه و ارائه شده است (39). آسیب پذیری توانایی و تمایل بوم‌نظام به حفظ حالت متمرکز و ثبات خود بدون توجه به نیروهای وارده از طرف آشفتگی های درونی یا برونی می باشد و به عبارت دیگر درجه بالای آسیب پذیری بوم‌نظام به دلیل مقاومت بوم شناختی بالای آن می باشد (58، 38) بر خلاف آسیب پذیری ، برگشت پذیری بوم شناختی بر بازخورد متمرکز است و این متفاوت است از پویایی بوم‌نظام، به گونه ای که مانع از سوق بوم‌نظام به وضعیت (حالت ساختاری و عملکردی) نامطلوب و نقطه نابودی می‌گردد. بوم‌نظام های با درجه آسیب پذیری پائین زمان زیادی در حالت نامطلوب باقی خواهند ماند (شکل 3 الف) و (ج)). آسیب پذیری بالا به دلیل قرار گرفتن بوم‌نظام در معرض حساسیت بالا (مقاومت کم) و یا ظرفیت تطبیقی کم است که امکان وقوع آن نیز در این حالت زیاد می باشد. در این صورت بوم‌نظام نمی تواند به راحتی بهبود یافته و به حالت مطلوب برگردد. باید توجه داشت که یک بوم‌نظام با درجه برگشت پذیری بالا همیشه در تلاش است برای بهبود وضعیت خود و به راحتی می تواند به حالت مطلوب خود برگردد (شکل 3 ب) - (ج)).

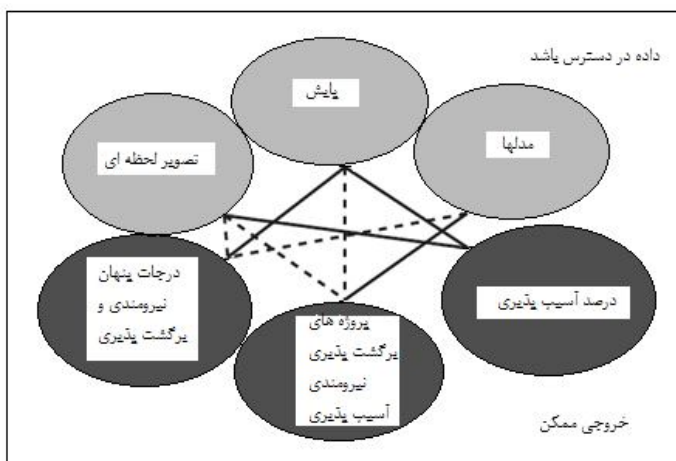


شکل 3- تغییر حالت یا ساختار و عملکرد بوم‌نظام زیر آشفتگی مشابه در سطوح متفاوت نیرومندی و آسیب پذیری بوم شناختی.

محدوده خاکستری اشاره بر تغییر پذیری قابل قبول پیرامون هدف با حفظ درجه نیرومندی بوم شناختی است. تمام بوم‌نظام‌ها به جز (الف) برگشت پذیرند. بوم‌نظام های (الف) و (ب) نیرومند نیستند و آسیب پذیری بالایی هم ندارند. بوم‌نظام (ج) آسیب‌پذیری کمی دارد و نیرومند هم است. بوم‌نظام (د) آسیب پذیر نیست و نیرومندی بالایی دارد. علامت  $S$  بیانگر سطح متوسط حالت/ خدمات‌ها بوم‌نظام می باشد،  $Vul$  بیانگر آسیب پذیری و  $Rob$  بیانگر نیرومندی بوم شناخته است (46). در چنین بوم‌نظام انعطاف‌پذیر اگر مدت و شدت آشفتگی های برون‌ی یا درونی که از نوع محیطی یا مدیریتی می باشند از حد آستانه ای بالاتر روند، درجه برگشت پذیری بوم‌نظام کاهش و آسیب پذیری آن افزایش می یابد و به همین دلیل است که به حالت نامطلوب سوق پیدا کرده و مدت زمان زیادی را در آن حالت باقی می ماند. برای مثال از بوم‌نظام های خشکی به وضعیت مراتع نیمه خشک و جنگل های بلوط دامنه زاگرس و از بوم‌نظام های آبی هم می توان به دریاچه ارومیه و جزایر مرجانی جنوب بندرعباس اشاره نمود. به طور معمول، درجه آسیب پذیری بوم شناختی برآیندی است از سه ویژگی ظرفیت تطبیق، ساختار اجتماعی و ذات بوم شناختی منطقه (برای مثال، بوم‌نظام های منطقه حاره ای، تنوع زیستی و تنوع فرصت های امرار معاش، به ترتیب). این ویژگی‌ها بیانگر پتانسیل کاهش آسیب‌پذیری بوم‌نظام بوده و مدیریت می تواند با شناسایی آن‌ها در روند بوم‌نظام به صورت هدفمند مداخله نماید. با اختصاص نمره هر ویژگی در هر یک از سایت‌ها، می توان برای بوم‌نظام مورد نظر شاخص آسیب پذیری کلی تهیه و برای مقایسه سایت‌ها در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت و شرایط بوم شناختی مشابه از آن استفاده نمود (15، 40). برخی از پژوهشگران از ماهیت آسیب پذیری ویژگی های بوم‌نظام به تفکیک انتقاد دارند و معتقدند بهتر است که به جای آسیب پذیری هر یک ویژگی‌ها، آسیب پذیری بوم‌نظام که خود برآیندی از آسیب پذیری ویژگی‌ها می باشد مورد استفاده قرار گیرد (38). برای مثال، Luers *et al.* (38) اندازه گیری آسیب‌پذیری کشاورزان نسبت به عملکرد محصول خود را برای اثرهای تغییر تولید در هر واحد از تغییر های دما (که تنش زا می‌باشد)

بیان نمودند، و پس از آن نسبت به بیان آستانه ثابت تولید محصول مورد نیاز برای کشاورزان تبدیل گردید. (16) Antle *et al.* نیز به نتایج مشابهی رسیدند. اندازه گیری آسیب پذیری کشاورزی، توانایی بازگشت اقتصادی است که زیر تغییر های آب و هوایی در مقایسه با آب و هوای فعلی منجر به از دست دادن تناسب هزینه به درآمد شده است و این همچنین می تواند با احتمال از دست دادن درآمد بالاتر از حد آستانه بیان شود (48). اگر بوم نظام مورد مطالعه آبی و از نوع صخره های مرجانی باشد تعیین میزان آسیب پذیری بوم شناختی به صورت کمی با تعیین میزان متوسط تغییر پوشش مرجانی در طول زمان امکان پذیر می باشد (شکل 2)، تغییرهای سطوح مرجانی پایه های مشخص شده در طول زمان و یا بیان احتمال این که پوشش های مرجانی به حد پایین تر از آستانه بحرانی مورد نیاز بوم نظام برسد به صورت یک تابع بیان می شود (50، 55).

**نیرومندی بوم شناختی:** در علوم مهندسی مفهوم نیرومندی با نظریه کنترل ظهور پیدا نمود (20) تعریف نیرومندی بوم شناختی برای ظرفیت تحمل بوم نظام برای حفظ حالت مطلوب و پایدار در مقابل نوسان های و آشفتگی های اجزا و محیط پیرامون خود می باشد (20، 13) بنابراین، حفظ حالت بوم نظام در یک محدوده باریک از عملکرد (شکل 3 د))، مربوط به نیرومندی بوم شناختی می باشد. با این حال، نیرومندی دلالت بر عدم انعطاف پذیری ندارد، بلکه توصیف توانایی بوم نظام برای خلاقیت و انطباق در پیش بینی و یا در پاسخ به اختلال و آشفتگی های درونی و یا برونی می باشد (23). زیست بوم قوی نیازمند عملکردی افزونگر و بازخوردی کنترلی برای جبران تغییر های در محیط پیرامون خود است. نوسان های زیاد در عملکرد نامطلوب است و به اجزاء بوم نظام آسیب وارد می سازد بنابراین باید در نظر داشت که نیرومندی بوم شناختی متفاوت است از آسیب پذیری بوم شناختی. آسیب پذیری پایین یک بوم نظام به تحمل و بازیابی اثرهای نامطلوب نوسان ها بر اجزا (یا سلسله مراتب بوم نظام) کمک می نماید، اما یک بوم نظام قوی با درجه آسیب پذیری بالا نمی تواند نوسان های زیادی را تحمل نموده و حالت خود را حفظ نماید (36). با توجه به شبکه غذایی موجود در بوم نظام ها، نیرومندی بوم شناختی برای تعیین تغییر در ویژگی های ساختاری و عملکردی بوم نظام مورد استفاده قرار می گیرد و کاهش نیرومندی حاصل از دست دادن تک تک گونه ها است (53)، تعیین نیرومندی بوم شناختی در بوم نظام ها سخت و دشوار است و به راحتی نمی توان آن را عملیاتی نمود. در حالت آرمانی، نیرومندی بوم شناختی، احتمال باقی ماندن بوم نظام بین مرز بالا و پائین سیستم خاصی از تولیدها و خدمات را بیان می دارد که در این محدوده، بوم نظام توانایی تحمل و جذب مقدار خاصی از آشفتگی ها را دارا می باشد. (شکل 3 د)). در واقع، برای حل برخی از دشواری های مدیریت بوم نظام ها، نیاز است که حد آستانه بالا و پائین دامنه قابل تحمل مشخص و عملیات مدیریت با توجه به آن تنظیم و اعمال شود. یک مثال کلاسیک در این مورد تعیین نرخ دامنگذاری و شدت چرای دام در بوم نظام های مرتعی است و باید در حد ظرفیت چرای باشد و اگر بیشتر و یا کمتر از آن باشد درجه آسیب پذیری و نیرومندی بوم شناختی کم خواهد شد، البته باید توجه داشت که این یک دامنه دارد و تنها یک نقطه خاصی نمی باشد و به عبارت دیگر یک حد آستانه بالا و پائین دارد. بنابراین باید توجه داشت که برداشت بیش از حد بالا نباشد، که در این صورت این امر به ناپایداری و تخریب و تهی شدن شبکه می انجامد و پائین تر از حد بردباری نیز نباشد، که آن نیز موجب کاهش درآمد و پرت منابع خواهد شد و این بیانگر مفهوم نیرومندی است که مهم نیز می باشد (شکل 4) (34، 48). برای یک مثال دیگر، چگونه عملکرد بوم نظام مرتعی با وجود تغییر های آب و هوایی می تواند به قوت خود باقی بماند؟ این نیز نیاز به تعیین حد آستانه های بالا و پائین تحمل بوم نظام دارد. باید توجه داشت که بین درجه آسیب پذیری و توانایی تحمل آشفتگی یک رابطه خطی برقرار است و وقتی حالت بوم نظام از یک آستانه گذر نمود احیای مجدد و برگشت به وضعیت ساختار و عملکرد سابق بوم نظام با توجه به درجه برگشت پذیری بوم شناختی انجام و امکان پذیر می باشد. با درک آسیب پذیری قادر خواهیم بود به پرسش هایی که در مدیریت پیش می آید پاسخ بدهیم، و فقط به تعریف آستانه های بالا و پائین، حالت و یا خدمت های بوم نظام نیاز می باشد.



شکل 4- اطلاعات مورد نیاز جهت انتخاب چارچوب متناسب مطالعه برای شناخت، تشخیص و مدیریت بوم‌نظام. خطوط پیوسته نشانگر اطلاعات ضروری مورد نیاز و خطوط ناپیوسته نشانگر اطلاعات غیر ضروری که در صورت وجود مفید خواهند بود (48).

در برنامه های اجرایی مدیریت بوم‌نظام های مرتعی برای حفظ درجه آسیب پذیری بهتر است تنها یک آستانه تک زیستی مدنظر قرار گیرد تا هم زیست‌بوم حفظ شود و هم قابلیت اجرایی داشته باشد. در نهایت، نیرومندی متفاوت از برگشت پذیری است که اجازه می‌دهد تا یک بوم‌نظام برای ارائه خدمت های مختلف، انعطاف پذیری متفاوتی داشته باشد که اگر از آن را تجاوز ننماید (از حد آستانه فراتر نرود) بوم‌نظام توانایی بازیابی ساختار و عملکرد خود را دارد (43).

## جدول 2- موضوع مورد مطالعه و چارچوب و روش مناسب آن (یافته پژوهش).

چارچوب و روش مناسب	زمان و زمینه مناسب کاربرد
برگشت پذیری	• هنگام تحقیق در مورد کاهش پتانسیل خود احیایی بوم‌نظام. • زمانی که بوم‌نظام در مرحله بحرانی (آستانه انتقال به وضعیتی نامطلوبتر) می باشد.
برگشت پذیری	• واکاوی شبکه های بوم شناختی- اجتماعی در مواقعی که کاهش خود احیایی شبکه قابل توجه نبوده و تغییرهای چندانی ندارد.
آسیب پذیری	• زمانی که بوم‌نظام در مرحله قبل از مرحله بحرانی می باشد.
آسیب پذیری	• هنگام انجام مطالعه های مقایسه ای بر پایه ویژگی ها و شاخص ها.
نیرومندی	• اعمال مدیریت جهت به دست آوردن حالات ، خدمت ها و عملکرد بوم‌نظام با انتخاب سطح مناسب. • زمانی که بوم‌نظام دو مرحله قبل از مرحله بحرانی می باشد.

### زمان بهینه کاربرد هر یک از مفهوم ها در مدیریت بوم‌نظام

مفهوم برگشت پذیری بوم شناختی جهت تشریح خطر از دست دادن توانایی بازیابی بوم‌نظام استفاده می شود، زمان مناسب استفاده از این مفهوم، مرحله بحرانی (آستانه انتقال به حالتی نامطلوبتر) است و نیاز به مدل سازی بوم‌نظام دارد (جدول 2). بنابراین، برگشت پذیری بوم شناختی برای نشان دادن پتانسیل بهبودی بوم‌نظام حتی زمانی که با آشفتگی بزرگی روبرو و از وضعیت مطلوب منحرف شده است، سودمند می باشد و با مطالعه آن احتمال و میزان توانایی خود احیایی بوم‌نظام مشخص خواهد شد. معیار آسیب‌پذیری برای مطالعه های چند رشته‌ای نیز مفید است، از جمله مطالعه های اجتماعی که به طور همزمان با مطالعه های بوم‌شناختی در سطح بوم‌نظام انجام می شود، و اگر بوم‌نظام با ترکیب پیچیده و چند بعدی آشفتگی ها روبرو بوده و خطر تغییر مداوم



از حالت‌های مطلوب به حالت‌های نامطلوب محتمل می‌باشد می‌تواند با مفهوم برگشت پذیری نیز تلفیق و هر دو به صورت همزمان مورد استفاده قرار گیرند. در شبکه های بوم شناختی - اجتماعی با کاهش فشار بر بوم‌نظام که خود موجب کاهش منافع زودگذر بخش اجتماعی می‌گردد، خطر از دست دادن و یا کاهش توان برگشت پذیری بوم شناختی کاهش می‌یابد، بنابراین شبکه آسیب پذیر خواهد بود و کنار آمدن بخش اجتماعی با کاهش منافع کوتاه مدت موجب افزایش توانایی این شبکه های بوم شناختی - اجتماعی در مقابله با انواع آشفتگی های محیطی و مدیریتی خواهد شد. هر دو هدف یعنی حفظ و افزایش توان برگشت پذیری و آسیب پذیری با افزایش ظرفیت تطبیقی این شبکه ها ممکن می‌باشد ، و این در شبکه های بوم شناختی با حفاظت از تنوع زیستی و شبکه غذایی و در شبکه‌های اجتماعی با افزایش ضریب امنیت غذایی امکان پذیر است. اگر مدیریت دولت در سطح بوم‌نظام متمرکز و با توجه به حفاظت و استفاده از ساختار، عملکرد و خدمت های این شبکه های بوم شناختی - اجتماعی انجام شود ، معیار و چارچوب آسیب پذیری به این منظور مناسب است (56). مفهوم آسیب پذیری بوم شناختی، بیانگر ظرفیت تطبیقی و حساسیت بوم‌نظام به آشفتگی می‌باشد و جهت تعیین توانایی یک بوم‌نظام برای باقی ماندن در وضعیت بالاتر از آستانه بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، زمان مناسب استفاده از این مفهوم، مرحله قبل از مرحله بحرانی می‌باشد (شکل 3 د). در واقع، رشد روز افزون مطالعه های و افزایش تقاضا برای عملکرد و خدمت‌های بوم‌نظام ها بیانگر این است که مدیریت و تصمیم گیری در مورد بوم‌نظام ها بر اساس توان آسیب پذیری آن ها امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (24). مفهوم نیرومندی بوم شناختی، بیانگر توانایی بوم‌نظام در حفظ شرایط آرمانی خود در یک محدوده باریک و تنظیم دقیق نوسان های ساختاری و عملکردی خود جهت بروز بهترین کارکرد بوم‌نظام می‌باشد و زمان مناسب استفاده از این معیار، دو مرحله قبل از مرحله بحرانی می‌باشد. نیرومندی بوم شناختی نیز در طراحی و تدوین استراتژی های بهینه برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل 3 ج).

### بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج و مدل مفهومی حاصله، توان و قدرت تحمل بوم‌نظام با افزایش فشار و آشفتگی ها کاهش یافته و به ترتیب در مراحل نیرومندی، آسیب پذیری و برگشت پذیری بوم شناختی قرار می‌گیرند. استفاده از این معیارها مستلزم تشریح صریح چگونگی انتخاب آستانه ها ، هدف ها و مقیاس های زمانی و مکانی مورد نظر می‌باشد. در استفاده از این مفهوم ها قبل از هر چیز می‌بایست آستانه مرجع تشریح شود. در مورد برگشت پذیری، آستانه به پویایی بوم‌نظام وابسته بوده و معمولا با توجه به سری زمانی تغییر های بوم شناختی مدل سازی می‌شود (19، 31، 47، 52، 62). مفهوم برگشت پذیری بوم شناختی جهت تشریح خطر از دست دادن توانایی بازیابی بوم‌نظام استفاده می‌شود و این به معنی بازیابی و رسیدن به حالت تعادل بوم‌نظام است و دارای کاربرد وسیع در زمینه های مدیریت، حفظ و احیاء بوم‌نظام ها به ویژه بوم‌نظام های آسیب دیده می‌باشد. یک بوم‌نظام دارای وضعیت های چند گانه به ندرت دارای تعادل یگانه بوده و با ورود آشفتگی های محیطی و مدیریتی به ندرت در حالت تعادل پایدار قرار می‌گیرد. همچنین از این مفهوم جهت واکاوی شبکه های بوم شناختی - اجتماعی در مواقعی که کاهش خود احیایی شبکه قابل توجه است، استفاده می‌شود. زمان مناسب استفاده از مفهوم برگشت پذیری، مرحله بحرانی بوم‌نظام (آستانه انتقال به حالتی نامطلوبتر) است و نیاز به مدل سازی دارد. مفهوم آسیب پذیری بوم شناختی، بیانگر ظرفیت تطبیقی و حساسیت بوم‌نظام به آشفتگی می‌باشد و جهت تعیین توانایی یک بوم‌نظام برای باقی ماندن در وضعیت بالاتر از حد آستانه بحرانی و واکاوی شبکه های بوم شناختی - اجتماعی در مواقعی که کاهش خود احیایی شبکه قابل توجه نبوده و تغییرهای چندانی نداشته باشد و هنگام انجام مطالعه های مقایسه ای بر پایه ویژگی ها و شاخص‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان مناسب استفاده از مفهوم آسیب پذیری، مرحله قبل از مرحله بحرانی می‌باشد. مفهوم نیرومندی بوم شناختی، بیانگر توانایی بوم‌نظام در حفظ شرایط آرمانی خود در یک محدوده باریک و تنظیم دقیق نوسان های ساختاری و عملکردی خود جهت بروز بهترین کارکرد بوم‌نظام می‌باشد، به عبارت دیگر نیرومندی بوم شناختی دلالت بر عدم انعطاف پذیری ندارد ، بلکه توصیف توانایی بوم‌نظام برای خلاقیت و انطباق در پیش بینی و یا در پاسخ به اختلال و آشفتگی های درونی و یا برونی می‌باشد و زمان مناسب استفاده از این مفهوم، دو مرحله قبل از مرحله بحرانی بوم‌نظام می‌باشد.

مدیران بوم‌نظام‌ها برای یک قضاوت با ارزش برای رسیدن به هدف‌های مطلوب مورد نظر، نیازمند معیارهای آسیب‌پذیری و نیرومندی بوم‌شناختی بوده و نیرومندی بوم‌شناختی را نیز با استفاده از سطح قابل قبول از تنوع زیستی تأمین می‌نمایند. اکثر اقدام‌های ممکن در بوم‌نظام در مقیاس‌های مکانی و زمانی بستگی به چگونگی وضعیت برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و نیرومندی بوم‌شناختی خواهد شد. برای مثال، برگشت‌پذیری بوم‌نظام اگر برای ده سال آینده محاسبه شود ممکن است بسیار پایین‌تر باشد نسبت به زمانی که برای 50 سال بعد محاسبه می‌شود. بنابراین، مدیران باید به صراحت مقیاس‌های زمانی و مکانی مورد نظر را تعریف و مناسب بودن آن‌ها برای پویایی بوم‌نظام را نیز مد نظر قرار دهند (برای مثال، برای در نظر گرفتن اثرهای مداخله‌های مدیریت مقیاس زمانی پنج سال ممکن است ناکافی باشد). در نهایت، در دسترس بودن داده‌ها و مدل‌های بوم‌شناختی موجب خواهد شد که بتوان در مورد امکان و چگونگی استفاده از هر یک از مفهوم‌ها و چپاچوب‌ها قضاوت نمود (شکل 3 (ب)).

با توجه به تشریح زمان و زمینه بهینه استفاده هریک از معیارها، جهت درک بهتر و آشنایی با زمینه مناسب استفاده از هریک از این معیارها در جدول (3) به چند مثال و مصداق عینی مناسب جهت کاربرد در کشور اشاره شده است.

جدول 3- چند مصداق عینی از کشور و معیار مناسب مورد استفاده جهت مطالعه، مدیریت، حفظ و احیا.

معیار مناسب	زمینه مناسب (مصداق) جهت کاربرد در بوم‌نظام‌های مرتعی کشور	برخی از مطالعه‌های انجام شده در این زمینه
برگشت‌پذیری بوم‌شناختی	آتش‌سوزی چمنزارهای مراتع کوهساری شمال غرب کشور در دهه 60 و 70.	(6)
آسیب‌پذیری بوم‌شناختی	برداشت بی‌رویه آب از منابع زیر زمینی پیرامون دریاچه ارومیه و کاهش میزان آب ورودی به این دریاچه و تخریب و نابودی بوم‌نظام‌های مرتعی حاشیه این دریاچه.	(9، 10)
آسیب‌پذیری بوم‌شناختی	فشار بالای چرای دام در ظرفیت‌های علوفه‌ای متفاوت در زاگرس از دهه 70 تاکنون.	(3، 42)
نیرومندی بوم‌شناختی	آتش‌سوزی در مراتع مشجر زاگرس در دهه 80 و 90.	(2، 7، 8)
نیرومندی بوم‌شناختی	بهره برداری شدید از محصول‌های فرعی مراتع (کتیرا، بیلهر، کرفس و غیره) از دهه 80 به بعد.	(1، 5، 11)

با توجه به مدل‌های ارائه شده واکاوی‌های خطی برای تجزیه و تحلیل واقعیت‌های شبکه‌های طبیعی مناسب نمی‌باشند و جهت تحلیل وقایع طبیعی، تلفیقی از مدل‌های تئوری و تجربی ضروری است. در بسیاری از موارد، مدل‌های بوم‌شناختی وجود نداشته و داده‌های تجربی نیز تنها یک تصویر لحظه‌ای مربوط به زمان مطالعه را در اختیار می‌گذارند. مطالعه و واکاوی دقیق برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری، یا نیرومندی بوم‌شناختی و تهیه مدل‌های مربوط به آن‌ها نیازمند مطالعه‌های در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف است. با این وجود درک مفهوم و چگونگی عمل طبیعت با توجه به برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و نیرومندی بوم‌شناختی گاهی گیج‌کننده و گنگ و مبهم بوده و همین امر موجب می‌گردد درک تمام ابعاد آن‌ها برای انسان در برخی مواقع مشکل به نظر برسد. هر یک از چپاچوب‌ها و مفهوم‌های ذکر شده دارای عملکرد منحصر به فرد و مکمل‌های خاص خود می‌باشند. با تلفیق معیارها می‌توان بوم‌نظام‌های مرتعی را بر اساس اصول مدیریت تطبیقی و چرخه و توان برگشت‌پذیری بوم‌نظام مدیریت نمود، که در این صورت علاوه بر استفاده از منابع، بوم‌نظام نیز حفظ خواهد شد (42).

## سپاسگزاری

بر خود لازم می دانیم از پروفسور Gunderson از دانشگاه Emory و همچنین پروفسور Salt از دانشگاه Stanford به خاطر راهنمایی های ایشان و ارسال برخی منابع در این زمینه تشکر و قدردانی نمائیم.

## منابع

- 1- اکبر زاده، م. و ا. سلامی. 1381. بهره برداری از محصولات فرعی مرتع (گیاهان دارویی) در مراتع بیلاقی ساری. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران شماره 7. سال 1381. صفحه 18.
- 2- باغستانی میبیدی، ن.، م. فرحپور و م. ت. زارع. 1389. اثرات آتش سوزی بر درصد پوشش گیاهی مراتع استپی ایران (مطالعه موردی در مراتع استان یزد). فصلنامه علوم محیطی 37-42: (3) 7.
- 3- خسروی مشیزی، ا.، غ. حشمتی، ع. سپهری، ح. آذرینوند. 1389. اثر شدت چرا بر فرم رویشی گونه های گیاهی در مناطق خشک. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 549: (4) 41.
- 4- سازمان جنگل ها و مراتع. 1380. کلیات طرح ملی تعادل دام و مرتع با نگرش بر منابع علوفه ای کشور. 132 صفحه.
- 5- سیف الهی، ا. ر. و ش. شفیع زاده. 1381. طرحهای مرتعداری و ضرورت حفاظت از گون گری (*Astragalus adsendens* Boiss) به عنوان میزبان پسیل مولد گز انگبین. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 14: (1) 7.
- 6- شریفی، ج. و ع. ایمانی. 1385. بررسی تأثیر آتش سوزی در تغییر های پوشش گیاهی و ترکیب گونه مراتع نیمه استپی استان اردبیل (مطالعه موردی در قرق تحقیقاتی خلخال). 517-526: (2) 59.
- 7- طهماسبی، پ. 1392. بررسی آثار تخریبی و پتانسیل های استفاده از آتش به عنوان ابزار مدیریتی پوشش گیاهی مراتع نیمه استپی. فصلنامه مرتع و آبخیزداری. 287-298: (2) 66.
- 8- عباسی، ن.، س. سلطانی و ر. جعفری. 1393. پهنه بندی پتانسیل آتش سوزی جنگل ها و مراتع با استفاده از شاخص خشکی کج-بایرام (مطالعه موردی: استان اصفهان). مجله بوم شناسی کاربردی. 53-62: (10) 3.
- 9- ناصری، ح.، ر. آدینه وند و ع. صلوی تبار. 1392. استفاده از روش پویایی سیستم در پیش بینی رفتار و تعیین بهره برداری مجاز از آبخوان دشت تبریز. نشریه علوم دانشگاه خوارزمی. 937-950: (4) 13.
- 10- نخعی، م.، خ. محمدی و ح. رضایی. 1393. پهنه بندی مدل عددی برداشت از آبخوان با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی آبخوان ساحلی ارومیه). مجله تحقیقات منابع آب ایران. 93-94: (2) 2.
- 11- وهابی، م.، م. بصیری، م. مقدم و ع. معصومی. 1385. تعیین موثرترین شاخص های رویشگاهی برای ارزیابی گون زار های کتیرایی استان اصفهان. فصلنامه تحقیقات منابع طبیعی ایران. 1013-1020: (4) 59.
12. Allen, C.R., and C.S. Holling. 2010. Novelty, adaptive capacity, and resilience. *Ecol. Soc.* 15(3):24.
13. Anderies, J.M., M.A. Janssen and E. Ostrom. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecol. Soc.* 9:18.
14. Adger, W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environ. Change* 16:268-281.
15. Allison, E.H., Perry, A.L., Badjeck M.C., Neil Adger, W., Brown, K., Conway, D., Halls A.S., Pilling, G.M., Reynolds, J.D., Andrew, N.L., et al. 2009. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish Fish* 10:173-196.

16. Antle, J., S. Capalbo, E. Elliott and K. Paustian. 2004. Adaptation, spatial heterogeneity, and the vulnerability of agricultural systems to climate change and CO<sub>2</sub> fertilization: an integrated assessment approach. *Clim. Change* 64: 289-315.
17. Brand, F.S. and K. Jax. 2007. Focusing the meaning (s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object. *Ecol. Soc.* 12:23.
18. Brussard, P.F., J.M. Reed, and C.R. Tracy. 1998. Ecosystem management: what is it really? *Landscape Urban Plan.* 40:9-20.
19. Carpenter, S.R., D. Ludwig and W.A. Brock. 1999. Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change. *Ecol. Appl.* 9:751-771.
20. Carlson, J.M. and J. Doyle. 2002. Complexity and robustness. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* 99:2538-2545.
21. Conway, G. 1993. Sustainable agriculture: the trade-offs with productivity, stability and equitability. In *Economics and Ecology, New Frontiers and Sustainable Development*, ed. EB Barbier, pp. 57–68. Chapman & Hall, London, UK.
22. Cinner, J.E., T.R. McClanahan, N.A.J. Graham, T.M. Daw, J. Maina, S.M. Stead, A. Wamukota, K. Brown and O. Bodin. 2012. Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environ. Change* 2012, 22:12-20.
23. DiGiano, M.L. and A.E. Racelis. 2012. Robustness, adaptation and innovation: forest communities in the wake of Hurricane Dean. *Appl. Geogr.* 33:151-158.
24. Daily, G.C., S. Polasky, J. Goldstein, P.M. Kareiva, H.A. Mooney, L. Pejchar, T.H. Ricketts, J. Salzman and R. Shallenberger. 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Front. Ecol. Environ.* 7:21-28.
25. Eakin, H. and A.L. Luers. 2006. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Ann. Rev. Environ. Resour.* 31:365-394.
26. Fussler, H. M., Klein R.J.T. 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Clim. Change* 75:301-329.
27. Gallopin, G.C. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environ. Change* 16:293-303.
28. Gunderson, L.H. and C.S. Holling. 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington D.C.
29. Gunderson L. H. 2000. Ecological resilience - in theory and application. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 31:425-439.
30. Hastings, A. 2010. Timescales, dynamics, and ecological understanding. *Ecology* 91:3471-3480.
31. Hirota, M., M. Holmgren, E.H. Van Nes and M. Scheffer. 2011. Global resilience of tropical forest and savanna to critical transitions. *Science* 334:232-235.

32. Holechek, J.L., R.D.H, Pieper and C.H. Herbel, 2004. Range Management, Principal and Practices. 5th Edition. Prentice-Hall. Publication, 599 p.
33. Holling, C.S. 1996. Engineering resilience versus ecological resilience. In Engineering within Ecological Constraints. P. Schulze (Ed.). National Academy Press 31-44.
34. Holling, C.S. 1937. Resilience and stability of ecological systems. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4:1-23.
35. Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes *et al.* 2001 .Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. Science 293:629-638.
36. Janssen, M.A., J.M. Anderies and E. Ostrom. 2007. Robustness of socialecological systems to spatial and temporal variability. Soc. Nat. Resour. 20:307-322.
37. Levin, S.A., Lubchenco J. 2008. Resilience, robustness, and marine ecosystem-based management. Bioscience 58:27-32.
38. Luers, A.L., D.B. Lobell, L.S. Sklar, C.L. Addams and P.A. Matson. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. Global Environ. Change 13:255-267.
39. Luers, A.L. 2005. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. Global Environ. Change 15:214-223.
40. Maynard, J.A., P.A. Marshall, J.E. Johnson and S. Harman. 2010. Building resilience into practical conservation: identifying local management responses to global climate change in the southern Great Barrier Reef. Coral Reefs. 29:381-391.
41. McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
42. Moradi, E. and G.H. Heshmati. 2013. A. Make adaptive ecological resilience, the best strategy for the sustainable product and conservation of rangelands. The 1st International Conference of YALE- IRAN. Isfahan University of Technology.
43. Moradi, E and G.H. Heshmati. 2013. Ecological resilience in rangeland landscapes. The 1st International Conference of IALE Iran. Isfahan University of Technology, Iran.
44. Moradi, E. and G.H. Heshmati. 2014. Investigation of ecological resilience and rangeland ecosystem dynamic conditions with use of differential equations. The 1st International Conference of Naturan Resource Management, Gonbade Kavoods University.
45. Millerl, C.J. and C.S. Fletcher. 2012. Applying resilience theory in rangelands management. Aust. Rangeland Soc. 5 p.

46. Mumby, P.J., R.S. Steneck and A. Hastings. 2013. Evidence for and against the existence of alternate attractors on coral reefs. *Oikos* 122:481-491.
47. Mumby, P.J., A. Hastings and H.J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450:98-101.
48. Mumby, P.J., C. Iliana, B. Yves-Marie and H.W. Nicholas. 2014. Ecological resilience, robustness and vulnerability: how do these concepts benefit ecosystem management? *Current Opinion Environ. Sustain.* 7:22–27.
49. Nyström, M., C. Folke and F. Moberg. 2000. Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Trends Ecol. Evol.* 15:413-417.
50. Obura, D. and G. Grimsditch. 2009. Resilience Assessment of Coral Reefs: Assessment Protocol for Coral Reefs, Focusing on Coral Bleaching and Thermal Stress. IUCN.
51. Pratchett, M.S., P.L. Munday, N.A.J. Graham, M. Kronen, S. Pinca, K. Friedman, T.D. Brewer, J.D. Bell, A.J. Wilson, J.E. Cinner et al. 2011. Vulnerability of coastal fisheries in the tropical Pacific to climate change. In *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*. J.D. Bell, J.E. Johnson, A.J. Hobday (Eds.). Secretariat of the Pacific Community 493-576.
52. Peterson, G.D. 2002. Estimating resilience across landscapes. *Ecol Soc*, 6:17.
53. Petchey, O.L., A.L. Downing, G.G. Mittelbach, L. Persson, C.F. Steiner, P.H. Warren and G. Woodward. 2004. Species loss and the structure and functioning of multitrophic aquatic systems. *Oikos*, 104:467-478.
54. Pimm S.L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307:321-326.
55. Price A., M. Keeling and I. Stewart. 2007. A robustness metric integrating spatial and temporal information: application to coral reefs exposed to local and regional disturbances. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 331:101-108.
56. Rodrigues A.S.L., R.M. Ewers, L. Parry, C. Souza, A. Verissimo and A. Balmford. 2009. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. *Science* 324:1435-1437.
57. Sathaye, J. and S. Meyers. 1995. Greenhouse gas mitigation assessment: A guidebook. Kluwer Academic Publishers, AH Dordrecht, the Netherlands.
58. Schroter D., W. Cramer, R. Leemans, I.C. Prentice, J. M.B. Arau, N.W. Arnell, A. Bondeau, H. Bugmann, T.R. Carter, C.A. Gracia et al. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310:1333-1337.
59. Scheffer M. and S.R. Carpenter 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends. Ecol. Evol.* 18:648-656.

60. Tallis H. and S. Polasky. 2009. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. In: The Year in Ecology and Conservation Biology. Ostfeld R.S. and Schlesinger W.H. (Eds.) 1162:265-283.
61. Turner B.L., R.E. Kasperson, P.A. Matson, J.J. McCarthy, R.W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, J.X. Kasperson, A. Luers, M.L. Martello *et al.* 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100:8074-8079.
62. Walker, B. and D. Salt. 2006. Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Washington, DC: Island Press.
63. Walker, B.H., D. Ludwig, C.S. Holling and R.M. Peterman. 1981. Stability of semi-arid savanna grazing systems. J. Ecol. 69:473-498.
64. White, G.F. 1974. Natural hazards research: concepts, methods, and policy implications. Natural Hazards: Local, National, Global. New York: Oxford University Press, 3-16.

## **Description of Ecological Resilience, Vulnerability and Robustness Concepts in Rangeland Ecosystems Management**

**E. Moradi<sup>1</sup>, G.A. Heshmati and A.A. Dehghani<sup>2</sup>**

Rangeland ecosystem management is encountered with potentially confusing terminology of resilience, robustness and vulnerability. This study was aimed to identify the concepts and uses of these terminologies. For the analysis of these defined concepts and their applications used to manage rangeland ecosystems, suitable background for each of them was searched and some examples are given for Iran. According to the results, with increasing the disturbance ecosystem into operation situated in the robustness, vulnerability and resiliency of ecological position. Ecological resilience is useful when ecosystems risk losing the ability to recover and requires system modeling, and disaster step is the suitable time for using of this criterion. Also, this concept used for analysis of ecological-social networks when reducing the network self adaptation capacity. Ecological vulnerability can either be quantitative, measuring the ability of a system to remain above a critical threshold and used to evaluate the exposure of ecosystem to disturbance and attributes that confer adaptive capacity and sensitivity to disturbance. Vulnerability is very well to assessments of coupled social-ecological systems. Ecological robustness measures the ability of ecosystem to maintain itself within a narrow range of function and is ideally suited to problems that require careful setting of upper and lower bounds for ecosystem properties, such as optimal yield, and one step before than disaster the suitable time for using of this criterion. Ecological robustness is defined as the capacity of ecosystem to maintain a desired state despite fluctuations in the behavior of its component parts or its ecosystems, and two steps before than disaster the suitable time for using of this criterion. In other means, a strong ecological implications of the lack of flexibility, it also describes the ability of ecosystems for innovation and adaptation in anticipation of or in response to internal or external disturbance and turmoil is the right time to use this concept, two before the environment is critical.

**Key words:** Natural ecosystems management, Resilience, Robustness, Vulnerability.

---

1. Corresponding author, Email: moradiezat4@gmail.com.

2. Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Gorgan University, Gorgan, I.R. Iran, respectively.