

مقدمه

بندهای اصلاحی، سدهای کوچکی هستند که در عرض آبراهه‌ها یا آب‌کندها به منظور کاهش سرعت جریان‌های متمرکز ساخته می‌شوند. مهم‌ترین نقش آن‌ها از نظر کنترل فرسایش، کاهش سرعت جریان به دلیل کاهش شیب بستر آبراهه با رسوب‌گذاری است [۹]. در ایران سدهای تا ارتفاع ۱۰ متر "بند" نامیده می‌شوند و زیر نظر وزارت جهاد کشاورزی برای عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک احداث می‌گردند [۶].

اولین گام در ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری کمی نمودن میزان تأثیر پروژه‌های آبخیزداری به وسیله‌ی اندازه‌گیری پارامترهای تعیین‌کننده و بررسی چگونگی دستیابی به اهداف آبخیزداری است [۱۲]. برای دستیابی به ارزیابی علمی و هدف‌مند، نیاز به داشتن معیارهای مناسب و علمی است. در حال حاضر معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی عملیات آبخیزداری در ایران بسیار محدود و سطحی می‌باشد، در صورتی‌که اگر بخواهیم به ارزیابی درست و منطقی طرح‌های آبخیزداری بپردازیم، ناچاریم یک تغییر کلی و اساسی در معیارهای ارزیابی ایجاد کنیم و برای تعیین مقدار معیارهای انتخاب‌شده از روش‌هایی استفاده کنیم که کم‌ترین خطا را داشته باشند [۳]. از این رو برای آن‌که معیارهای انتخابی بتوانند همه‌ی جوانب و خصوصیات بندها را شامل شوند، باید دارای این ویژگی‌ها باشند: ۱) عمومیت داشته باشند، ۲) قابل اندازه‌گیری باشند، ۳) تعداد آن‌ها بهینه باشد، ۴) آینده‌نگر باشند، ۵) به توانمندسازی و نتایج معیارها توجه متوازن شده باشد، ۶) قابلیت دسته‌بندی داشته باشند. هر اندازه معیارها اجزای هدف را بیش‌تر پوشش دهند و بیش‌تر بیان‌کننده‌ی هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه‌ی دقیق‌تر افزایش خواهد یافت [۱۴].

در ایران ارزیابی عمل‌کرد طرح‌های آبخیزداری عملاً از سال ۱۳۶۶ شروع شده است. در این سال سازمان برنامه و بودجه برای اولین بار ارزیابی عمل‌کرد طرح آبخیزداری سفیدرود را مورد توجه قرار داد [۱۰]. درویش [۳] با انجام مطالعه‌ای تحت عنوان "مقدمه‌ای بر روش تدوین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران" برای ارزیابی جریان بیابان‌زایی در کشور (در سطح ملی)، شش معیار را معرفی نمود: ۱) افت کیفیت زندگی، ۲) زوال تنوع زیستی، ۳) افت اندوخته‌های آبی، ۴) زوال پوشش گیاهی، ۵) فرسایش و ۶) افت تولید خاک. چوپانی و همکاران [۲] برای «بررسی فاکتورهای مؤثر بر عمل‌کرد انواع مختلف اپی‌های موجود در رودخانه‌ی میناب»، فاکتورهای "نسبت فاصله‌ی بین آب‌شکن‌ها به طول آن‌ها" و "نسبت

معرفی معیارهای مناسب برای ارزیابی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی

رفعت زارع بیدکی^۱ و احمد قنبری^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۷

چکیده

ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور برآورد میزان کارایی و بهبود آنها امری ضروری است و شناخت معیارهای مؤثر بر کارایی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی به عنوان یکی از اقدامات مهم و هزینه‌بر آبخیزداری، شرط اساسی برای انجام یک ارزیابی دقیق است. در این مقاله سعی شده است تا با کمک منابع علمی، تجارب اجرایی و نظرخواهی از افراد متخصص، معیارهای تأثیرگذار در کارایی بندها شناسایی و معرفی گردد. به نحوی که بتوان با کمک آن‌ها بندهای اصلاحی سنگی - ملاتی، گابیونی و خشکه‌چین را به دور از نظرات کارشناسی و بدون تأثیر شرایط حوزه آبخیز ارزیابی نمود. در این راستا ۱۹ معیار به عنوان معیارهای مؤثر در کارایی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی شناسایی شده و در دو گروه معیارهای مؤثر بر عمل‌کرد انفرادی و گروهی بندهای اصلاحی تقسیم شدند. معیارهای فردی معیارهایی هستند که بر عمل‌کرد یک بند اصلاحی به صورت انفرادی تأثیر دارد. معیارهای گروهی، معیارهایی هستند که بر عمل‌کرد همه‌ی بندهای یک آبراهه در تثبیت آبراهه تأثیر دارند. سپس برای به مقیاس در آوردن معیارهای فوق، روابط ریاضی معرفی گردید تا با کمک آن‌ها بتوان میزان کارایی بندها را محاسبه کرد.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، ارزیابی، بند اصلاحی، معیار.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد،

zare.rafat@nres.sku.ac.ir

۲. دانش‌آموخته مهندسی آبخیزداری دانشگاه شهرکرد

تنگ‌شدگی عرض رودخانه" را مورد بررسی قرار دادند. نصیری قیداری و همکاران [۱۱] برای تعیین مقدار عددی معیارهای در نظر گرفته شده برای ارزیابی عمل‌کرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی از معادلاتی هم‌چون "نسبت حجم آب قابل تحویل به حجم آب پیش‌بینی شده" و ... استفاده نموده‌اند.

در این پژوهش سعی شده است معیارهایی معرفی گردد که با کمک آن‌ها بتوان کارایی بندهای اصلاحی را در زمان‌های مختلف پس از اجرا و در مکان‌های مختلف ارزیابی نمود به‌گونه‌ای که حداقل تأثیرپذیری را از شرایط محل اجرا داشته باشد.

روش تحقیق

الف- انتخاب معیارها

با توجه به ویژگی‌های عمومی و اختصاصی که به نظر می‌رسید در تعریف معیارها ضروری هستند، ۱۲ معیار برای ارزیابی بندهای اصلاحی به‌صورت انفرادی و ۷ معیار برای ارزیابی یک مجموعه بند احداث شده در یک آبراهه تعریف شدند.

معیارهای فردی

معیارهای فردی، معیارهایی هستند که مربوط به خصوصیات و کارایی یک بند به تنهایی بوده و با کمک آن‌ها می‌توان میزان کارایی فردی بندها را به طوری که جدا از سایر بندهای آن آبراهه در نظر گرفته شوند، مشخص نموده و آن‌ها را براساس نزدیکی به کارایی مطلوب، رتبه‌بندی کرد.

معیارهای گروهی

این معیارها مربوط به کارایی گروهی بندها در ارتباط با هم و در سراسر یک آبراهه بوده و با کمک آن‌ها می‌توان کارایی و مزایای نسبی شبکه‌ی بندها را سنجید و آن‌ها را رتبه‌بندی نمود.

ب- تشریح معیارها

برای انتخاب شاخص و روابط مناسب برای محاسبه‌ی امتیاز بندها در هر معیاری، از مؤلفه‌های مناسبی که به بهترین روش نشان‌دهنده میزان کارایی هر بند در آن معیار است، استفاده شده است.

هم‌چنین برای امتیازدهی به معیارها بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده، این نکته مدّ نظر قرار گرفته است که: برخی معیارها افزایشی و برخی کاهش‌ی هستند؛ در نتیجه در مورد معیارهای کاهش‌ی ارزش کم‌تر آن‌ها مطلوب است. به‌طور مثال افزایش ضریب ذخیره، موجب افزایش کارایی بند می‌گردد، اما افزایش انحراف مرکز سرریز از محور آبراهه، موجب کاهش کارایی آن خواهد شد که در محاسبات مدّ نظر قرار گرفته است.

نتایج

معیارهای فردی

۱- مکان‌یابی (X_1)

مکان‌یابی صحیح، به‌معنای تعیین بهترین نقاط برای احداث

بندهای اصلاحی در طول آبراهه‌ای است که برای اجرای این نوع عملیات اصلاحی انتخاب شده است.

برای انتخاب بهترین محل احداث این سازه‌ها، باید محل‌هایی را انتخاب نمود که علاوه بر این‌که دارای استحکام لازم باشند، دارای کم‌ترین عرض باشند و در مستقیم‌ترین نقطه از محدوده‌ی مورد نظر اجرا گردند. تا به ترتیب موجب ایجاد حداکثر استحکام، حداقل هزینه و بهترین کارایی شوند. به‌این منظور، برای به‌دست آوردن تأثیر واقعی این معیار، از سه زیرمعیار: محکم‌ترین، کم‌عرض‌ترین و مستقیم‌ترین نقطه برای انتخاب محل احداث بندها استفاده و وزن آن‌ها نسبت به هم در قالب یک جدول زوجی جداگانه به‌دست می‌آید.

چون برای تعیین میزان کارایی مکان‌یابی بندها، شاخص یا معادله‌ای به‌صورت کمی معرفی نشده است و تعیین میزان دقیق انحراف از نرمال و هم‌چنین ارایی رابطه‌ای برای این کار مشکل به‌نظر می‌رسد، می‌توان برای ارزیابی هر بند اصلاحی پس از ترسیم مسیر اصلی آبراهه - به کمک تهیه‌ی پروفیل طولی و عرضی و تعیین محل بند در نقشه- نظر کارشناسان خبره این امر را در قالب پرسش‌نامه‌ای در مورد میزان صحت مکان بندها، جویا شد. در نهایت متوسط نظرات کارشناسان در هر زیرمعیار با توجه به وزن تعیین شده هر زیر معیار محاسبه خواهد شد.

۲- پایداری بند (X_2)

این معیار یکی از ارکان مهم در ساخت سدها و بندهای وزنی است که شامل سه مؤلفه‌ی چرخش بند حول محور پایاب، لغزش بند به‌دلیل غلبه بر نیروی اصطکاک و نشست بند در جایگاه خود می‌باشد.

با توجه به ارتفاع کم بندهای اصلاحی، فشار وارده از طرف وزن آن‌ها بر خاک‌های معمولی بیش از ۵۰ تن بر متر مربع نخواهد شد [۲]. لذا در این تحقیق به دلیل ارتفاع کم بندها، تنها دو گزینه‌ی چرخش حول محور و لغزش بند به‌عنوان دو زیرمعیار در نظر گرفته شدند.

برای محاسبه‌ی پایداری در مقابل لغزش از روش "ضریب اطمینان در مقابل لغزش" (رابطه‌ی ۱)، استفاده شده است.

$$SF = \frac{\sum F_V}{\sum F_H} \geq f \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق SF ضریب اطمینان در مقابل لغزش؛ f ضریب اصطکاک بین بند و بستر ساخت؛ F_V نیروی وارده به بند در راستای عمودی؛ و F_H نیروی وارده به بند در راستای افقی است. بهترین شرایط بند اصلاحی از نظر ضریب اطمینان در حالتی است که این ضریب بین ۱/۲۵ تا ۲ به‌دست آید. این ضریب برای سدهای کوتاه روی پی‌های سنگی ۱ تا ۱/۵ به‌دست خواهد آمد.

برای محاسبه‌ی پایداری در مقابل واژگونی، از رابطه زیر استفاده می‌شود [۱].

۴- ضریب ذخیره (X_4)

ضریب ذخیره، نسبت حجم ذخیره‌ی پشت سد به حجم مصالح به‌کار رفته در ساخت سد می‌باشد.

از آنجایی که یکی از اهداف احداث بندهای اصلاحی، نگهداری رسوبات و نگاه‌داشت آب در حوزه می‌باشد؛ به هر میزان که بندها -نسبت به حجم مصالح و هزینه‌ای که برای احداث آن‌ها صرف شده است- حجم ذخیره بیش‌تری داشته باشند، کارایی آن‌ها بیش‌تر است. بر اساس این ارتباط می‌توان از ضریب ذخیره به‌عنوان معیاری مناسب برای تعیین بخشی از کارایی بندها استفاده نمود. برای محاسبه‌ی امتیازات بندها در این معیار، ابتدا حجم کلیه‌ی بندها و حجم ذخیره‌ی پشت آن‌ها محاسبه می‌شود. سپس امتیاز این معیار بر اساس ضریب ذخیره به‌دست آمده محاسبه می‌شود [۷]. نحوه امتیازدهی به ضریب ذخیره بند اصلاحی در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مقدار امتیاز به ضریب ذخیره بند اصلاحی

| X_4 | ضریب ذخیره |
|-------|-------------|
| ۰ | کم‌تر از ۱ |
| ۱ | ۱-۲ |
| ۲ | ۲-۴ |
| ۳ | ۴-۶ |
| ۴ | بیش‌تر از ۶ |

۵- عمودبودن تاج بند (X_5)

بندهای اصلاحی موانعی هستند که به‌صورت عمود بر مسیر آبراهه ساخته می‌شوند تا علاوه بر این که با ایجاد حداقل طول تاج، کم‌ترین مصالح را مصرف کنند، خطر انحراف آب به یک طرف بند را هم به حداقل برسانند. اما گاهی در زمان اجرا بندها با انحراف از حالت عمود بر آبراهه ساخته می‌شوند. از این‌رو به هر میزان محور تاج بند نسبت به محور آبراهه از حالت عمود خارج باشد، حجم مصالح مصرفی بیش‌تر و احتمال منحرف‌شدن سیل نیز بیش‌تر خواهد شد و این میزان انحراف می‌تواند به‌عنوان فاصله از کارایی نرمال در نظر گرفته شود. برای به دست آوردن میزان انحراف بندها (D) بر حسب درجه، پس از تعیین مسیر اصلی آبراهه، انحراف محور بندها نسبت به آن با زاویه‌یاب به‌دست می‌آید.

حداکثر امتیاز این معیار مربوط به زمانی است که بند کاملاً عمود بر محور آبراهه باشد و کم‌ترین امتیاز آن مربوط به زمانی است که انحراف بند مساوی یا بیش‌تر از ۴۵ درجه باشد. در رابطه‌ی پیشنهادی زیر افزایش انحراف باعث کاهش امتیاز می‌گردد.

$$X_5 = 1 - \frac{D}{45} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$CF = \frac{\sum M_R}{\sum M_D} = 1.5 - 1.7 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه CF ضریب اطمینان در برابر واژگونی؛ $\sum M_R$ مجموع گشتاور مقاوم؛ $\sum M_D$ مجموع گشتاور مخرب است. این ضریب باید بین ۱/۵ تا ۱/۷ به‌دست آید. امتیازهای به‌دست آمده از محاسبه‌ی این معیار، علاوه بر این که بیانگر میزان رعایت فنی پایداری بندها است، بیانگر میزان رعایت اصل استفاده‌ی بهینه از منابع مالی می‌باشد. یعنی تاکید بر رعایت پایداری بند نباید موجب شود هزینه‌ی اضافی خرج گردد.

برای تعیین امتیاز بندها در معیار پایداری، ابتدا با کمک روابط پیشنهادی (رابطه‌های ۳ و ۴)، امتیاز بندها در دو زیرمعیار فوق محاسبه و سپس مجموع امتیاز به‌دست آمده در دو زیر معیار فوق -با در نظر گرفتن وزن هر زیرمعیار- به‌عنوان امتیاز پایداری ثبت می‌گردد.

$$M = 1 - \frac{|CF - CF_i|}{m} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه CF و CF_i به‌ترتیب مقدار محاسبه شده و مقدار پیش‌بینی شده ضریب اطمینان در برابر واژگونی هستند و m بین ۱/۵ تا ۱/۷ باید باشد.

$$N = \frac{|SF - SF_i|}{n} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه SF و SF_i به‌ترتیب مقدار محاسبه شده و مقدار پیش‌بینی شده ضریب اطمینان در برابر واژگونی هستند و n بین ۱/۵ تا ۱/۷ باید باشد.

۳- تثبیت طولی آبراهه (X_3)

از آنجایی که هدف اصلی احداث بندهای اصلاحی تثبیت بستر آبراهه می‌باشد، میزان طولی از بستر آبراهه که در نتیجه‌ی اجرای بند تثبیت می‌شود، می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم برای ارزیابی آن‌ها در نظر گرفته شود.

با توجه به این که میزان کارایی بندها با مقایسه‌ی میزان هزینه به عمل‌کرد آن‌ها محاسبه می‌شود، می‌توان معادله‌ای بر اساس طول تثبیت شده‌ی آبراهه در پشت هر بند -با احتساب شیب حد نهایی رسوبات- و حجم مصالح به‌کار برده شده در بند، تعریف نمود. از این رو به‌عنوان یک شاخص برای محاسبه‌ی این معیار در نظر گرفت.

$$X_3 = \frac{L}{V} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه X_3 امتیاز بند در معیار تثبیت طولی آبراهه؛ L طول تثبیت شده در پشت بند (متر)؛ و V حجم نرمال شده مصالح بند (مترمکعب) است.

۶- انتخاب ابعاد مناسب سرریز (X_4)

تخریب طبیعت می‌شود. برای بررسی این معیار، می‌توان با کمک منابع علمی و با توجه به ابعاد بند و شرایط آبراهه، بهترین اندازه‌ی آنکراژ را برای هر بند برآورد نمود. سپس با توجه به اندازه‌گیری صحرائی این معیار، برای میزان صحت رعایت این معیار، به کمک رابطه‌ی (۸) امتیاز بندها را محاسبه نمود.

$$X_8 = 1 - \frac{|A - A'|}{A} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن A آنکراژ محاسبه شده در طراحی (متر)؛ A' آنکراژ اجرا شده (متر) است.

۹- تبعیت از نیمرخ عرضی آبراهه (X_4)

بهترین ارتفاع بند زمانی است که حداکثر ارتفاع آن منطبق بر نیمرخ عرضی آبراهه باشد، تا ضمن ایجاد حداکثر ممانعت از ریزش کناره‌ها و ایجاد حداکثر حجم پشت بند، موجب بالا آمدن سیلاب به کناره‌های آبراهه، افزایش حجم بند و کاهش ضریب ذخیره نگردد. برای محاسبه‌ی این معیار، می‌توان ارتفاع نهایی همه‌ی بندها از کف آبراهه را اندازه‌گیری و با عمق آبراهه مقایسه و اختلاف آن‌ها را محاسبه نمود. در رابطه‌ی پیشنهادی زیر بیش‌ترین امتیاز به انطباق کامل با نیمرخ عرضی آبراهه تعلق می‌گیرد و به هر میزان که کم‌تر یا بیش‌تر باشد از امتیاز آن کاسته می‌شود.

$$X_9 = \frac{|H - H'|}{H} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در آن H عمق آبراهه در محل بند (متر) و H' ارتفاع کل بند (به‌جز عمق پی) (متر) است.

۱۰- تطابق مرکز سرریز با محور آبراهه (X_4)

بندهای اصلاحی به‌طور معمول برای اصلاح آبراهه‌های کوچک یا متوسط احداث می‌شوند و سرریز همه‌ی آن‌ها از نوع روگذر می‌باشد و برای به حداقل رساندن تخریب کناره‌ها سعی می‌گردد کم‌ترین ریزش را بر کناره‌ها داشته باشند، از این‌رو باید دقت کرد تا ضمن رعایت حداقل عرض برای سرریز انتخابی، سرریز درست در وسط آبراهه طراحی و اجرا گردد. از این‌رو رعایت این اصل به‌عنوان یکی دیگر از معیارهای ارزیابی در نظر گرفته شده است. بدین منظور می‌توان پس از تعیین محور آبراهه، میزان انحراف مرکز سرریز بندها را از محور اصلی آبراهه ثبت و بر اساس رابطه‌ی (۱۰) امتیاز همه‌ی بندها را محاسبه نمود.

$$X_{10} = 1 - \frac{S'}{S} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن S' انحراف مرکز سرریز از محور آبراهه (متر) و S نصف عرض سرریز (متر) است.

اگر ابعاد سرریزها کوچک‌تر از میزان لازم در نظر گرفته شود، آب در مواقع طغیان از کناره‌های سد عبور کرده و باعث ایجاد فرسایش در دو طرف بستر و هم‌چنین در پای قسمت‌هایی از بند که فاقد کف‌بند هستند، می‌شود. ولی اگر ابعاد سرریزها بیش‌تر از احتیاج محاسبه شود، میزان هزینه بالا خواهد رفت؛ پس به‌تراست ابعاد سرریز با توجه به دبی حداکثر در دوره‌ی بازگشت معین تعیین گردد. لذا باید حداکثر دبی ورودی بندها در دوره‌ی بازگشت پروژه را با کمک نمودارهای شدت-مدت-فراوانی بارندگی‌ها، در دوره‌ی بازگشت طرح و با شدت بارشی برابر با زمان تمرکز حوزه به دست آورد و با دبی طراحی بندها مقایسه کرد. برای به‌دست آوردن امتیاز بندها می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده نمود.

$$X_6 = 1 - \frac{|Q - Q'|}{Q} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه Q دبی محاسبه شده بر اساس دوره بازگشت و Q' دبی که سرریز بر اساس آن ساخته شده است. طبق این رابطه، حداکثر امتیاز مربوط به برابری هر دو دبی می‌باشد.

۷- استحکام بند (X_4)

در ساختن بندهای سنگی اطلاع از کیفیت، شکل و دانه‌بندی سنگ‌ها اهمیت دارد. زیرا انتخاب صحیح سنگ‌ها در استحکام بند مؤثر است. هم‌چنین شکل سنگ به‌کار رفته در بند نیز می‌تواند در استحکام بند مؤثر باشد [۱۳]. بر این اصل می‌توان استحکام بندها را به‌عنوان یکی از معیارهای ارزیابی - با دو زیر معیار استحکام مصالح و استحکام ساخت - انتخاب نمود. برای امتیازدهی به بندها در این معیار، با توجه به آن که شاخص دقیقی برای آن نمی‌توان در نظر گرفت، می‌توان میزان کیفیت مصالح و دقت در ساخت آن‌ها را به‌صورت جداگانه از کارشناسان خیره در قالب پرسش‌نامه، سوال نمود و پاسخ آن‌ها را در قالب تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد بین ۱-۹ جمع‌آوری نمود و سپس به روش هندسی از کل نظرات متوسط‌گیری کرده و به‌عنوان امتیاز بندها در این معیار، ثبت نمود.

۸- آنکراژ (X_8)

دو اثر مهم آنکراژ عبارت است از: بالا بردن پایداری سد و کم کردن خطر کنده‌شدن کناره‌ها و معمولاً در بندهای اصلاحی، بین ۰/۷ تا ۱/۵ متر در نظر گرفته می‌شود [۶].

متأسفانه در برخی از بندهای اجرا شده، به علت کم توجهی یا صرفه‌جویی در هزینه، آنکراژ بند به‌خوبی اجرا نشده است، به‌گونه‌ای که حتی زمینه‌ی تخریب بند بر اثر جریان سیلاب را فراهم کرده است. البته در مواقعی هم به‌خصوص در سال‌های اخیر حساسیت بیش از حد موجب شده است که با حفر کناره‌ها به وسیله‌ی بیل مکانیکی، آنکراژها بیش از حد وارد کناره‌های آبراهه گردند. این کار علاوه بر صرف هزینه‌ی اضافی، بافت آبراهه را به هم زده و موجب

۱۱- طول کف بند (X_{11})

بهترین روش برای تعیین طول کف بند، محاسبه‌ی آن به روش هیدرولیکی می‌باشد. از این رو برای تعیین دقیق این معیار بهتر است دبی‌های با دوره بازگشت طرح و با تداوم بارشی برابر با زمان تمرکز حوزه، محاسبه شود. سپس با توجه به دبی‌های حداکثر ورودی و عرض سرریزهای موجود، طول کف بندها محاسبه گردد. رابطه‌ی زیر برای تعیین امتیاز بندها در معیار طول کف بند به کار رود. بر اساس این رابطه کم‌تر بودن طول کف بند به‌عنوان ایراد فنی و بیش‌تر بودن آن به‌عنوان ایراد اقتصادی موجب کم شدن امتیاز بند خواهد شد.

$$X_{11} = 1 - \frac{|F - F'|}{F} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که در آن F اندازه کف بند محاسبه شده (متر) و F' اندازه کف بند موجود (متر) است.

۱۲- عمق پی (X_{12})

پیش‌بینی عمق مناسب پی در بندهای اصلاحی، به‌نحوی که به استقرار آن‌ها کمک کرده و مانع فرار آب از زیر آن گردد، می‌تواند به‌عنوان یک معیار دیگر برای ارزیابی بندها معرفی گردد. برای محاسبه‌ی این معیار باید عمق پی در بندها را با توجه به طراحی بند و شرایط بستر برآورد و همچنین میزان موجود آن را در بندها اندازه‌گیری و بر اساس این رابطه امتیاز آن‌ها را در این معیار محاسبه نمود.

$$X_{12} = 1 - \frac{|Fo - Fo'|}{Fo} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن Fo عمق پی محاسبه شده (متر) و Fo' عمق پی اجرا شده (متر) است.

معیارهای گروهی

۱- رعایت فاصله‌ی بندها بر اساس شیب حد رسوبات (X'_1)

بی‌شک بندهای اصلاحی بهترین کارایی خود را در شبکه‌ی بندها زمانی می‌توانند به نمایش بگذارند که به‌صورت منظم در یک آبراهه احداث شوند و بهترین حالت برای رسیدن به این منظور در صورتی است که انتهای رسوبات بند پایین‌دست، به پاشنه‌ی بند بالادست برسد و از آن بیش‌تر هم نشود. این فاصله با احتساب شیب حد رسوبات تعیین می‌گردد.

به‌همین منظور باید با کمک دوربین نقشه‌برداری، نیم‌رخ طولی تمامی آبراهه‌های مورد نظر در محل اجرای بندهای اصلاحی را تهیه و فاصله‌ی افقی، شیب آبراهه و اختلاف ارتفاع خاستگاه بندها را محاسبه نمود. سپس با کمک ارتفاع مفید بندها و تعیین شیب حد رسوبات میزان طول نهایی رسوب‌گذاری را محاسبه نمود. از رابطه‌ی زیر می‌توان امتیاز بندها را محاسبه نمود.

$$X'_1 = \frac{L}{L'} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن L مجموع طول نهایی قابل تثبیت در همه بندهای شبکه (غیر از بند آخر) بر اساس شیب حد رسوبات (متر) و L' مجموع فواصل بندها در شبکه (متر) است.

۲- انتخاب نوع بند (X'_2)

بندهای اصلاحی علیرغم داشتن خصوصیات مشترک، در شرایط مختلف دارای کارایی متفاوتی هستند. به همین دلیل هر کدام از آنها در شرایط خاصی ترجیح داده می‌شوند. مثلاً بهتر است برای آبراهه‌های درجه ۱: بندهای چپری، درجه ۱ و ۲: بندهای خشک‌چین، در آبراهه‌های درجه ۳: سنگ و سیمان، در آبراهه‌های درجه ۴، ۵ و ۶: بندهای با مصالح بتن مسلح و برای کنترل رسوب، بندهای گابیونی انتخاب گردد [۸]. از این رو انتخاب بهترین نوع بند می‌تواند به‌عنوان یک معیار برای ارزیابی بندها انتخاب گردد. برای تعیین میزان این معیار ابتدا با توجه به متون علمی، هدف و شرایط آبراهه، بهترین نوع بند انتخاب و با شرایط موجود مقایسه می‌شود. سپس برای امتیازدهی به گزینه‌ها در این معیار، از روش صفر و یک استفاده می‌شود. در نتیجه چنانچه در مقاطع مورد ارزیابی، نوع بندها مناسب انتخاب شده باشد، برای آن امتیاز یک و در غیر این صورت امتیاز صفر در نظر گرفته می‌شود.

۳- استفاده از مصالح موجود (X'_3)

در ساخت بندها باید تا حد ممکن از مواد موجود در محل استفاده گردد، تا هزینه‌ی طرح کم‌تر گردد [۱۳]. استفاده از مصالح موجود در آبراهه‌ها برای اجرا، به‌عنوان یک حسن قلمداد می‌شود اما این امر همیشه میسر نیست. از این رو پیشنهاد می‌شود برای کلیه آبراهه‌ها حداکثر امتیاز در نظر گرفته شود و در صورتی که مشابه مصالح به‌کار رفته در آبراهه‌ای وجود داشته و استفاده نشده است، به همان نسبت از امتیاز آن آبراهه کسر گردد.

۴- حداقل تخریب در منطقه (X'_4)

روند رو به رشد اجرای عملیات سازه‌ای آبخیزداری و تمایل شدید طراحان و مجریان به احداث سازه‌های بزرگ و به تبع آن استفاده از ماشین‌های باربری و راه‌سازی، تخریب عرصه‌های طبیعی و پوشش گیاهی را به یک مشکل جدی تبدیل نموده است. با این پیش‌زمینه میزان تخریب طبیعت در راستای اجرای سازه‌های آبخیزداری به‌عنوان یکی دیگر از معیارها، برای ارزیابی بندها لحاظ شده است و از آنجایی که بسیاری از تخریب‌های صورت گرفته برای دسترسی به بندها به شکل مشترک انجام می‌شود، این معیار به‌عنوان یک معیار گروهی در نظر گرفته شده است. در این روش، باید برای محاسبه‌ی امتیاز شبکه‌ها، مساحت تخریب‌های انجام‌شده برای هر گروه از بندها را به‌دست آورد.

$$X'_6 = 1 - \frac{V'}{V} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

که در آن V حجم مازاد بر اندازه رسوبات (متر مکعب) و V' حجم رسوبات محاسبه شده در طول عمر مفید بند (متر مکعب) است.

۷- حداقل غرقاب نمودن عرصه (X'_7)

پس از پرشدن مخزن پشت بندها از رسوبات یا سیلاب، سطحی از عرصه که در پشت بند واقع شده است به صورت موقت در زیر سیلاب‌های معمولاً گل‌آلود رفته و در صورت پرشدن از رسوبات به صورت دائمی به زیر رسوبات خواهد رفت و سطحی از اراضی طبیعی به همراه پوشش گیاهی از حالت طبیعی خارج خواهد شد. لذا درکنار منافع ذخیره‌ای بندها، این مورد را می‌توان به‌عنوان یکی از معایب ذخیره‌ی رسوبات در نظر گرفت. اما زیان این عمل زمانی مؤثر است که حجم ذخیره‌ای بندها به خارج از پروفیل آبراهه - یعنی جایی که دارای پوشش گیاهی غیرآبراهه‌ای بوده و تا کنون در زیر آب واقع نشده است - سرایت پیدا کند. پس می‌توان تخریب عرصه‌ی خارج از پروفیل را هم به‌عنوان یک معیار برای ارزیابی بندها در نظر گرفت و به هر میزان از سطح عرصه‌ی طبیعی که تخریب خواهد شد به‌عنوان نمره‌ی منفی برای کارایی بند به حساب آورد. در نتیجه پیشنهاد می‌شود امتیاز بندها به این صورت محاسبه گردد.

$$X'_7 = 1 - \frac{Af'}{Af} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

که در آن Af' سطح غرقاب شده خارج از نیمرخ عرضی آبراهه در تمام بندهای شبکه (متر مربع) و Af سطح غرقاب شده داخل نیمرخ عرضی آبراهه در تمام بندهای شبکه (متر مربع) است.

معیارهای غیر قابل ارزیابی

در کنار شناسایی معیارهای فوق، معیارهای دیگری نیز شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند که به دلایلی جزء معیارهای ارزیابی، در نظر گرفته نشده‌اند. معیارهای فوق به همراه دلایل عدم ارزیابی آنها در زیر آمده است.

تثبیت شیب‌کناری آبراهه: تأثیر کم بندهای اصلاحی در این مورد و محاسبه‌ی مشکل.

میزان خاکریزی پشت بند: به علت سن متفاوت بندها و تغییرات متفاوتی که در اثر رسوب‌گذاری یا فرسایش طبیعی بر روی آنها صورت می‌گیرد.

نفوذپذیری بندها: به علت آن که در بندهای خشکه‌چین و گابیونی اصلاً مد نظر نیست و نفوذناپذیر بودن بندهای سنگی ملاتی نیز به خاطر ایجاد استحکام آنها می‌باشد نه جلوگیری از فرار آب، مگر در مواقعی نادر.

محافظت روی سرریز: چون در آبراهه‌های کوچک نیاز نیست و برای همه‌ی بندهای اصلاحی مشترک نیست.

برای انتخاب شاخصی مناسب برای امتیازدهی، از هم‌بستگی بین سطح عرصه‌ی تخریب‌شده با حجم سازه‌های اجرا شده در آبراهه‌ها استفاده گردیده و رابطه‌ی زیر به‌عنوان شاخصی برای امتیازدهی به این معیار معرفی می‌شود.

$$X'_4 = \frac{V}{A} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

که در آن V حجم کل بندهای اجرا شده در آبراهه (مترمکعب) و A مساحت عرصه تخریب شده (متر مربع) می‌باشد.

۵- تثبیت ارتفاعی آبراهه (X'_5)

هدف از اجرای بندهای اصلاحی، کاهش شیب آبراهه کم کردن سرعت سیلاب و افزایش زمان تمرکز می‌باشد، در شرایط مساوی هر چه ارتفاع بندها بیش‌تر باشد، شیب بیش‌تری از آبراهه شکسته خواهد شد و تأثیر بیش‌تری در کند نمودن سرعت سیلاب و افزایش زمان تمرکز حوزه خواهد داشت. از این‌رو، نسبت بین ارتفاعی از آبراهه‌ی شیب‌دار که توسط بندها تثبیت می‌شود و حجم مصالح به‌کار رفته می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی بخشی از کارایی گزینه‌های مورد ارزیابی در نظر گرفته شود. از این‌رو رابطه‌ی زیر برای این معیار ارائه و بر اساس آن امتیاز همه‌ی شبکه‌ها قابل محاسبه است.

$$X'_5 = \frac{\sum H}{\sum V} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

که در آن $H\Sigma$ مجموع ارتفاع بندها (متر) و $V\Sigma$ مجموع حجم بندهای موجود در شبکه (متر مکعب) است.

۶- تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب (X'_6)

استفاده‌ی بهینه از شرایط و امکانات حکم می‌کند که در کنار هدف اصلی احداث بندها، حجم ذخیره‌ای متناسب با رسوب قابل ترسیب هم ایجاد گردد. از این‌رو این معیار هم می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از معیارهای ارزیابی گروهی بندها معرفی گردد. با بررسی این معیار مشخص می‌شود که آیا در پیش‌بینی حجم ذخیره‌ی بندها حساب‌شده عمل شده است یا موجبات اتلاف هزینه‌ها را فراهم کرده‌اند. برای امتیازدهی به بندها در این معیار، بهترین حالت، برابری مجموع حجم پشت بندها در یک آبراهه، با مجموع رسوباتی که در مدت پیش‌بینی شده‌ی عمر مفید بندها اخذ خواهد شد، در نظر گرفته شد. بر این اساس برای بندهایی که داری حجمی کم‌تر از رسوب پیش‌بینی شده‌اند، امتیاز منفی در نظر گرفته نشده است؛ اما برای شرایطی که حجم ذخیره بیش‌تر از رسوب قابل ترسیب است، امتیاز منفی در نظر گرفته شد. بر این اساس امتیاز بندها بر اساس رابطه پیشنهادی زیر محاسبه می‌گردد.

بحث و نتیجه گیری

بازبینی معیارهای انتخاب شده برای ارزیابی بندهای اصلاحی، این نکته را تأیید می کند که معیارها دارای خصوصیات لازم و کافی برای انجام یک ارزیابی دقیق -طبق آنچه در مقدمه آمده است- را دارند. یعنی این که در انتخاب آن ها، موارد زیر به خوبی رعایت شده است. ۱- معیارهای انتخابی برای انواع بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی، گابیونی و خشکه چین کاربرد دارند.

۲- کلیه معیارها به صورت کمی یا تبدیل امتیازات کیفی به کمی، با کمک شاخص ها یا خصوصیات ویژه قابل محاسبه هستند.

۳- معیارها به نحوی انتخاب شده اند که کلیه خصوصیات و جوانب مربوط به کارایی فنی و اقتصادی بندها را در بر گرفته اند و از انتخاب معیارهای کلی، جزئی و مبهم خودداری شده است.

۴- در انتخاب معیارها سعی شده است علاوه بر عیان کردن میزان فاصله بندهای موجود از کارایی نرمال، صفات و خصوصیات از بندها که موجب افزایش کارایی فنی و کاهش هزینه های اقتصادی می گردند را برجسته کرده و زمینه را برای انتخاب اصلاحاتی در آن ها فراهم سازد.

۵- در انتخاب معیارها سعی شده است علاوه بر تعیین راندمان نتایج احداث بندها؛ به فرایندهای کاری همچون روش کار و میزان تأثیرات جانبی آن ها بر روی طبیعت نیز توجه گردد.

۶- معیارها با توجه به نوع تأثیرشان در کارایی فردی یا گروهی بندها، به دو گروه تبدیل شده اند.

۷- نتیجه حاصل از امتیازدهی معیارها در بازه صفر تا یک نرمال شده است.

۸- ارزیابی توسط این معیارها را در هر زمان و مکان می توان انجام داد و به دلیل اینکه تأثیری از شرایط طبیعی محل نمی گیرند نتایج حاصل از بندهای مختلف قابل مقایسه است.

در نتیجه به نظر می رسد با کمک معیارهای فوق بتوان ارزیابی کارایی بندهای اصلاحی را با دقت بیشتری انجام داد؛ به نحوی که نقاط ضعف و قوت انواع بندها مشخص گردد و راه برای اصلاحات بعدی جهت افزایش کارایی آن ها هموار گردد.

منابع

1. Beirami, M.K. and Edrissi, M.H. 2006. Water Transporting Structures, 6th Edition. Isfahan University of Technology. 478p. (In Persian)

2. Choopani, S., Abbassi, A.A., Parvareh, A. and Rastegar, H. 2008. Investigating of Factors Affected on Different Types of Eppies in Minab River. Pajooresh and Sazandegi Magazine. 20 (1): 66-78. (In Persian)

3. Darvish, Mohammad, 2003. The Introduction on the Method of Criteria and Indices of Desertification in Iran, Rangeland and Desert Researches. 10(3): 301-320. (In Persian)

4. Dastoorani, M.T. 2008. Watershed Management, Yazd University, 80p. (In Persian)

5. Dastoorani, M.T. and Sharifi Darani, H. 2008. Assessment Criteria for Biologic Projects in Watershed Management, 5th National Watershed Management Science and Technology. Gorgan. P 318. (In Persian)

6. Esmali, A. and Abdollahi, Kh. 2010. Watershed Management and Soil Conservation, 2nd Eddition, Mohaghegh-E-Ardebili publication. 578p. (In Persian)

7. Fattahi Nafchi, M.A. 2010. Small Dams, Shahrekord University, 75p. (in Persian)

8. Fattahi, M.A. 2009. Assessment of Study Reports of Kan Basin, Tehran University. (In Persian)

9. Gray. D.H. and Leiser, A.T. 1982. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. New York: Van No Strand Reinhold Company.

10. Mohammadi Golrang, B., Mashayekhi, M. and Habibi, M. 2008. Economical evaluation of Eppies in Lar River, Tehran Province, Geographical researches, 22(2): 114-138. (In Persian)

11. Nassiri Ghidari, A., Montazer, A.A. and Momeni, M. 2010. Using Analytical Hierarchy Process AHP and TOPSIS Technique in Determining of Value Weighted Criterion and Assessment of Performance of Irrigation and Drainage Networks. Case Study: Triple Regions of Irrigation Networks in Sefidrood, Irrigation and Drainage Journal, 2(4): 284-296. (In Persian)

12. Nily, N., Rahnama, F. and Liaghati, H. 2001. Evaluation of Watershed Management Projects in Erosion and Sediment Control and Water Supply and its Role in improvement of Residents Income (Case Study: Assessment of Several Watershed Management in Isfahan Province), 1st Watershed Management and Water Supply Management in Basins. (In Persian)

13. Refahi, H.GH, 1999. Water Erosion and its Control, Tehran University, Second Edition, 524p. (In Persian)

14. Sameti, M. and Asghari, M. 2003. Priorities of Industry Development in Isfahan Province based on AHP, Journal of Commerce, 27: 59-90. (In Persian)