نشریه
ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management
Vol. 4, No. 14, Fall 2016
سال چهارم- شماره ۱۴- پاییز ۱۳۹۵

سلامت آبخیز (قسمت اول): مدل مفهومی پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری (RRV)

سیّدحمیدرضا صادقی[1*] و زینب حزباوی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

چکیده

امروزه خطرات بسیاری سلامت زیست‌بوم‌های آبخیز را تهدید می‌کند. بر همین اساس تغییرات محیط طبیعی کره زمین ناشی از فعالیت‌های انسانی، ساختار و عملکرد زیست‌بوم‌ها را تغییر داده است. لذا ارزیابی شرایط نسبی سلامت زیست‌بوم آبخیز برای ارائه راه‌کارهای مدیریتی مناسب ضروری است. در این زمینه روش های متنوعی ارائه شده است. از آن جمله می‌توان به مدل شاخص محور و مفهومی پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری (RRV) اشاره کرد. ارزیابی و پایش سلامت زیست‌بوم با استفاده از مدل RRV علاوه بر این‌که می‌تواند هشدارهای اولیه تخریب محیط زیست را فراهم نماید، هم‌چنین می‌تواند علت مشکلات موجود را شناسایی کند. بنابراین ارزیابی و پایش سلامت زیست‌بوم آبخیز یک گام مهم و بنیادی برای حفاظت بوم‌شناختی و ارزیابی خدمات آن می‌باشد. برای کاربرد مدل RRV معیارهای متعددی بر اساس احتمالات مورد ارزیابی قرار گرفته و نهایتاً سلامت آبخیز بر اساس وضعیت ترکیب کلی آن‌ها سنجیده می‌شود. با وجود مطالعات گسترده در خصوص کاربرد مدل RRV در ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌های مختلف، کاربرد مفهومی آن در مقیاس حوزه آبخیز کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. لذا پژوهش حاضر به معرفی، کاربرد و پیشینه پژوهش این مدل در جهان پرداخته است. نتایج بررسی پیشینه موجود، دلالت بر غالبیت کاربرد مدل مذکور در تعیین سلامت مخازن آبی و سازه‌های هیدرولوژیکی داشته است. اما در سال‌های اخیر مدل RRV مورد توجه مدیران برای ارزیابی سلامت محیط‌زیست، زیست‌بوم‌های مختلف آبی، شهری و نیز حوزه‌های آبخیز قرار گرفته است. بر همین اساس کاربرد و ترویج آن در ارزیابی سلامت آبخیز به‌عنوان پیش‌نیاز مدیریت صحیح و جامع منابع آن پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، سلامت آبخیز، شاخص‌های سلامت، مدل‌های شاخص‌محور سلامت، مدیریت پایدار

مقدمه

در حال حاضر ساختار و عملکرد زیست‌بوم‌های آبخیز[3] در اثر تغییرات محیط طبیعی کره زمین ناشی از فعالیت‌های انسانی تغییر یافته است [۲]. چنان‌چه برخی از این تغییرات از آستانه حفاظتی آن‌ها عبور نماید می‌تواند باعث تخریب زیست‌بوم شود و بنابراین سلامت آن‌ها در خطر است. بنابراین اطلاع از این تغییرات برای حفظ سلامت زیست‌بوم‌های تامین‌کننده نیازهای حیاتی مورد نیاز انسان ضرورت می‌یابد. زیست‌بوم‌های طبیعی خدمات اکولوژیکی و اساسی برای حیات و توسعه بشر فراهم می‌کنند. یک زیست‌بوم سالم می‌تواند پایداری توسعه اجتماعی اقتصادی انسان را تضمین کند. لذا اطلاع تصمیم‌گیران و مدیران یک کشور در خصوص اهمیت و کاربرد روش ها و رویکردهای مختلف و مؤثر در فرآیند تصمیم‌گیری در زمینه حفظ زیست‌بوم‌های آبخیز و در ارتباط با فعالیت‌های انسانی ضروری است [۱۱].

روش ها و مدل‌های متنوعی برای ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌های مختلف توسط پژوهش‌گران حوزه محیط‌زیست و بوم‌شناختی ارائه شده است. مدل پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری (RRV)[4] از جمله مدل‌هایی است که امروزه در زمینه ارزیابی سلامت زیست‌بوم‌ها مورد توجه قرار گرفته است ولی در مجموع هنوز مراحل طفولیت خود در زمینه مدیریت جامع آبخیزها[5] را می‌گذراند. نظر به اهمیت موضوع سلامت آبخیزهای ایران و امکان بهره‌گیری از مدل و رویکرد نام‌برده در برنامه‌ریزی اقدامات مناسب مدیریتی، در پژوهش حاضر به معرفی مدل RRV و بیان تئوری و شاخص‌های مورد استفاده آن و نیز پیشینه پژوهشی مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد آن در جهان پرداخته شده است. امروزه توجه جدی به حوزه آبخیز به‌عنوان یک واحد برنامه‌ریزی و اجرا شده است. بر همین

۱- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور مازندران، ایران،نویسنده مسئول Email: sadeghi@modares.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور مازندران، ایران.

3- Watershed Ecosystems
4- Reliability-Resilience-Vulnerability (RRV)
5- Integrated Watershed Management

اساس در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، با انجام مطالعه و شناخت کامل از تمامی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در یک زیست‌بوم، انتظار می‌رود که بتوان با به‌کارگیری ابزارهای برنامه‌ریزی مناسب بر مشکلات فائق آمد. به‌همین منظور توجه به رویکردهای نوظهور از جمله ارزیابی سلامت با به‌کارگیری مدل RRV در زمینه مدیریت جامع آبخیزها ضروری می‌باشد.

تئوری مدل مفهومی پایایی- انعطاف‌پذیری- آسیب‌پذیری (VRR)

در ابتدا مدل RRV در زمینه مدیریت سامانه‌های ذخیره و مخازن[1] منابع آب توسط Hashimoto [٤] مطرح و به‌طور موفقیت‌آمیزی برای تحلیل میزان موفقیت مخازن برای ذخیره آب مورد نیاز به‌کار برده شد. این مدل بر پایه سه شاخص پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری بنا نهاده شده است. این سه شاخص به‌صورت ترکیبی به‌عنوان شاخص‌های مهم اندازه‌گیری کارایی یک سامانه محسوب می‌شوند. فلسفه و اساس این مدل بر این اصل استوار است که هر سامانه زمانی در حالت رضایت‌بخش قرار دارد که بتواند نیازهای منطقی کاربران خود را تامین نماید. شاخص‌های پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری در مدل RRV به‌شرح ذیل مورد استفاده قرار می‌گیرند [٤، ٧، ٨، ٩ و ١٠].

- شاخص پایایی (Rel)

به‌طور کلی شاخص پایایی، احتمال قرارگیری سامانه در وضعیت ایمن[2] (بدون خطر شکست) اطلاق می‌شود و با استفاده از رابطه (١) محاسبه می‌شود.

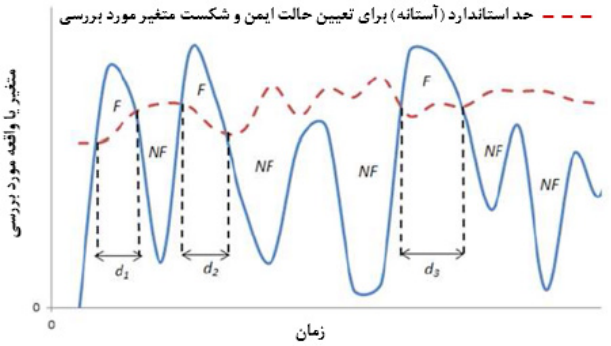
$$R_{el} = P[X_t \in S]$$ رابطه (١)

در این رابطه، R_{el} شاخص پایایی، P احتمال، X_t واقعه مورد نظر و S حالت رضایت‌بخش[3] می‌باشد. به‌همین منوال، برای یک سری معین، شاخص پایایی به‌صورت رابطه (٢) محاسبه می‌شود.

$$R_{el} = \lim_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} Z_t$$ رابطه (٢)

که در آن، n کل تعداد گام‌های زمانی بوده و Z_t با مقدار یک یا صفر نشان‌دهنده حالت قرارگیری سامانه به‌ترتیب در حالت ایمن (S یا NF) و شکست (F) است. به‌نحوی‌که اگر x_t€S باشد، Z_t برابر یک است و اگر x_t€F باشد Z_t برابر صفر می‌شود. S (NF) و F به‌ترتیب نشان‌گر حالت رضایت‌بخش یا ایمن و حالت شکست[4] است. شکل ١ نمایی کلی از مفاهیم حاکم بر مدل RRV را ارائه می‌دهد.

1- Reservoir Systems
2- Safe/Not Failed (S/NF)
3- Satisfactory
4- Failed (F)



شکل ١: نمایی کلی از قرارگیری سامانه در وضعیت ایمن (NF) و شکست (F) بر اساس مفاهیم حاکم بر مدل RRV
(d_1 تا d_3 نشان‌دهنده مدت زمان قرارگیری سامانه در حالت شکست می‌باشد)

- شاخص انعطاف‌پذیری (R_{es})

شاخص انعطاف‌پذیری (R_{es})، احتمال بازیابی یک سامانه از حالت خطر شکست به حالت ایمن در یک زمان معین را در نظر می‌گیرد. شاخص مزبور نشان می‌دهد وقتی که حالت شکست اتفاق می‌افتد، یک سامانه با چه سرعتی خود را از حالت شکست بازیابی می‌کند. انعطاف‌پذیری ممکن است نسبت متوسط بازیابی نیز تعریف و با استفاده از رابطه‌های (٣) و (٤) محاسبه شود:

$$R_{es} = \frac{\rho}{1 - R_{el}}$$ رابطه (٣)

$$\rho = P[x_t€F, x_{t+1} € S]= P[x_t€S, x_t+1€F], R_{el}R_{el}= P[x_t€S]$$ رابطه (٤)

که در روابط فوق، ρ احتمال تبدیل حالت شکست به ایمن یا بر عکس و سایر تمامی متغیرهای مورد استفاده در آن در رابطه‌های قبلی تعریف شده‌اند. بر همین اساس شاخص انعطاف‌پذیری در یک سری معین داده‌ای با استفاده از رابطه (٥) محاسبه می‌شود:

$$R_{es} = \frac{\lim_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} W_t}{\lim_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} Z_t}$$ رابطه (٥)

در این رابطه W_t نشان‌دهنده تعداد واقعه تبدیل "از حالت موفقیت به حالت شکست" یا بر عکس می‌باشد. اگر x_t€S، W_t=1 و اگر x_t€F، W_t=0 خواهد بود.

انعطاف‌پذیری هم‌چنین می‌تواند به‌صورت احتمال شرطی بازیابی از حالت شکست به‌صورت رابطه (٦) تعریف شود:

$$R_{es} = P[xt + 1€S|\ xt€F]$$ رابطه (٦)

- شاخص آسیب‌پذیری (V_{ul})

سومین شاخص مورد نظر در مدل RRV آسیب‌پذیری است که یک واحد اندازه‌گیری از شدت وضعیت خطر شکست است. به‌عبارتی یک معیار اندازه‌گیری از شدت آسیب ایجاد شده توسط یک واقعه شکست محسوب می‌شود و با استفاده از رابطه (٧)

محاسبه می‌شود.

$$V_{ul} = \sum_{j \in F} s(j)\, e(j)$$ رابطه (۷)

که در آن s(j) شاخص عددی است از شدت برای یک مشاهده x(j) که متعلق به حالت عدم موفقیت است. e(j) احتمال وقوع x(j) بر اساس s(j) می‌باشد که بیش‌ترین عدم موفقیت از مجموعه حالت‌های عدم موفقیت را شامل می‌شود. آسیب‌پذیری به‌طور معمول نشان‌دهنده درجه‌ای از آسیب است که سامانه به‌دلیل مواجه شدن با خطر تجربه می‌کند.

کاربرد مدل VRR در ارزیابی سلامت آبخیز

هر چند شاخص‌های مبتنی بر خطر پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری مورد استفاده در مدل RRV به‌عنوان شاخص‌های احتمالاتی قابل توجه هیدرولوژیست‌ها [٤ و ١٢] و اکولوژیست‌ها [٣، ٦، ١٣، ١٤ و ١٥] بوده است، اما در زمینه ارزیابی سلامت آبخیز بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. به‌همین سبب و به‌دلیل نوظهور بودن این مدل در زمینه ارزیابی سلامت آبخیز، مطالعات محدودی در این زمینه صورت گرفته است. برای نخستین بار، Hoque [٧] مدل RRV را با هدف ارزیابی سلامت آبخیز به‌کار بردند و پس از آن تنها چهار مطالعه [١، ٥، ٨ و ٩] در این مقوله انجام شده است.

Hoque [٧] با استفاده از مدل مبتنی بر شاخص‌های پایایی، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری (RRV) روشی برای ارزیابی سلامت آبخیز Indiana واقع در امریکا با توجه به داده‌های کیفیت آب رودخانه به‌روش احتمالی از وضعیت حوزه آبخیز و بر اساس آستانه‌های مورد نظر ارائه دادند. در این پژوهش الگوریتم بیزین بر اساس ماشین بردار رابطه‌ای (RVM)[1] برای کمی کردن خطاها در سری بازسازی شده به کار برده شد. آنالیز RRV نشان داد که سلامت حوزه آبخیز مذکور در معرض آفت‌کش‌ها، آمونیوم و فسفر کل قرار داشت. نتایج حاکی از این بود که روش های به کار گرفته شده در پژوهش برای ارزیابی اثرات تنش‌های مختلف در کل حوزه مفید بوده است. هم‌چنین Hoque [٨] چندین سناریوی تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر سلامت آبخیز Wildcat Creek واقع در Indiana امریکا با استفاده از شاخص‌های RRV را مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش، اثر سناریوی افزایش مقدار بارش بر شاخص‌های سلامت حوزه آبخیز منفی ارزیابی شد. سلامت حوزه آبخیز بر اساس مقدار نیتروژن کل در بعضی از سناریوهای کاربری اراضی کاهش پیدا کرد. آن‌ها اذعان داشتند که آنالیز مبتنی بر خطر در ادغام با روش های قطعی برای ارزیابی جامعی از سلامت آبخیز تحت سناریوهای مورد نظر ضروری می‌باشد. در ادامه، Hoque [٩] با هدف ارزیابی سلامت زمین‌های کشاورزی حوزه‌های آبخیز ایالات متحده، مدل RRV را به کار بردند. مطالعه با استفاده از دو روش متفاوت اندازه‌گیری مقیاس مکانی نسبت مساحت اراضی مشارکت‌کننده بالادست به مساحت مورد نیاز برای شروع کانال و روش رتبه‌بندی آبراهه به‌روش استراهلر انجام شد. نتایج حاکی از تغییرپذیری مکانی شاخص‌های مذکور و عدم تاثیر آن‌ها بر ارزیابی سلامت آبخیز مورد مطالعه در مقیاس‌های مکانی مورد مطالعه بوده است.

Chanda [١] تغییرات مکانی و زمانی طولانی مدت روند خشکی با استفاده از مدل RRV مبتنی بر شاخص مدیریت خشکسالی را بررسی کردند. فرضیه آن‌ها این بود که تخلیه رطوبت خاک در ستون افقی خاک با عملکرد مخزن تامین آب برابر است و خشکی فقط از طریق اندازه‌گیری پایایی سامانه مدیریت نمی‌شود، لکن بایستی هم‌چنین آمادگی سامانه برای برگشت از حالت خشکی به حالت نرمال نیز در نظر گرفته شود. بر همین اساس نقطه پژمردگی دائمی به‌عنوان آستانه نمایان‌گر انتقال به تنش آبی در نظر گرفته شد. ارتباط بین انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری از طریق اتصال توزیع احتمال آن‌ها با استفاده از مدل‌های اتصال Plackett برای چهار نوع خاک در سراسر هندوستان تعیین شد. اتصال عملکردهای توزیع تجمعی (CDF)[2] انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری مبنای تخمین شاخص مدیریت خشکسالی در یک سری زمانی پنج ساله در هر مکان شبکه ارزیابی شد. اخیراً، Hazbavi [٥] مدل RRV را برای ارزیابی سلامت آبخیز شازند متناسب با شرایط حاکم بر حوزه مورد مطالعه و نیز معیارهای اقلیمی و هیدرولوژیکی مفهوم‌سازی و بومی‌سازی نمودند. بر اساس نتایج این پژوهش‌گران، میانگین و انحراف معیار شاخص جامع سلامت آبخیز شازند در دوره زمانی ١٩٧٧ تا ٢٠١٤ به‌ترتیب برابر با ٠/١٦ و ٠/١١ بوده است. آبخیز شازند در وضعیت نامطلوبی از سلامت ارزیابی شده و نیز روند کاهشی شاخص جامع سلامت آبخیز در دوره مطالعاتی گزارش شده است. نحوه پایش و ارزیابی سامانه‌های مختلف و هم‌چنین انتخاب معیارهای مربوط به آن‌ها از دغدغه‌های محققان، تصمیم‌گیران و مدیران اجرایی در زیست‌بوم آبخیز در دهه اخیر بوده است. به‌همین منظور سعی شده است تا با ترکیبی از شاخص‌های نمایان‌گر عملکرد زیست‌بوم آبخیز و در نظر گرفتن معیارهای مقایسه‌ای گزینه‌های مختلف مدیریتی به ارزیابی سلامت زیست‌بوم آبخیز پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

شناسایی و طبقه‌بندی زیست‌بوم‌های سالم اهمیت و کاربرد فراوانی در مطالعات حوزه علوم منابع طبیعی دارد. در همین‌راستا با اهمیت ارزیابی سلامت آبخیز در انجام مطالعات تفصیلی-اجرایی آبخیزداری و شناسایی و طبقه‌بندی واحدهای همگن حوزه‌های آبخیز بسیار مهم است و پایه و اساس مطالعاتی مانند خاک‌شناسی، فرسایش و رسوب، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی را تشکیل می‌دهد. به‌دلیل کاهش انکارناپذیر سلامت زیست‌بوم‌های طبیعی به‌سبب دلایل مختلف و از جمله توسعه اجتماعی اقتصادی سریع در سراسر

1- Relevance Vector Machine

2- Cumulative Distribution Functions

جهان، مطالعات سلامت زیست‌بوم و ارزیابی آن در امور اجرایی بسیار حائز اهمیت است و به غنای محتوای پژوهش‌های انجام شده در زمینه بوم‌شناختی می‌افزاید. در مجموع می‌توان گفت با تکیه بر مفاهیم حاکم بر مدل مفهومی ارزیابی سلامت RRV می‌توان در مدیریت جامع آبخیزها به درک بهتر از عملکرد سامانه آبخیز و تصمیم‌گیری بهتر برای اجرای اقدامات مدیریتی کمک نمود. بر همین اساس مفهوم‌سازی کامل مدل مذکور، کاربرد و ترویج آن در بخش‌های مختلف مطالعاتی مدیریت انواع مختلف زیست‌بوم‌های آبخیز پیشنهاد و تاکید می‌شود. اگرچه تحقیقات هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار گرفته و به انجام پژوهش‌های گسترده‌تر و جامع‌تر برای دست‌یابی به الگوهای جامع نیاز می‌باشد.

منابع

1- Chanda, K., Maity, R., Sharma, A., Mehrotra, R. 2014. Spatiotemporal Variation of Long-Term Drought Propensity through Reliability-Resilience-Vulnerability based Drought Management Index. Water Resources Research.10)50): 7662–7676.

2- Clerici, N., Paracchini, M.L., Maes, J. 2014. Land-Cover Change Dynamics and Insights into Ecosystem Services in European Stream Riparian Zones. Ecohydrology and Hydrobiology, 14: 107–120.

3- Fiering, M.B. 1982. A Screening Model to Quantify Resilience. Water Resources Research, 18 (1): 27-32.

4- Hashimoto T., Loucks D.P., Stedinger J. 1982. Reliability, Resilience and Vulnerability for Water Resources System Performance Evaluation. Water Resources Research, 18(1): 14-20.

5- Hazbavi, Z., Sadeghi, S.H.R., 2016. Watershed Health Characterization using Reliability-Resilience-Vulnerability Conceptual Framework based on Hydrological Responses. Land Degradation and Development. DOI: 10.1002/ldr.2680.

6- Holling, C.S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 4: 1-23.

7- Hoque, Y.M., Tripathi, S., Hantush, M.M., Govindaraju, R.S. 2012. Watershed Reliability, Resilience and Vulnerability Analysis under Uncertainty using Water Quality Data. Journal of Environmental Management, 109: 101-112.

8- Hoque, Y.M., Raj, C., Hantush, M.M., Chaubey, I., Govindaraju, R.S. 2013. How Do Land-Use and Climate Change Affect Watershed Health? A Scenario-based Analysis. Water Quality, Exposure and Health, 6(1-2): 19-33.

9- Hoque, Y.M., Hantush, M.M., Govindaraju, R.S. 2014. On the Scaling Behavior of Reliability–Resilience–Vulnerability Indices in Agricultural Watersheds. Ecological Indicators, 40, 136–146.

10- Hoque, Y.M., Tripathi, S., Hantush, M.M., Govindaraju, R.S. 2016. Aggregate Measures of Watershed Health from Reconstructed Water Quality Data with Uncertainty. Journal of Environmental Quality, 45(2): 709-719.

11- Jain, S.K., Bhunya, P.K. 2008. Reliability, Resilience and Vulnerability of a Multipurpose Storage Reservoir. Hydrological Sciences Journal, 53 (2): 434-447.

12- Kjeldsen, T.R., Rosbjerg, D. 2004. Choice of Reliability, Resilience and Vulnerability Estimators for Risk Assessments of Water Resources Systems. Hydrological Sciences Journal, 49 (5): 755-767.

13- Leuven, R.S.E.W., Poudevigne, I. 2002. Riverine Landscape Dynamics and Ecological Risk Assessment. Freshwater Biology, 47(4), 845-865.

14- Naeem, S. 1998. Species Redundancy and Ecosystem Reliability. Conservation Biology, 12 (1), 39-45.

15- Petchey, O.L., Gaston, K.J. 2009. Effects on Ecosystem Resilience of Biodiversity, Extinctions and the Structure of Regional Species Pools. Theoretical Ecology, 2 (3): 177–187.

نشریه
ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of
Watershed Management

Vol. 4, No. 14, Fall 2016 سال چهارم- شماره ۱۴- پاییز ۱۳۹۵

Abstract

Watershed Health (Part one): Reliability, Resilience and Vulnerability Conceptual Model

S. H.R. Sadeghi[1]* and Z. Hazbavi[2]

Received: 2016/07/05 Accepted: 2016/11/21

Nowadays, numerous risks seriously threat the health of watershed ecosystems. Human-driven modifications of the Earth's natural environment largely affect ecosystem structure and functions. Therefore, assessment of the relative condition of watersheds is essential to plan appropriate management practices. In this regards, various approaches such as reliability-resilience-vulnerability (RRV) indicator-based and conceptual model have been proposed. Assessment and monitoring ecosystem health using a promising approach of the RRV model to ascertaining watershed health provides early warnings of environmental degradation causes. So, watershed ecosystems health assessment is a fundamental and an essential step to ecological services conservation. To apply the RRV model, several criteria have been used within a risk-based standpoint. Although, the application of the RRV model has been commonplace for years in various ecosystems, but, the use of the RRV indicators in watershed health assessment has been rarely reported. Towards this, the present research was conducted to introduce, to explain the application and to review the literatures of the RRV model. The results of the literature review indicated that more studies have been limited mostly to reservoir operations management. While, the recent studies have focused on health assessment of the different ecosystems such as stream, urban and even watershed ecosystems. Based on these researches, the application of the RRV model has been suggested as a prerequisite for appropriate and integrated watershed health assessment.

Keywords: Environmental planning and Management, Health indicators, Indicator-based health models, Sustainable management, Watershed health

1. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor 4641776489, Mazandaran, Iran, Corresponding Author, Email: sadeghi@modares.ac.ir
2. Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University.