

مقدمه

منابع طبیعی جز سرمایه‌های هر کشوری است. با این حال امروزه، بهره‌برداری‌های نامناسب از منابع طبیعی از جمله استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، شیوه‌های ناکارآمد آبیاری، کمبود آب شیرین و سالم [۴]، تخریب اراضی [۳۳]، تشدید شهرنشینی، جنگل‌زدایی، حذف پوشش گیاهی و جایگزینی آن با سطوح غیرقابل نفوذ [۱، ۲۲ و ۳۴]، منجر به افزایش بحران‌های محیط‌زیستی شده است. در همین راستا با افزایش شدت تخریب منابع طبیعی در دهه‌های اخیر در جهان و افزایش سطح آگاهی مردم، ارزیابی پایداری بوم‌سازگان‌ها^۴ به یکی از اولویت‌ها و دغدغه‌های اصلی پژوهش‌گران و مدیران در سراسر جهان در راستای دستیابی به اهداف مدیریت سازگار^۵ تبدیل شده است [۲۳]. پژوهش‌گران سنجش و پایش مداوم پایداری بوم‌سازگان را لازمه استفاده پایدار از منابع طبیعی بیان می‌کنند [۴۳]. از همین رو در سال‌های اخیر ارزیابی پایداری بوم‌سازگان‌های مختلف و از جمله پایداری حوزه آبخیز در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی پیشرفت چشم‌گیری داشته است. به‌عنوان مثال پژوهش‌های مختلفی با اهداف مختلف از جمله ارزیابی پایداری شبکه‌های ذاتی^۶ [۲۴ و ۳۶]، ساختار و فرآیندهای بوم‌سازگان [۴۳]، چارچوب‌های چند مقیاسی انجام شده است [۴۰ و ۴۱]. مانایی^۷ بوم‌سازگان مفهومی پیچیده است و تاکنون تعریف دقیقی از آن ارائه نشده است [۳۲]. در عین حال، مانایی بوم‌سازگان مفهومی چندبعدی و پیچیده است که روابط متعددی با تنوع زیستی^۸ دارد [۱۴ و ۱۹]. این پیچیدگی به دلیل تعدد مفاهیم مانایی در بوم‌شناختی و کاربرد یکسان این مفاهیم در موضوعات مختلف بوم‌سازگان‌های طبیعی به وجود آمده است [۲۵] وجود تعاریف و مفاهیم گوناگون سبب مطرح‌شدن چندین سؤال عمده در مورد بازیابی^۹ پس از یک اختلال می‌شود. از جمله این پرسش‌ها می‌توان به امکان بازگشت بوم‌سازگان به حالت اولیه و موضوعاتی از قبیل سرعت و تکامل بازیابی و هم‌چنین مسیر بهبودی بعد از اختلال اشاره کرد. این سؤالات را می‌توان با بررسی ویژگی‌های مختلف تاب‌آوری^{۱۰} روشن کرد [۱۱]. در این راستا در چند دهه اخیر به‌منظور افزایش پایداری بوم‌سازگان‌ها، زمینه طرح

مفهوم و ضرورت رویکرد مانایی آبخیز

حامد بیگی^۱، سیدحمیدرضا صادقی^{۲*}، مهدی وفاخواه^۳، وحید موسوی^۳
و مایکل مائکر^۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۱۰/۰۹

DOI: 10.22034/WMJ.2024.2045207.1088

چکیده

اگرچه وضعیت سلامت و پایداری حوزه آبخیز برآمده از معیارهای مرتبط تا حد زیادی بررسی شده است، لکن مانایی حوزه آبخیز در یک وضعیت مشخص از سلامت و پایداری حوزه آبخیز به مفهوم برجایی یک بوم‌سازگان در یک حالت پایدار یا ناپایدار، زیستا یا نازیستا، کثسان یا غیرکثسان برای تبیین سیاست‌های تنظیمی مدنظر قرار نگرفته است. لذا ارزیابی وضعیت حوزه آبخیز و تغییرپذیری آن در طول زمان با در نظرگیری مدت زمان ماندن در آن وضعیت خاص ضروری است که در بحث‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری‌های آینده و تبیین سیاست‌ها استفاده شود. بر این اساس، در پژوهش حاضر، مفهوم‌سازی مانایی آبخیز به‌منظور ارائه خط‌مشی‌های لازم برای مدیریت الگویی بوم‌سازگان‌های آبخیز برنامه‌ریزی شده است. با مشخص شدن وضعیت مانایی آبخیز نقاط قوت و ضعف موجود در سامانه آبخیز شناسایی و زیرآبخیزهای با مانایی‌های مختلف شناسایی خواهند شد. هم‌چنین عوامل تنش‌زا و مختل‌کننده عملکرد هر حوزه آبخیز شناسایی و با تکیه بر ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های حوزه آبخیز و اتخاذ یک رویکرد مدیریتی مناسب، مانایی حوزه آبخیز در یک شرایط پایدار بیش‌تر و بازیابی تعادل آن تسهیل خواهد شد. از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان برای بهبود سلامت و پایداری حوزه آبخیز از طریق رویکردهای مدیریتی متناسب و کاربردی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: خدمات بوم‌سازگان، مانایی بوم‌شناختی، مدل‌سازی مدیریت آبخیز، مدیریت جامع آبخیز.

- 4- Ecosystem Sustainability
- 5- Adaptive Management
- 6- Inherent
- 7- Stability
- 8- Biodiversity
- 9- Recovery
- 10- Resilience

- ۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- استاد (نویسنده مسئول) گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، رایانامه Email: sadeghi@modares.ac.ir
- ۳- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۴- Michael Maerker دانشیار گروه زمین و علوم محیطی دانشگاه پابوا، ایتالیا

موضوع مانایی بوم‌سازگان و ارتباط آن با رویکرد پایداری مورد توجه قرار گرفته است [۷]. این امر ضرورت مفهوم‌سازی مانایی آبخیز و ارزیابی مانایی برای تعیین زیرآبخیزهای اولویت‌دار برای انجام اقدامات مدیریتی و دستیابی به پایداری و توسعه پایدار^۱ را دوچندان می‌کند. در این راستا اگر شناخت و ارزیابی درست و جامعی از مانایی بوم‌سازگان صورت نگیرد، سبب افزایش تنش‌ها و ناهنجاری، مختل شدن عملکرد بوم‌سازگان و فاصله گرفتن از اهداف توسعه پایدار می‌شود. حدوداً ۷۰٪ تعریف مختلف بر پایه پژوهش‌های مختلف برای مفهوم مانایی و البته در موضوعات مختلف وجود دارد که بسته به کاربرد متفاوت است ولی تاکنون رویکردی جامع‌نگر و پیوسته برای ارزیابی مانایی در حوزه آبخیز انجام نشده است [۳۲]. در عین حال مفاهیم مرتبط مختلفی نیز برای مانایی ارائه شده که نمونه‌ای از این مفاهیم موضوعی در جدول ۱ خلاصه شده است. به عنوان نمونه پایداری به توانمندی سامانه در تأمین کالا و خدمات درازمدت برای آیندگان و یک برآیند طولانی مدت از فراز و نشیب‌های مقطعی و نوسانات آن اطلاق می‌شود. مقاومت^۲ بوم‌سازگان نیز به توانایی و انعطاف‌پذیری آن در برابر تأثیرات خارجی یا حداقل تغییرات ناشی از عوامل خارجی اطلاق می‌شود. حال آن‌که ثبات^۳، به معنای حداقل یا عدم تغییر در بوم‌سازگان و هم‌چنین مداومت^۴ به مفهوم تداوم یک بوم‌سازگان و یا اجزای آن در مقابل تغییرات خارجی در طول زمان است. مانایی از مفهوم بوم‌شناختی نوسانات حاکم بر تعداد گونه‌ها و تراکم جمعیت گونه‌ها سرچشمه گرفته و سپس به سایر علوم گسترش پیدا کرده است. طبق این تعریف، اغلب به عنوان عدم تغییر در برخی فراسنجه‌های یک بوم‌سازگان تعریف شده است. اگرچه این مفهوم را می‌توان برای بررسی تغییرات در سایر ساختارها و عملکردها به کار برد. مانایی یک اصطلاح و مفهوم نو است که تاکنون تعریفی مشابه تعریف پیشنهادی حاضر برای آن بیان نشده است [۳۲]. هدف از پژوهش حاضر ارائه یک مفهوم جامع و کامل بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته و کاربرد اختصاصی آن برای حوزه آبخیز است. مانایی با معانی مختلفی به مفهوم پایداری در جنبه‌های مختلف رفتار بوم‌سازگان ترکیب و پیوست شده است. در پژوهش حاضر مانایی به مفهوم ماندن و برجا بودن یک بوم‌سازگان در آن حالت است که می‌تواند مثبت یا منفی و در راستای پایداری^۵ یا ناپایداری^۶، زیستایی^۷ یا نازیستایی^۸، کشسانی^۹ یا غیرکشسانی^{۱۰} و مبتنی بر مفاهیم توصیفی در جدول ۱ باشد. لذا ممکن است شکل‌های مختلف جداگانه و ترکیبی و متناسب با سرشت و نوع موضوع از ویژگی‌های برشمرده

- 1- Sustainable Development
- 2- Resistance
- 3- Consistency
- 4- Persistency
- 5- Sustainable
- 6- Non-Sustainable
- 7- Viable
- 8- Inviabile
- 9- Elastic
- 10- Inelastic

مطرح شود و بر اساس اینکه چه ویژگی برای آن در نظر گرفته شود، دوره آن تغییر پیدا کند. به عبارت دیگر مانایی را می‌توان از طریق ویژگی‌های اندازه‌گیری شده بوم‌سازگان و کمی‌کردن پاسخ آن‌ها به اختلالات محیطی در طول زمان به دست آورد. در همین راستا با در نظرگیری این اصل که با شناخت و تعیین مانایی بوم‌سازگان‌ها، صرف نظر از اینکه مرتع، جنگل یا تالاب باشند، می‌تواند مدیریت و ادامه عملکرد کل بوم‌سازگان را تضمین کنند [۲۰]، بنابراین برای شناخت وضعیت آبخیزها و پویایی آن‌ها در برابر تنش‌ها و دستیابی به اهداف توسعه پایدار ارزیابی مانایی بوم‌سازگان یک نیاز اساسی است.

با مشخص شدن وضعیت مانایی آبخیز و اثرگذاری هر یک از معیارهای مورد ارزیابی مانایی، نقاط قوت و ضعف موجود در سامانه آبخیز شناسایی شده و حوزه‌های آبخیز باقابلیت مانایی بالا در حالت‌های مختلف شناسایی خواهند شد. تفاوت در ثبات و روند تغییرپذیری معیارهای مؤثر بر مانایی در بین زیرآبخیزها، بینش‌های ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران به منظور تدوین راه کارهای آگاهانه بوم‌شناختی و کمک به روشن‌سازی فرآیندهای زمینه‌ساز سازگاری بوم‌سازگان با تغییرات محیطی فراهم می‌کند. در نهایت این رویکرد به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا سلامت کلی و انعطاف‌پذیری بوم‌سازگان منطقه را درک کنند و توسعه برنامه‌های مدیریتی را بهبود بخشند. با تعیین وضعیت صحیح و جامع از مانایی حوزه آبخیز عوامل تنش‌زا و مختل‌کننده عملکرد هر حوزه آبخیز شناسایی و با تکیه بر ظرفیت‌های حوزه آبخیز و اتخاذ یک رویکرد مدیریتی مناسب، مانایی حوزه آبخیز در یک شرایط پایدار بیش‌تر و بازیابی تعادل آن تسهیل خواهد شد [۳۱]. بر همین اساس مانایی را می‌توان یکی از عوامل مهم در دستیابی به توسعه پایدار برشمرد، چراکه با تعیین مانایی آبخیز و افزایش آن با استفاده از رویکردهای مناسب در یک شرایط مناسب و ایده‌آل می‌توان علاوه بر مدیریت و برطرف کردن مشکلات موجود، نیازهای گروه‌داران مختلف در آن را نیز تأمین کرد.

پیشینه پژوهش

در بررسی به عمل آمده از پیشینه‌های مطالعاتی مرتبط مشخص شد که در حوضه ارزیابی پایداری در بوم‌سازگان‌های مختلف مطالعات مختلفی صورت گرفته است [۷ و ۲۸]. در همین راستا در پژوهش ویسته^{۱۱} و همکاران [۳۷]. به مطالعه مفهوم پایداری در بوم‌سازگان‌های مختلف در نواحی متفاوت تأکید شده است. ژائو^{۱۲} و همکاران [۴۸] خدمات بوم‌سازگان و ارتباط آن با تغییر شرایط حوزه آبخیز را بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که بازدهی آب و تولید دانه به عنوان دو عامل تأثیرگذار در مانایی حوزه آبخیز می‌باشند. در پژوهشی دیگر وانگ^{۱۳} و همکاران [۴۰] به ارزیابی مانایی خاکدانه‌ها

11- Vicente
12- Zhao
13- Wang

جدول ۱. برخی از مفاهیم استفاده شده در ارتباط با موضوع مانایی آبخیز

اصطلاح انگلیسی	معادل فارسی	تعریف	مرجع
Constancy	ثبات	ثبات، به معنای حداقل تغییر در یک بوم‌سازگان (حوزه آبخیز) یا عدم تغییر در آن بوم‌سازگان است.	Wissel و Grimm [۱۱]
Resilience	تاب‌آوری	به معنای تغییر در یک بوم‌سازگان (حوزه آبخیز) توسط یک عامل خارجی و بازگشت به حالت اولیه به سبب فرآیندهای خودتنظیمی است.	Wang و همکاران [۳۹]
Elasticity	کشسانی	به توانایی بازگشت و خودتنظیمی بوم‌سازگان به حالت اولیه بعد از اختلال و آشفتگی ایجاد شده در آن اطلاق می‌شود.	Wissel و Grimm [۱۱] Sadeghi و Zabihi [۴۴]
Sustainability	پایداری	به توانمندی سامانه در تأمین کالا و خدمات درازمدت برای آیندگان و یک برآیند طولانی مدت از فراز و نشیب‌های مقطعی و نوسانات در بازسازی و حفظ ترکیب، ساختار و عملکرد بوم‌سازگان است تا نسل‌های آینده بتوانند همان خدمات بوم‌سازگانی استفاده کنند.	Kamali و Kazemi [۱۶]
Lability	تغییرپذیری	به توانایی مقاومت اجزای بوم‌سازگان در برابر عوامل خارجی و در نتیجه قدرت بازگشت به حالت اولیه اطلاق می‌شود.	Wissel و Grimm [۱۱]
Viability	زیستایی	قابلیت یک سامانه در قرارگیری در حد واسط محدود تاب‌آوری و رهاسازی است. حوزه آبخیز زمانی زیستاست که بتواند پس از تحمل فشارهای وارده نسبت به بازیابی خود اقدام و دوباره به محدوده تاب‌آوری بازگردد.	Sadeghi و Bahlakeh [۵]
Persistence	مداومت	زمان تداوم یا بقای یک بوم‌سازگان و یا اجزای آن در مقابل تغییرات خارجی در طول زمان است.	Ding و همکاران [۷]

دامنه زیست یا برگشت‌پذیر با یک حوزه آبخیز دیگر به سبب شرایط حاکم بر آن‌ها قطعاً متفاوت خواهد بود [۳، ۱۷، ۴۵]. در مورد مانایی بوم‌سازگان نیز وایت^۳ و همکاران [۳۸]، مانایی در مقیاس وسیع با داده‌های اقلیمی را بررسی کردند. در پژوهش مذکور تغییرپذیری، زمان بازیابی و سرعت بازیابی داده‌های اقلیمی و تغییرات پوشش گیاهی ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات داده‌های اقلیمی بر شاخص مانایی تأثیرگذار هستند درحالی‌که تغییرات پوشش گیاهی تأثیر چندانی بر شاخص مانایی ندارد. در پژوهشی دیگر تیان^۴ و همکاران [۳۵]، به ارزیابی مانایی بوم‌سازگان یک تالاب در چین با مدل فشار-حالت-پاسخ^۵ پرداختند. نتایج نشان داد که وضعیت این تالاب در حالت هشدار اولیه است. هم‌چنین هجوم گونه‌های مهاجم، شدت استفاده از کودهای شیمیایی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مانایی تالاب تعیین شد. هم‌چنین لو^۶ و همکاران [۲۰]، با ارائه یک چارچوب مبتنی بر چشم‌انداز مانایی بوم‌شناختی دشت کینگ‌زانگ^۷ چین را بررسی کردند. یافته‌ها نشان از سطح مانایی متوسط به بالا در این حوزه آبخیز با حداقل تغییرات در سال‌های اخیر دارد. هم‌چنین عوامل اقلیمی و انسانی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده مانایی در آبخیز مذکور شناسایی شدند. در پژوهشی دیگر نیز هوانگ^۸ و همکاران [۱۳]، پاسخ‌های متفاوت مانایی بوم‌سازگان به عوامل اقلیمی و انسانی

و فرسایش‌پذیری آن‌ها در حوزه آبخیز مولیس^۱ در چین پرداختند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، در مناطق مختلف حوزه آبخیز تغییر در کاربری‌های مختلف بر مانایی عوامل تأثیرگذار بوده است و ناهم‌واری‌های سطح زمین تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر پراکنش مکانی و مانایی خاکدانه‌ها دارند. هم‌چنین یان^۲ و همکاران [۴۳]، مانایی بازدهی آب در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه‌خشک با توجه به تغییرات اقلیمی را بررسی کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تغییرات اقلیمی در بازدهی آب اثرگذار بوده و در آینده این بازدهی به‌مرور زمان کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر مواردی که در بالا ذکر شد، در درون کشور نیز پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی پایداری حوزه آبخیز صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات اسدی نیلوان و همکاران [۲]، حیرانی و همکاران [۱۲]، کاظمی و کمالی مسکونی [۱۶]، میرچولی و صادقی [۲۳] و رحیمی و همکاران [۳۰] اشاره کرد. اخیراً نیز در مورد مدل‌سازی مفهومی کشسانی و زیستایی حوزه آبخیز مطالعاتی انجام شده است [۵ و ۴۲]. در همین راستا در کشسانی حوزه آبخیز پیش‌بینی گرایش حوزه آبخیز در مقایسه با شرایط تاب‌آور و ایده‌آل باهدف دستیابی به دامنه کشسانی آبخیز مدنظر قرار می‌گیرد. در زیستایی آبخیز نیز وضعیت حوزه آبخیز در مقایسه با شرایط رهاسازی و تاب‌آور موردبررسی قرار می‌گیرد. با این حال در هیچ‌کدام از پژوهش‌های مذکور، ثبات و مانایی حوزه آبخیز در شرایط زیست و کشسان موردبررسی قرار نگرفته است. حال آن‌که ثبات حوزه آبخیز در یک

3- White
4- Tian
5- Pressure-State-Response (PSR)
6- Lu
7- Qingzang
8- Huang

1- Mollis
2- Yan

در دریاچه‌های منتهی به رودخانه یانگ‌تسه^۱ را بررسی کردند. نتایج نشان داد که فعالیت‌های انسانی بیش‌ترین تأثیر بر مانایی بوم‌سازگان را داشتند و دریاچه‌های متصل به رودخانه به‌طور قابل‌توجهی مانایی بالاتری از دریاچه‌های جداشده از رودخانه نشان دادند. علاوه بر این دی^۲ و همکاران [۶]، به ارزیابی مانایی بوم‌سازگان در منطقه کشاورزی-چراگاه‌های شمال چین به‌منظور مدیریت پایدار محلی پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش مانایی در وضعیت متوسط و فعالیت‌های انسانی، اجتماعی-اقتصادی نقش مهمی در مانایی این مناطق ایفا کردند. هم‌چنین ابعاد اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در مطالعات قبلی به‌منظور ارزیابی پایداری حوزه آبخیز مهم تلقی شده‌اند [۲۱، ۲۲، ۴۱ و ۴۷]. پژوهش‌های مختلفی نیز مانایی را با روش‌ها و لحاظ ابعاد متفاوت از جمله حیطه پایداری جامعه و پایداری منظر [۱۵، ۲۶، ۲۷ و ۳۹]، رابطه پایایی^۳ و تغییر اقلیم [۸، ۱۰، ۱۸، ۲۹ و ۴۶]، بررسی کرده‌اند.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش

بررسی پژوهش‌های صورت گرفته حاکی از آن است مفاهیم پایداری، تاب‌آوری و سلامت حوزه آبخیز در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی و با اهداف متفاوت به‌وسیله روش‌های مختلف تحلیلی-توصیفی، مدل‌سازی، تحلیل داده‌های سنجش‌ازدور، بررسی خدمات بوم‌سازگان و ویژگی‌های مؤثر و روابط کمی و کیفی حاکم بر آن بوم‌سازگان ارزیابی شده است. هم‌چنین درباره مانایی بوم‌سازگان پژوهش‌هایی انجام شده است [۲۰ و ۳۸] که تنها متغیرهای اقلیمی و مانایی چشم‌انداز را بررسی کردند که نیازمند جامعیت می‌باشند. از سوی دیگر بررسی پژوهش‌ها نشان داد تاکنون روش مشخصی برای تعیین معیارهای اثرگذار بر مانایی وجود نداشته و غالباً در مطالعات صورت گرفته از ویژگی‌های تاب‌آوری، مقاومت، عدم‌تغییر و ثبات و پایداری به‌عنوان مانایی استفاده شده است. حال آن‌که هرکدام از موارد ذکرشده بالا دارای ویژگی‌های متفاوت‌اند. هم‌چنین تاکنون پژوهشی درباره مانایی با لحاظ سلامت، زیستایی و کشسانی حوزه آبخیز گزارش نشده است. از این‌رو در پژوهش حاضر، مدل‌سازی مفهومی مانایی آبخیز باهدف سنجش توانایی یک سامانه و مانایی و برجایی آن با در نظرگیری ابعاد سیاسی، محیطی، بوم‌شناختی، اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی برنامه‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

در مفهوم‌سازی رویکرد مانایی در مقیاس حوزه آبخیز ابتدا عوامل طبیعی و انسانی مؤثر در نظر گرفته می‌شود و زیر ابعاد این دو دسته عوامل مشخص خواهند شد که شامل ابعاد مختلف سیاسی، محیطی، بوم‌شناختی، اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی است. پس از نرمال‌سازی معیارهای مورد مطالعه و وزن‌دهی رابطه معیارها در

هر زیرآبخیز و چگونگی تغییر آن‌ها با زمان با به‌کارگیری رگرسیون منطقی^۴ محاسبه خواهد شد. اگر معیاری در طول دوره مطالعاتی مانا باشد مقدار یک و اگر نامانا باشد مقدار آن صفر است. سپس از تجمیع احتمال مانایی در هر زیرآبخیز، پراکنش مکانی وضعیت مانایی کل حوزه آبخیز با استفاده از روش ترکیب حداکثر ارزش^۵ تعیین می‌شود. در این روش چندین تصویر یا مجموعه داده، سلول به سلول مقایسه می‌شوند و بالاترین مقدار از هر سلول مربوطه در تصویرهای ورودی برای ایجاد یک تصویر ترکیبی انتخاب می‌شود. در مرحله بعد روند هر معیار در طول دوره مطالعاتی با به‌کارگیری رگرسیون خطی^۶ تعیین و در پایان وضعیت حوزه آبخیز و تأثیرگذاری معیارهای سنجش مانایی بررسی و تأثیرگذارترین معیارها در جهت بهبود وضعیت زیرآبخیزها مشخص و تعیین می‌شوند [۲۰].

ضرورت رویکرد مانایی در مدیریت حوزه‌های آبخیز

بررسی وضعیت حوزه آبخیز با استفاده از رویکرد مانایی می‌تواند بسیار مفید و سودمند باشد. این رویکرد عملکرد و کارایی حوزه آبخیز در ارتباط با سایر مفاهیم مهم در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز از قبیل سلامت، زیستایی، تاب‌آوری، کشسانی و سایر مفاهیم را ارزیابی و یک دیدگاه از وضعیت حوزه آبخیز، تنش‌ها و نقطه‌ضعف‌ها و هم‌چنین نقاط قوت ارائه می‌کند. بر همین اساس این رویکرد چارچوب مفهومی جامعی است که می‌توان با تکیه بر منابع و ظرفیت‌ها و هم‌چنین روش مقابله صحیح با تنش‌ها، در ساماندهی، بازیابی تعادل و پایداری حوزه‌های آبخیز نقش مهمی را ایفا کند و یک زیربنا در ارزیابی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز باشد [۱]. شکل ۱ مفهوم‌سازی مانایی آبخیز را نشان می‌دهد.

بر این اساس ضرورت مفهوم‌سازی مانایی آبخیز و ارزیابی آن برای تعیین زیرآبخیزهای اولویت‌دار برای انجام اقدامات مدیریتی و دستیابی به پایداری و توسعه پایدار را دوچندان می‌کند. از سوی دیگر با شناخت زیرآبخیزهایی که وضعیت ناسالم و تخریب‌شده دارند و به‌عنوان زیرآبخیز نامانا و ناسالم طبقه‌بندی شده‌اند امکان مدیریت آن‌ها بهتر فراهم می‌شود. در همین راستا با مدیریت جامع حوزه آبخیز، ضمن توجه به مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی، با برنامه‌ریزی و اقدامات مدیریتی در راستای توسعه پایدار به بهبود شرایط کمک نمود. با این شرایط حوزه‌های آبخیز ضمن برخورداری از پایداری مطلوب، حداکثر کارایی و بهره‌وری از لحاظ شرایط محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی را خواهند داشت [۹].

نتیجه‌گیری

پایداری بوم‌سازگان در سال‌های اخیر به سبب تشدید تخریب منابع طبیعی در کل جهان و هم‌چنین بالا رفتن آگاهی مردم، به یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌مداران و تصمیم‌گیران در جهت

4- Logistic Regression

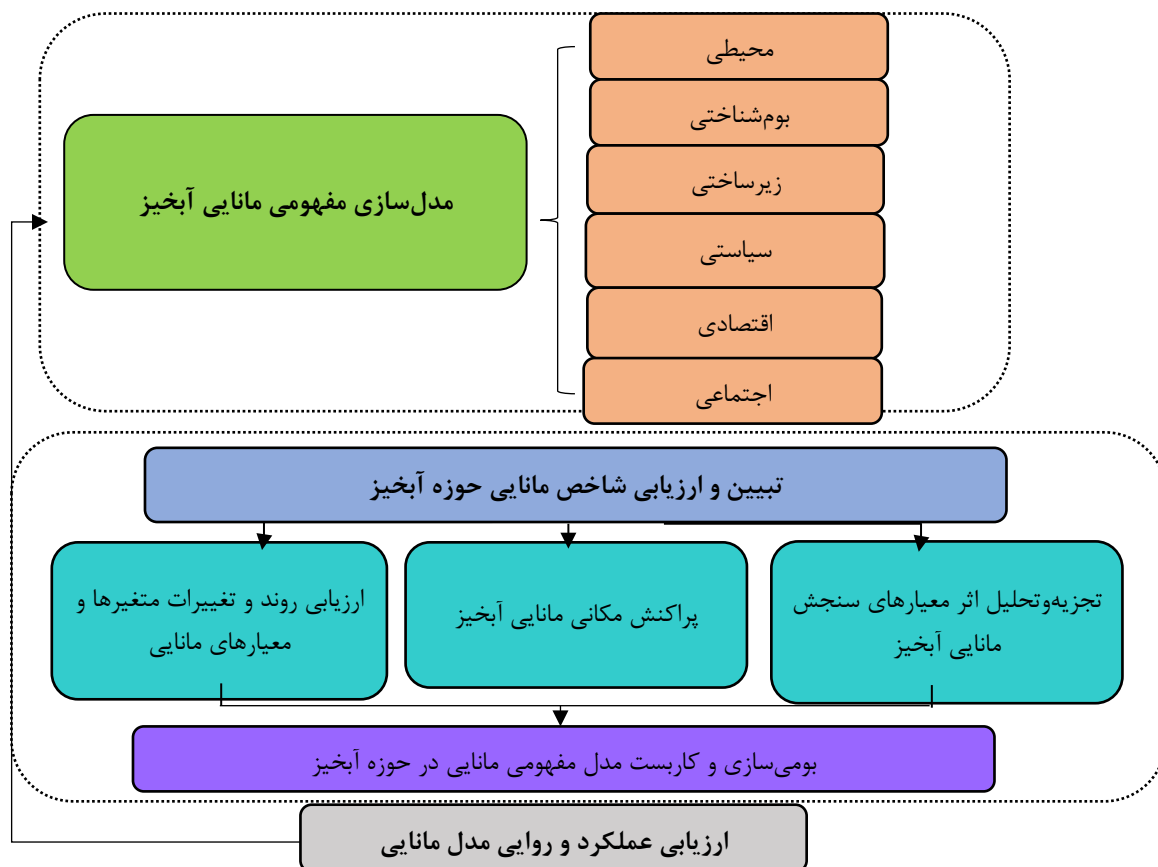
5- Maximum Value Composite (MVC)

6- Linear Regression

1- Yangtze

2- Dai

3- Reliability



شکل ۱: نمودار جریانی و روند مدل‌سازی مفهومی مانایی آبخیز

Amiri, Gh.A., and Nazari Samani, A.A. 2015. Comparison of two methods of IUCN and watershed, Range and Forest Management in Assessing Watershed Sustainability (Case Study: Talleghan-Zeidast). *Watershed Management Research*, 6 (11):73-89 (In Persian).

3- Aktan, A. E., Brownjohn, J. M. W., Moon, F. L., Sjoblom, K. J., Bartoli, I., and Karaman, S. G. 2022. Civil engineer for urban livability, sustainability and resilience. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 7(5): 480-491.

4- Bagheri-Gavkosh, M., Hosseini, S. M., Ataie-Ashtiani, B., Sohani, Y., Ebrahimian, H., Morovat, F., and Ashrafi, S. 2021. Land subsidence: A global challenge. *Science of the Total Environment*, 778: 146193.

5- Bahlekeh, M., and Sadeghi, S.H.R., 2023. Watershed Viability: Concept and Necessity, *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 11(40): 15-21. (In Persian).

رسیدن به مدیریت سازگار مبدل شده است. با این حال، مفهوم مانایی آبخیز در یک وضعیت مشخص از سلامت، پایداری، تاب‌آوری، زیستایی و کشسانی حوزه آبخیز مدنظر قرار نگرفته است. برای واژه مانایی تعاریف مختلفی به سبب پیچیده بودن مفهوم آن و همچنین به دلیل چندبعدی بودن و کاربرد گسترده در علوم مختلف وجود دارد. مانایی به مفهوم ماندن و برجایی یک بوم‌سازگان در یک حالت پایدار یا ناپایدار، زیست‌نازیستا، کشسان یا غیرکشسان است که این مفهوم برای تبیین سیاست‌های تنظیمی، مدیریتی و بهبود کارایی و بهره‌وری آبخیز ضروری است. از همین رو در برنامه‌های مدیریتی پیش رو و ارزیابی‌های آینده، پیشنهاد می‌شود رویکرد مانایی حوزه‌های آبخیز به دلیل کارایی، جامعیت و به‌عنوان یک رویکرد نوین عملیاتی در دستور کار سیاست‌مداران، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

منابع

1- Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., and Armin, M. 2019. A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on energy and economic analyses. *Cleaner Production*, 226 (20): 1051-1066.

2- Asadinilvan, A., Mohsenisaravi, M., Zahedi

Slovenica, 61(1): 57-74.

16- Kazemi, M., and Kamali Maskooni, E. 2018. The Evaluation of the Watershed Sustainability Based on HELP Method (case study: Beheshte Gomshodeh Basin, Fars Province). *Extension and Development of Watershed Management*, 6(22): 7-18. (In Persian).

17- Kutty, A. A., Wakjira, T. G., Kucukvar, M., Abdella, G. M., and Onat, N. C. 2022. Urban resilience and livability performance of European smart cities: A novel machine learning approach. *Journal of Cleaner Production*, 378, 134203.

18- Liu, P., Chi, Y., Chen, J., and Zhou, L. 2023. Global climate regulates dimensions of terrestrial ecosystem stability. *Ecosphere*, 14(6): e4577.

19- López-Villalta, J. S. 2008. A metabolic view of the diversity–stability relationship. *Journal of theoretical biology*, 252(1): 39-42.

20- Lü, D., Lü, Y., Gao, G., Sun, S., Wang, Y., and Fu, B. 2024. A landscape persistence-based methodological framework for assessing ecological stability. *Environmental Science and Ecotechnology*, 17, 100300.

21- Marti, L., and Puertas, R. 2020. Assessment of sustainability using a synthetic index. *Environmental Impact Assessment Review*, 84, 106375.

22- Mehdi, B., Ludwig, R., and Lehner, B. 2015. Evaluating the impacts of climate change and crop land use change on streamflow, nitrates and phosphorus: a modeling study in Bavaria. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4: 60-90.

23- Mirchooli, F., and Sadeghi, S. H. 2019. Comparative Analysis of Watershed Health and Sustainability (Technical Note. *Journal of Water and Sustainable Development*, 5(2): 163-168 (In Persian).

24- Mougi, A. 2020. Coupling of green and brown food webs and ecosystem stability. *Ecology and Evolution*, 10(17): 9192-9199.

25- Orians, G. H. 1975. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In *Unifying Concepts in Ecology: Report of the plenary sessions of the First international congress of ecology*, The Hague, the Netherlands, September 8–14, 1974 (pp. 139-150). Dordrecht: Springer Netherlands.

6- Dai, L., Tang, H., Pan, Y., and Zhang, L. 2024. Assessment of ecosystem stability in the Agro-pastoral transitional zone for local sustainable management: A case study in Duolun County, northern China. *Ecological Indicators*, 162, 112018.

7- Ding, H., Yuan, Z., Yin, J., Shi, X., and Shi, M. 2023. Evaluating ecosystem stability based on the dynamic time warping algorithm: A case study in the Minjiang River Basin, China. *Ecological Indicators*, 154, 110501.

8- Fang, J., Piao, S., Tang, Z., Peng, C., and Ji, W. 2001. Interannual variability in net primary production and precipitation. *Science*, 293(5536): 1723-1723.

9- Forster, J., Barkmann, J., Fricke, R., Hotes, S., Kleyer, M., Kobbe, S., and Wittmer, H. 2015. Assessing ecosystem services for informing land-use decisions: a problem-oriented approach. *Ecology and Society*, 20(3): 1-19.

10- Geng, S., Shi, P., Song, M., Zong, N., Zu, J., and Zhu, W. 2019. Diversity of vegetation composition enhances ecosystem stability along elevational gradients in the Taihang Mountains, China. *Ecological Indicators*, 104: 594-603.

11- Grimm, V., and Wissel, C. 1997. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. *Oecologia*, 109: 323-334.

12- Heirany, A., Behzadfar, M., Alaei, N., and Hazbavi, Z. 2022. Ecological Sustainability Assessment in the Tutli Watershed, North Khorasan Province. *Geography and Environmental Studies*, 11(42): 152-169. (In Persian).

13- Huang, Y., Chen, X. S., and Zhu, L. 2024. Differential responses of ecosystem stability to climatic and anthropogenic factors in connected and isolated lake basins on the Yangtze River. *Journal of Environmental Management*, 359: 121014.

14- Ives, A. R., and Carpenter, S. R. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 317(5834): 58-62.

15- Józwiak, J., and Dymek, D. 2021. Spatial diversity of ecological stability in different types of spatial units: Case study of Poland. *Acta geographica*

Site. Land. 11(4): 564

36- Vallina, S. M., and Le Quéré, C. 2011. Stability of complex food webs: resilience, resistance and the average interaction strength. *Journal of Theoretical Biology*, 272(1): 160-173.

37- Vicente-Serrano, S. M., Gouveia, C., Camarero, J. J., Beguería, S., Trigo, R., López-Moreno, J. I., and Sanchez-Lorenzo, A. 2013. Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(1): 52-57.

38- White, H. J., Gaul, W., León-Sánchez, L., Sadykova, D., Emmerson, M. C., Caplat, P., and Yearsley, J. M. 2022. Ecosystem stability at the landscape scale is primarily associated with climatic history. *Functional Ecology*, 36(3): 622-634.

39- Wang, S., Cui, Z., Lin, J., Xie, J., and Su, K. 2022. The coupling relationship between urbanization and ecological resilience in the Pearl River Delta. *Journal of Geographical Sciences*, 32(1): 44-64.

40- Wang, L., Guo, M., Chen, Z., Zhang, X., Zhou, P., Liu, X., and Zhang, S. 2024. Quantifying the contributions of factors influencing the spatial heterogeneity of soil aggregate stability and erodibility in a Mollisol watershed. *Catena*, 239, 107941.

41- Yan, Y., Zhao, C., Wang, C., Shan, P., Zhang, Y., and Wu, G. 2016. Ecosystem health assessment of the Liao River Basin upstream region based on ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 36(4): 294-300.

42- Yao, R. J., Yang, J. S., Zhang, T. J., Gao, P., Yu, S. P., and Wang, X. P. 2013. Short-term effect of cultivation and crop rotation systems on soil quality indicators in a coastal newly reclaimed farming area. *Journal of Soils and Sediments*, 13: 1335-1350.

43- Yan, Y., Liu, Z., Chen, X., and Huang, L. 2024. Stability of water yield in watersheds. *Science China Earth Sciences*, 67(2): 483-496.

44- Zabihi Silabi, M., Sadeghi, S.H. R., and Vafakhah, M. 2023. Concept and Necessity of Watershed Elasticity. *Extension and Development of Watershed Management*, 10(39): 30-37.

45- Zhang, L., Godil, D. I., Bibi, M., Khan, M.

26- Parparov, A., Gal, G., and Zohary, T. 2015. Quantifying the ecological stability of a phytoplankton community: The Lake Kinneret case study. *Ecological indicators*, 56, 134-144.

27- Pennekamp, F., Pontarp, M., Tabi, A., Altermatt, F., Alther, R., Choffat, Y., and Petchey, O. L. 2018. Biodiversity increases and decreases ecosystem stability. *Nature*, 563(7729): 109-112.

28- Potter, C. S., Klooster, S., and Brooks, V. 1999. Interannual variability in terrestrial net primary production: Exploration of trends and controls on regional to global scales. *Ecosystems*, 2: 36-48.

29- Romanuk, T. N., and Vogt, R. J., Kolasa, J. 2009. Ecological realism and mechanisms by which diversity begets stability. *Oikos*, 118(6): 819-828.

30- Rahimi Haghighi, A., Ghanbari, S. A., and Asgharipour, M. R. 2022. Assessing the sustainability of ecosystems in the Khosrow-Shirin-Abadeh watershed. *Journal of Arid Biome*, 12(1): 121-140. (In Persian).

31- Saja, A. A., Sahid, M. L., and Sutharshanan, M. 2020. Implementing Sendai Framework priorities through risk-sensitive development planning—A case study from Sri Lanka. *Progress in Disaster Science*, 5, 100051.

32- Schröter, M., Stumpf, K. H., Loos, J., van Oudenhoven, A. P., Böhnke-Henrichs, A., and Abson, D. J. 2017. Refocusing ecosystem services towards sustainability. *Ecosystem Services*, 25: 35-43.

Sadeghi, S. H., and Hazbavi, Z. 2022. Land33-degradation in Iran. In *Global Degradation of Soil and Water Resources: Regional Assessment and Strategies* (pp. 287-314). Singapore: Springer Nature Singapore.

34- Titisari Danielaini, T., Maheshwari, B., and Hagare, D. 2019. Qualitative and quantitative analysis of perceived liveability in the context of socio-ecohydrology: evidence from the urban and peri-urban Cirebon-Indonesia. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(12): 2026-2054.

35- Tian P, Cao L, Li J, Pu R, Liu Y, Zhang H, and Wang C. 2022. Ecosystem Stability Assessment of Yancheng Coastal Wetlands, a World Natural Heritage

- 48- Zhao, J., Li, J., Zuo, L., Liu, G., and Su, X. 2023. Interaction dynamics of multiple ecosystem services and abrupt changes of landscape patterns linked with watershed ecosystem regime shifts. *Ecological Indicators*, 150, 110263.
- K., Sarwat, S., and Anser, M. K. 2021. Caring for the environment: How human capital, natural resources, and economic growth interact with environmental degradation in Pakistan? A dynamic ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 774, 145553.
- 46- Zhang, Q. G., and Zhang, D. Y. 2006. Resource availability and biodiversity effects on the productivity, temporal variability and resistance of experimental algal communities. *Oikos*, 114(3): 385-396.
- 47- Zhao, L., Zha, Y., Zhuang, Y., and Liang, L. 2019. Data envelopment analysis for sustainability evaluation in China: Tackling the economic, environmental, and social dimensions. *European Journal of Operational Research*, 275(3): 1083-1095.



Abstract

Significance of Investigating Watershed StabilityH. Beigi¹, S.H.R Sadeghi^{2*}, M. Vafakhah³, V. Mousavi³, and M. Maerker⁴

Received: 2024/11/07 Accepted: 2024/12/29

Watershed health and sustainability have been oft-analyzed using related criteria. However, the concept of watershed stability, which refers to the ability of a watershed in a specific state of health and sustainability, in the sense of an ecosystem remaining in a sustainable or unsustainable, viable or non-viable, elastic or inelastic state is necessary to explain regulatory policies. Therefore, this research will focus on conceptualizing watershed stability to provide instruction and necessary policies for sound management of the watershed ecosystems. The strengths and weaknesses of the watershed system will be identified by assessing the status of watershed stability, and the sub-watersheds with various stabilities will be identified. In addition, the stress-causing and disturbing factors of each watershed will be identified. By relying on the capacities and potentials of the watershed and adopting a suitable management approach, the maintenance of the watershed will increase in a sustainable condition. Further, the recovery of its balance will be facilitated. The results of this research can be used to improve watershed health and sustainability through appropriate and practical management approaches.

Keywords: Ecosystem service, Ecological stability, Integrated watershed management, Watershed management modeling.

1. Ph.D. student of Watershed Science and Engineering, Tarbiat Modares University.

2. Professor (Corresponding author) Department of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Email: sadeghi@modares.ac.ir

3. Department of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

4. Associate Professor, Department of Earth and Environmental Sciences University of Pavia, Pavia, Italy.