نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال نهم- شماره ۲۸- بهار ۱۳۹۴ Vol. 9, No. 28, Spring 2015

ارزیابی کارایی گروهی بندهای اصلاحی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

رفعت زارع بیدکی[۱]، احمد قنبری[۲]

تاریخ دریافت : ۱۳۹۱/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۱

چکیده:

برای انجام عملیات سازه‌ای در آبخیزها به خصوص احداث بندهای اصلاحی هزینه‌های هنگفتی صرف می‌شود. بنابراین ارزیابی عملکرد آنها اهمیت زیادی دارد. برای ارزیابی عملکرد هر پروژه‌ای نیاز به داشتن شاخص‌هایی است که بتوان با بررسی آنها به ارزیابی از عملکرد کلی آن پروژه رسید. برای ارزیابی عملکرد بندهای اصلاحی نیز نیاز به شاخص‌های دقیقی است که بیش از آن‌که مبتنی بر ارزیابی رفتار طبیعت باشند، بر پایه عملکرد اقدامات اجرا شده بنا شده باشند. هدف از این پژوهش ارائه‌ی معیارهای علمی و دقیق برای ارزیابی کارایی جمعی بندهای اصلاحی و نیز ارزیابی کارایی چند مجموعه از بندهای اصلاحی در آبراهه‌های استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از این معیارهاست. برای انجام این کار، ۱۲ آبراهه با بندهای اصلاحی سنگی ملاتی و گابیونی اجرا شده طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ ، که دارای بیشترین تنوع در طراحی، ابعاد و شرایط حوزه بودند، انتخاب گردید. سپس ۷ معیار که در کارایی گروهی بندها نقش داشته یا به عملکرد کل شبکه مربوط هستند شامل: رعایت فاصله بندها بر اساس شیب حد رسوبات، انتخاب نوع‌بند، استفاده از مصالح موجود، حداقل تخریب در منطقه، تثبیت ارتفاعی آبراهه، تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب، و حداقل غرقاب نمودن عرصه، تعریف شد. سپس امتیاز هر یک از گزینه‌ها در معیارهای مذکور با استفاده از روابط تعریف شده به دست آمد. سپس وزن معیارها به روش توزیع پرسش‌نامه مقایسات زوجی تعیین شد. نهایتا با کمک یک مدل بهینه شده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، بندهای مورد مطالعه ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که معیارهای "رعایت فاصله بندها بر اساس شیب حد رسوبات" با وزن ۰/۲۹۷ و " انتخاب نوع بند" با وزن ۰/۱۶۸، بیشترین تاثیر را در کارایی گروهی بندها دارند. همچنین از بین آبراهه‌های انتخاب شده، مجموعه بندهای احداث شده در آبراهه مرغملک و سرخ‌کوه با وجود سادگی و کوچک بودن بیشترین امتیاز را کسب کرده (حدود ۸۰ درصد) و در حقیقت بهترین کارایی را داشته‌اند.

کلید واژه‌ها: آبخیزداری، بند گابیونی، بند سنگی- ملاتی، چهار محال و بختیاری، رتبه‌بندی، فرسایش آبراهه‌ای، معیار

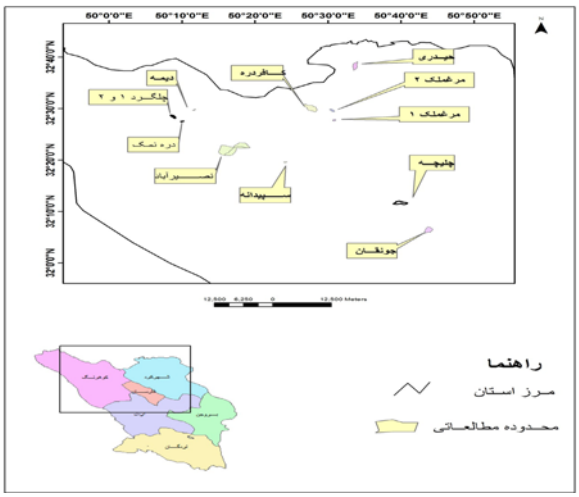
مقدمه

با بررسی اعتبارات هزینه شده در بخش آبخیزداری کشور، مشاهده می‌شود که بیشترین اعتبارات صرف شده مربوط به اجرای عملیات مکانیکی و در صدر همه، بندهای اصلاحی[۳] می‌باشد. به‌طور مثال در تحقیق انجام شده در مورد پروژه‌های آبخیزداری در استان چهارمحال و بختیاری مشخص شد که کل هزینه‌های عملیات بیولوژیکی حتی به اندازه هزینه‌های مرمت و نگهداری سازه‌های حفظ آبراهه‌ها نمی‌باشد و در بیشتر مواقع حتی اعتباراتی که باید در بخش عملیات جامع آبخیزداری در حوزه‌ها هزینه شود، صرف احداث بندهای اصلاحی در آبراهه‌ها شده است [۱۴]. اما با وجود صرف هزینه‌های زیاد گاهی بندهای اصلاحی احداث شده کارایی مناسبی نشان نداده یا تاثیر چندانی در وضعیت حوزه به وجود نیاورده‌اند. لذا ارزیابی آن‌ها هم از نظر فنی و هم از نظر اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد.

ارزیابی شامل بررسی، تشخیص و پیشنهاد اصلاح برای بهبود عملکرد می‌باشد، که به روشهای متنوعی (کمی و کیفی) قابل دستیابی است [۱۱]. اولین گام در ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری، کمّی نمودن میزان تأثیر آن‌ها با اندازه‌گیری پارامترهای تعیین‌کننده و بررسی چگونگی دست‌یابی به اهداف اصلی و فرعی آبخیزداری است [۱۳]. لذا برای انجام یک ارزیابی مورد قبول و مناسب، باید از معیارهای مختلفی استفاده کرد. تجربه نشان داده است که انتخاب درست و دقیق معیارها و براورد مقدار آن‌ها می‌تواند نتیجه ارزیابی را تا حد زیادی تحت تاثیر قرار دهد [۳]. ضمنا هر اندازه معیارها اجزاء هدف را بیشتر پوشش دهند و بیشتر بیان‌کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر، افزایش خواهد یافت [۱۹]. بررسی‌ها نشان می‌دهد، کارهای انجام شده با هدف ارزیابی بندهای اصلاحی بعد از گذشت چند سال از احداث آنها و فقط با مقایسه آمار دبی و رسوب در دو دوره قبل و بعد از احداث انجام شده است که طبیعتا تحت تاثیر رفتارهای طبیعت

۱-استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسوول)
Zare.rafat@nres.sku.ac.ir
۳ - استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

3- Check Dams



شکل۱- پراکنش بندهای مورد مطالعه در استان چهار محال و بختیاری

Figure 1- Studied checkdams distribution in Chaharmahal-va- Bakhtiary Province

و شرایط هیدرولوژیکی و ادافیکی این دوران نیز می‌باشد. برای نمونه قدرتی [٦] با ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری در سد سفیدرود به این نتیجه رسید که که سدهای گابیونی ٧٦/٢ درصد، سدهای خشکه‌چین ٥٧/٣ درصد، سدهای چپری ١٠٠ درصد، بندهای خاکی ٢٦/٤ درصد، و بانکت بندی ١٠٠ درصد کارایی داشته‌است. صادقی و همکاران [١٧] در ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری در زیر حوزه کشار حوزه آبخیز کن با استفاده از روش‌های منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک، منحنی تداوم جریان و بررسی رژیم هیدرولوژیک، در مجموع اقدامات آبخیزداری در کنترل رواناب منطقه مورد مطالعه را مثبت و استفاده از روش‌های یاده شده به صورت کمی را مورد تایید قرار دادند. عباسی [١] نیز در ارزیابی اقدامات فنی آبخیزداری به کمک مدل ریاضی HEC-HMS، جهت شبیه‌سازی رفتار حوضه در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری به این نتیجه رسید که احداث بندهای اصلاحی بر روی آبراهه‌های مورد مطالعه، موجب افزایش زمان‌تمرکز آن‌ها شده است. همچنین ارزیابی اثر هیدرولوژیکی بندهای اصلاحی در لس پلاتو چین توسط سو و همکاران [٢٢] این نتیجه را داشته که در مجموع عملیات آبخیزداری در کنترل رواناب منطقه مورد مطالعه موثر بوده‌اند.

بنابراین روشی که بتواند این سازه ها را در هر شرایطی مورد مقایسه و بررسی قرار دهد و تاثیر شرایط زیست محیطی دیگر نیز در آن حداقل باشد مورد نیاز است. برای مثال فتاحی [٥] اقدامات مکانیکی حوزه کن را از لحاظ پایداری، عملکرد و ثبت صدمات و خسارات وارده بررسی نمود و براساس چهار گزینه طراحی، برآورد هدف، کارایی و مکان اجرا، آنها را امتیازبندی کرد و نتیجه گرفت، بیش از ٨٢ درصد عملیات اجرا شده با مورفولوژی رودخانه هم‌خوانی نداشته است و سازه‌های اجرا شده نیز با سازه‌های پیش‌بینی شده تفاوت دارند. برای ارزیابی دقیق‌تر پروژه‌ها استفاده از شاخصها و معیارهایی که بتواند میزان کارایی آن اقدام را به درستی نشان

شکل۲- یکی از بندهای مورد مطالعه (تخریب و باقی ماندن مصالح مازاد در طبیعت)

Figure 2- One of Studied Checkdams (Damage and Remining Extra Material in the site)

دهد و روشی که با تاثیر پذیری کمتری از شرایط موجود و نظرات کارشناسی، طرح‌ها را ارزیابی کند ضروری به نظر می‌رسد. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در چنین مواردی به خوبی توانسته است پاسخگو باشد. چنانچه نصیری و همکاران [١٢] برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی با کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] نسبت به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی آن‌ها اقدام کردند و نیز صادقی روشن و همکاران [١٨] در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی از این روش استفاده کرده‌اند. عشقی‌زاده و نورا [٤] نیز با استفاده از این فرایند برای تعیین مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی کوچک به منظور تغذیه قنوات اقدام کرده و با استفاده از معیارهای کمی و کیفی تعیین شده محل‌های مناسب را مشخص کردند.

هدف اصلی این تحقیق، ارائه یک روش کاربردی است که بتوان با کمک آن کارایی مجموعه بندهای اصلاحی که در یک آبراهه احداث شده‌اند را ارزیابی نمود؛ در ضمن استفاده از آن برای کارشناسان آبخیزداری آسان باشد و نقاط قوت و ضعف عملیات اجرا شده را به‌خوبی نشان دهد. هم‌چنین در این روش بندهای اصلاحی بدون در نظر گرفتن عکس‌العمل طبیعت ارزیابی گردند، که بتوان ارزیابی را در هر زمانی پس از ساخت بندها انجام داد و نتیجه دقیق‌تر و مبتنی بر اقدامات انجام شده آبخیزداری به‌دست آورد.

مواد و روش‌ها

مواد

با شناخت پیشین و بازدیدهای مکرر صحرایی در سطح سه شهرستان شهرکرد، فارسان و کوهرنگ از استان چهارمحال و بختیاری، ١٢ آبراهه دارای بندهای اصلاحی (در مجموع شامل ٤١ بند) که از سال ١٣٧٥ تا سال ١٣٩٠ احداث شده بودند برای مطالعه در نظر گرفته شدند (شکل ١ و ٢). بندهای مذکور دارای پراکنش

1- Analytical Hierarchy Process(AHP)

جدول ۱- اطلاعات عمومی شبکه بندها (س و م: سنگ و ملاتی)

Table 1- Information about Checkdams

	نام زیر حوزه	تعداد بند در آبراهه	سال ساخت	مساحت حوزه (km^2)	طول آبراهه اصلی (km)	شیب آبراهه (٪)	زمان تمرکز (دقیقه)	درجه آبراهه	طول بازه (m)	ارتفاع بندها (m)	نوع بند	حجم مصالح (m^3)
	Sub-basin name	Number of checkdams in stream	Construction year	Area (km^2)	Main stream length (km)	Stream slope (%)	Time of concentration (min)	Stream rating	Length of reach (m)	Checkdams height (m)	Checkdam type	Checkdam volume (m^3)
1	مرغملک(۱) Marghmalek (۱)	5	1375 1996	0.26	0.72	8.53	7.8	3	125.9	7.3	گابیونی Gabion	79.5
2	چلگرد (۱) Chelgerd (۱)	3	1377 1998	0.03	0.19	4.98	3.6	1	50	2.9	س و م Stone-mortar	15.5
3	چلگرد (۲) Chelgerd(۲)	4	1378 1999	0.43	1.22	13.43	10.2	2	78.8	1.4	س و م Stone-mortar	167
4	مرغملک(۲) Marghmalek (۲)	4	1379 2000	0.47	1.12	9.26	10.8	3	127.3	5.7	س و م Stone-mortar	102
5	سپیدانه Sepidaneh	4	1384 2005	0.13	0.62	12.79	6	2	78.1	5.7	س و م Stone-mortar	277
6	حیدری Heidari	3	1385 2006	2	3.4	3.14	38.4	3	267	4.65	س و م Stone-mortar	243
7	کافردره Kafardarreh	3	1387 2008	4.16	3.5	6.8	24.6	3	314.2	5.25	س و م Stone-mortar	157
8	نصیرآباد Nasirabaad	3	1387 2008	15.22	8.25	12.46	45	5	296.5	6.35	س و م Stone-mortar	394
9	دیمه Dimeh	1	1387 2008	0.1	0.675	4.73	9.6	2	0	3.1	س و م Stone-mortar	728
10	چلیچه Cholicheh	6	1388 2009	2.07	2.94	20.6	16.8	3	377.9	11.75	گابیونی Gabion	445.9
11	جونقان Jooneghan	3	1389 2010	2.53	2.79	14.14	18.6	4	216.7	5.1	س و م Stone-mortar	254.9
12	سرخ کوه Sorkhkooh	2	1390 2011	0.022	0.55	4.56	8.4	3	37.7	2.5	گابیونی Gabion	135

مناسب در بازه زمانی فوق بوده و سعی شده است حداکثر تنوع در ابعاد، طراحی، اندازه حوزه، نوع و شکل آبراهه، شرایط طبیعی محل اجرا و غیره در انتخاب آنها لحاظ گردد تا معیارهای در نظر گرفته شده در طیف متنوعی از بندها نمود پیدا کرده، نقاط ضعف و قوت انواع بندها را آشکار سازند.

داده‌های مورد نیاز مثل شیب آبراهه و اندازه بند با مراجعه به محل و با اندازه‌گیری و نقشه برداری در فرم‌های از پیش تهیه شده مرقوم و سپس موارد مورد نیاز محاسبه شده است. اطلاعات مورد نیاز دیگر از جمله اطلاعاتی که مربوط به قبل از زمان ساخت بند یا در مورد طراحی بند بوده است از گزارش‌های مهندسین مشاور و مدارک اداره کل آبخیزداری استان به دست آمد (جدول۱).

روش تحقیق

معیارها

ابتدا معیارهایی که در کارایی گروهی بندها موثر بوده و دارای تاثیر مشترکی در همه بندها بودند، با مطالعه مدارک موجود و با

بحث و تبادل نظر با افراد صاحب نظر انتخاب شدند که عبارتند از: رعایت فاصله بندها بر اساس شیب حد رسوبات- انتخاب نوع‌بند- استفاده از مصالح موجود- حداقل تخریب در منطقه- تثبیت‌ارتفاعی آبراهه- تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب و حداقل غرقاب نمودن عرصه. به منظور کمّی نمودن این معیارها و محاسبه امتیاز آنها از روابط زیر استفاده شده است. روابط به گونه‌ای طراحی شده‌اند که امتیاز هر معیار بین صفر تا یک محاسبه شود.

الف- رعایت فاصله بندها بر اساس شیب حد رسوبات

با توجه به این‌که بندهای احداث شده در یک آبراهه، زمانی بهترین کارایی را در تثبیت بستردارند که آبراهه را به شیب حد برسانند؛ رابطه (۱) که برای تعیین امتیاز بندها در این معیار تعریف شده است و براساس آن امتیاز همه‌ی بندها محاسبه شده نشان می‌دهد چنانچه شیب حد رسوبات در زمان طراحی به درستی محاسبه شده و فاصله بندها نیز در زمان اجرا به درستی رعایت شده باشد، امتیاز این معیار یک خواهد شد و در غیر این صورت از عدد یک فاصله خواهد گرفت.

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{مجموع طول نهایی قابل تثبیت در همه بندهای آبراهه غیر از بند آخر بر اساس شیب حد رسوبات (متر)}}{\text{مجموع فواصل بندها در آبراهه (متر)}} \quad (۱)$$

ب- انتخاب نوع‌بند

علی‌رغم اینکه بندهای اصلاحی دارای کارکردهای مشابهی هستند؛ اما با توجه به هدف و شرایط آبراهه از جمله درجه آبراهه، نوع بند انتخابی متفاوت خواهد بود. به‌طور مثال بهتر است برای آبراهه‌های درجه یک، بند چپری و در آبراهه‌های درجه ۳ سنگ و سیمان، و برای کنترل رسوب، بندهای گابیونی انتخاب گردد [۵]. در این پژوهش، با توجه به منابع و جمع‌آوری اطلاعات عمومی آبراهه‌ها و مد نظر قرار دادن همه جوانب، بهترین نوع بند برای آبراهه‌ها تشخیص و با بند موجود مقایسه شد. برای امتیازدهی به گزینه‌ها در این معیار، از روش صفر و یک استفاده شد. درنتیجه چنان‌چه در مقاطع مورد ارزیابی نوع بندها خوب انتخاب شده بود، برای آن امتیاز یک و در غیر این‌صورت امتیاز صفر درنظر گرفته شد.

ج- استفاده از مصالح موجود

در ساخت بندها باید تا حد ممکن از مواد موجود در محل استفاده گردد، تا هزینه طرح کمتر گردد [۱۵]. رعایت این معیار به‌عنوان یک امتیاز برای اجرای پروژه‌های آبخیزداری قلمداد می‌شود. اما معمولا در آبراهه‌ها، مصالحی برای ساخت سازه‌ها وجود ندارد. از این‌رو در این مطالعه برای کلیه آبراهه‌ها - چه آن‌هایی که از مصالح موجود استفاده کرده‌اند و چه نکرده‌اند- حداکثر امتیاز در نظر گرفته شده‌است و در صورتی‌که مشابه مصالح به‌کار رفته در آبراهه‌ای وجود داشته و استفاده نشده است- به همان نسبت- از امتیاز آن آبراهه کسر شده است.

د- حداقل تخریب در منطقه

استفاده از مصالح غیر طبیعی و ماشین‌آلات سبب تخریب عرصه‌های طبیعی و پوشش گیاهی می‌شود. این تخریب‌ها زمانی بیشتر نمود پیدا می‌کنند که سازه‌های مکانیکی در شیب‌های زیاد و به روش‌هایی نامتناسب با طبیعت اجرا گردند. در این پژوهش، برای محاسبه‌ی امتیازبندهای مورد مطالعه، مساحت تخریب‌های انجام شده شامل راه دسترسی و دیگر تخریب‌ها برای مجموع بندهای هر آبراهه به‌دست آمد و برای انتخاب شاخصی مناسب برای امتیازدهی، از همبستگی بین میزان عرصه طبیعی (مرتع) تخریب شده با حجم سازه‌های اجرا شده در آبراهه‌ها استفاده گردید و رابطه (۲) به عنوان شاخصی برای امتیازدهی به این معیار معرفی شد.

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{حجم کل بندهای اجرا شده درآبراهه (متر مکعب)}}{\text{مساحت عرصه تخریب شده (متر مربع)}} \quad (۲)$$

ه- تثبیت‌ارتفاعی آبراهه

هدف از احداث بندهای اصلاحی، کاهش شیب آبراهه به منظور کم‌کردن سرعت سیلاب و افزایش زمان تمرکز حوزه می‌باشد. مجموع ارتفاع بندهای اصلاحی در یک آبراهه بیانگر مقدار شیبی از آبراهه است که به اصطلاح شکسته خواهد شد. این مقدار را می‌توان در مقابل مصالح به‌کاررفته در ساخت بندها به عنوان یک معیار دیگر برای ارزیابی بخشی از کارایی گزینه‌های مورد ارزیابی درنظر گرفت. از این‌رو رابطه (۳) برای این معیار ارائه شده است.

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{مجموع ارتفاع بندها (متر)}}{\text{مجموع حجم بندهای موجود در آبراهه (متر مکع ب)}} \quad (۳)$$

و- تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب

یکی از اهداف احداث بندهای اصلاحی، ذخیره‌ی رسوبات می‌باشد. لذا بیشترین امتیاز برای برابری مجموع حجم ذخیره‌ی بندها در یک آبراهه، با مجموع رسوباتی که در مدت پیش‌بینی‌شده عمر مفید بندها براورد شده است در نظر گرفته شد و برای بندهایی که داری حجم پشت بند کمتر از رسوب پیش‌بینی شده هستند امتیاز منفی در نظر گرفته نشده است. اما برای شرایطی که حجم ذخیره بیشتر از رسوب قابل‌ترسیب است، امتیاز منفی در نظر گرفته شد. بر این اساس امتیاز بندها بر اساس رابطه (٤) محاسبه گردید.

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{حجم مازاد بر اندازه‌ی رسوبات (متر مکعب)}}{\text{حجم رسوبات محاسبه شده در طول عمرمفید سد (متر مکعب)}} \quad (٤)$$

ز- حد اقل غرقاب نمودن عرصه

پس از پرشدن مخزن پشت بندها از رسوبات یا سیلاب، سطحی از عرصه که در پشت بند واقع شده‌است به‌صورت موقت در زیر سیلاب‌های معمولا گل‌الود رفته و در صورت پرشدن از رسوبات به‌صورت دائمی به زیر رسوبات خواهد رفت و از حالت طبیعی

خارج خواهد شد. پس می‌توان تخریب عرصه‌ی خارج از پروفیل را به‌عنوان یک معیار برای ارزیابی بندها در نظر گرفت. هر چه مکان‌یابی و طراحی بندها در یک شبکه درست‌تر باشد این معیار در مجموع بهتر رعایت شده است. از این رو متناسب با حجم‌های ذخیره‌ای که در پشت بندها ایجاد می‌شود میزانی از عرصه طبیعی خارج از بستر آبراهه که غرقاب خواهد شد به منزله فاصله از کارایی مثبت بند تلقی می‌شود و با توجه به این که ایجاد حجم ذخیره بدون غرقاب شدن سطح داخل پروفیل میسر نیست، می‌توان رابطه (۵) را بر اساس این ارتباط درنظر گرفت.

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{سطح غرقاب شده خارج از پروفیل عرضی در تمام بندهای شبکه (متر مربع)}}{\text{سطح غرقاب شده داخل پروفیل آنها (متر مربع)}} \quad (۵)$$

ارزیابی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

به‌منظور استفاده از فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی برای وزن‌دهی معیارها و ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها، پس از تعیین امتیاز بندهای هر آبراهه در تمام معیارهای مذکور، مراحل زیر به ترتیب انجام شد:

الف- تشکیل درخت سلسله مراتبی

اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله می‌باشد [۷]. از این رو در سطح اول رسیدن به گروهی از بندهای اصلاحی که بهترین کارایی را داشته باشد، به عنوان هدف تعیین گردید. سپس هفت معیار معرفی شده به عنوان سطح دوم انتخاب شدند و در آخرین سطح، ۱۲ گروه از بندهای اصلاحی که در آبراهه‌های مورد مطالعه اجرا شده‌اند، به‌عنوان گزینه‌های مورد ارزیابی در نظر گرفته شدند (شکل ۳).

ب- تکمیل پرسش‌نامه‌های زوجی برای معیارها

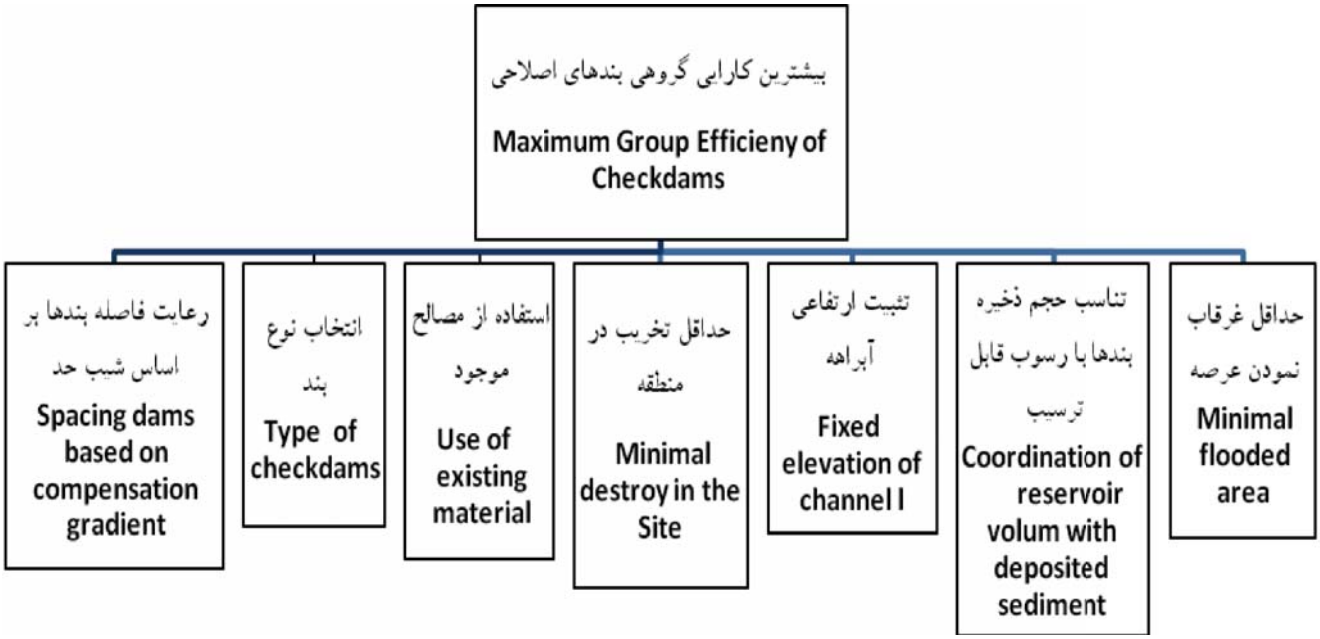
مرحله دوم در تحلیل سلسله مراتبی، تعیین اهمیت نسبی عوامل موثر بر مسئله در هر سطح از سلسله‌مراتب است [۹]. که به صورت مقایسه تنها دو عنصر در هر مرحله به‌دست می‌آید و برای بیان میزان ارجحیت یک عنصر بر عنصر دیگر، از عبارات غربالی، مقیاس عددی، یا نمودارهای ستونی استفاده می‌شود که به سهولت محاسبات کمک می‌کند [۲۰]. بر این اساس پس از ایجاد نمایش گرافیکی مساله، جدول مقایسات زوجی معیارها طراحی، و در قالب پرسش‌نامه به ۱۵ کارشناسان داده شد تا طبق جدول مقیاس امتیازدهی معیارها در تحلیل سلسله مراتبی، ترجیح معیارها بر یکدیگر را متناسب با نظر خود، به‌صورت عددی و در محدوده اعداد یک تا نه اعلام و جدول‌های پرسش‌نامه را تکمیل نمایند.

ج- محاسبه وزن معیارها

پس از ثبت پاسخ پرسش شوندگان، عملیات ترکیب جدول‌های مقایسه‌ای همه پرسش شوندگان با یکدیگر انجام شد. برای این‌منظور از میانگین هندسی (رابطه ٦) استفاده گردید. زیرا مقیاس‌های زوجی، داده‌هایی به‌صورت نسبت ایجاد خواهندکرد و جدول مقایسه‌ای هم ماتریسی است، از این‌رو استفاده از میانگین هندسی درمیان انواع میانگین‌ها، مطلوب‌تر می‌باشد [۷].

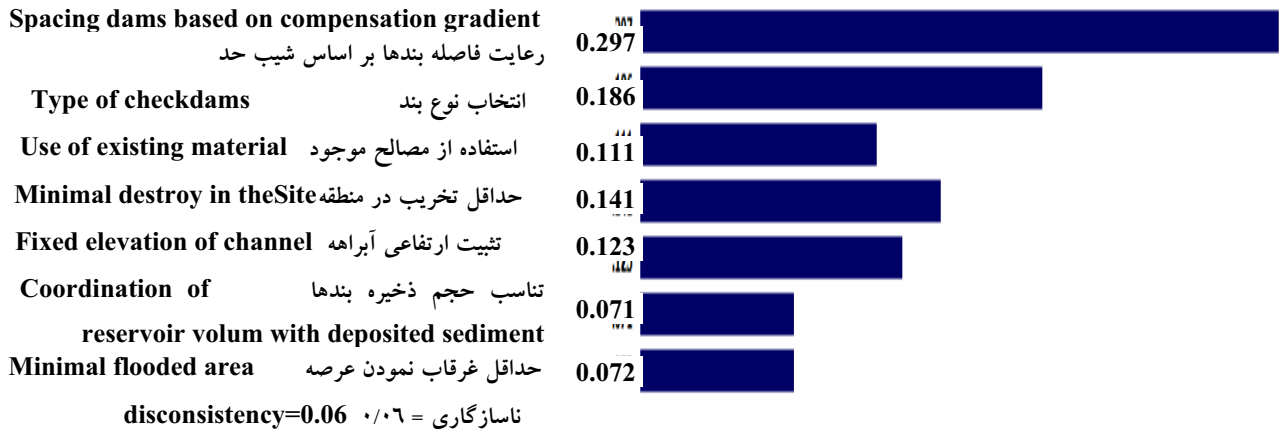
$$A_{ij} = \left[\prod_{k=1}^{n} a_j^k\right]^{1/n} \quad (٦)$$

که در آن Aij میانگین هندسی معیار a است. a: زیر معیاری است



شکل ۳- درخت سلسله مراتبی ارزیابی کارایی گروهی بندهای اصلاحی

Figure 3- Hierarchy tree for assessing group efficiency of checkdams



شکل ٤- نمودار وزندهی معیارهای گروهی بر اساس AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choic

Figure 4- Group criterion wheithing diagram based on AHP, using Expert Choice

که با گزینه ها مقایسه می‌شود. Ij نام دو جایگزین که با یکدیگر مورد مقایسه قرار می گیرند، k کد شخصی که از وی پرسش به عمل آمده است. n تعداد افرادی که در خصوص یک زیر معیار از آنها پرسش شده است. پس از میانگین‌گیری از کلیه پاسخ‌ها، وزن کلیه معیارها محاسبه گردید.

د- تعیین سازگاری پاسخ‌ها

نرخ ناسازگاری، اعتبار پاسخ پرسش‌شوندگان به ماتریس‌های مقایسه‌ای را مورد سنجش قرار می‌دهد. محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه‌ای در صورتی که تعداد پرسش‌شوندگان بیش از یک نفر باشد براساس میانگین هندسی پاسخ‌ها صورت خواهدگرفت [۷]. محدوده قابل قبول ناسازگاری در هر سیستم، به تصمیم‌گیرنده بستگی دارد. اما در حالت کلی چنان‌چه ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد، باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر گردد [۷]. نرخ ناسازگاری از رابطه (۷) محاسبه می‌شود [۱۹].

$$CR = CI / CR \qquad (۷)$$

CI شاخص ناسازگاری و RI شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی است.

ه- تعیین وزن گزینه‌ها

پس از تعیین وزن معیارها به جای مقایسه گزینه‌ها به روش مقایسات زوجی که منتهی به تعداد بسیار زیادی مقایسه خواهد شد، از یک سری روابط برای امتیازدهی استفاده شده است [۸] . استفاده از این گونه مقیاس‌ها به جای مقایسه مستقیم گزینه‌ها در مطالعات لیبریتور (۱۹۹۲) نیز دیده شده است [۱۰].

و- ارزیابی کلی گزینه‌ها و تعیین فاصله آن‌ها نسبت به کارایی نرمال

در این مرحله وزن‌های به‌دست‌آمده برای همه معیارها با استفاده از رابطه (۸) در امتیازات محاسبه شده گزینه‌ها ضرب شده است. حاصل این رابطه مشخص می‌کند گزینه‌ها به چه میزان در دستیابی به کارایی حداکثر، موفق بوده و در رقابت در رسیدن به بهترین کارایی، نسبت به هم چه جایگاهی را کسب کرده‌اند [۲].

$$E = \sum_{i=1}^{7} U_i Y_i \qquad (۸)$$

که در آن E درصد امتیاز گزینه‌ها نسبت به حالت نرمال و U_i برابر است با وزن معیار iام که با کمک تحلیل سلسله مراتبی به دست آمده‌است و Y_i میزان دستیابی به کارایی نرمال گزینه در معیار iام می‌باشد.

نتایج

نتایج وزندهی معیارها

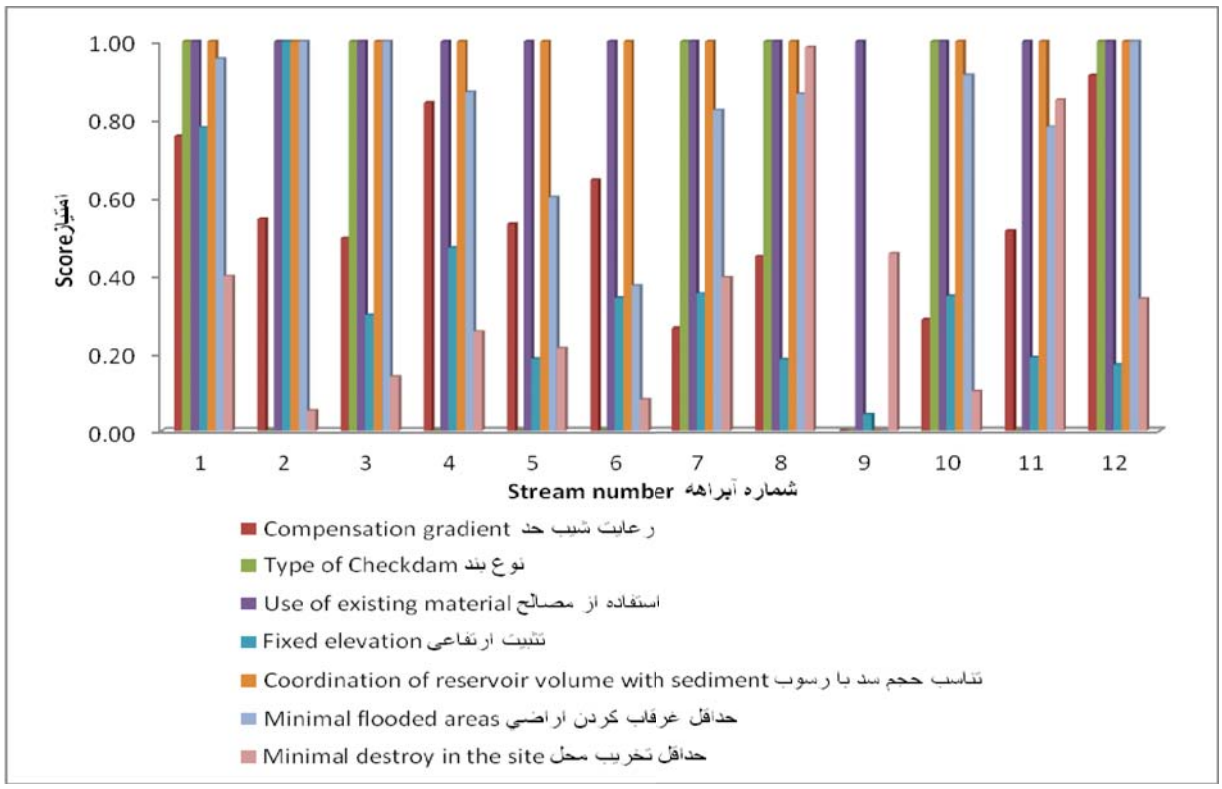
نتایج حاصل از وزندهی معیارها نشان داد که رعایت فاصله بندها بر اساس شیب‌حد رسوبات با ۰/۲۹۷ بیشترین و معیار تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب با ۰/۰۷۱ کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین ناسازگاری پاسخ‌ها ۰/۰٦ درصد و قابل قبول بوده‌است)شکل ٤). نتایج فوق بیانگر این مطلب است که هیچ‌کدام از معیارها دارای تاثیر قابل توجهی بر دیگر معیارها نبوده و هم‌چنین هیچ معیاری نیز دارای وزن خیلی کم و قابل صرف‌نظر کردن نبوده است.

نتایج امتیازدهی به گزینه‌ها

نتایج حاصل از امتیازدهی به گزینه‌های مورد ارزیابی با کمک روابط پیشنهادی به‌خوبی توانست تفاوت گزینه‌ها را در رعایت هرکدام از معیارها نشان دهد)شکل ۵). علاوه بر آن می‌توان گزینه‌ها را بر اساس رعایت هرکدام از معیارها بررسی کرد. نیز با توجه به زمان احداث سازه‌ها طبق جدول شماره (۱)، سیر تغییرات رعایت هر کدام از معیارها را مطالعه کرد.

الف- رعایت فاصله بندها بر اساس شیب‌حد رسوبات

در مجموع بندهای کوچک قدیمی امتیاز بیشتری در این معیار کسب نموده‌اند. بندهای احداث شده در زیرحوزه سرخ‌کوه (ردیف



شکل ۵- امتیاز بندهای هرآبراهه از ۷ معیار تعیین شده.

Figure 5- The score of checkdams networks in 7 criteria.

۱۲ در جدول ۱) دارای بهترین فاصله بر اساس شیب‌حد بوده‌اند (شکل ۵) که نشان می‌دهد طی دو دهه گذشته روند رو به رشدی در رعایت این اصل علمی در اجرای بندهای اصلاحی مورد مطالعه صورت نگرفته است.

ب- انتخاب نوع بند

در تعدادی از آبرهه‌ها، نوع بندها به خوبی انتخاب گردیده و در برخی از آن‌ها انتخاب بند مناسب نبوده‌است. این مورد مختص بندهای قدیمی نبوده و در بندهای جدید هم - علیرغم مطالعات فنی صورت گرفته- گاهی نوع بند درست انتخاب نشده‌است (شکل ۵) که بیانگر عدم بهره‌برداری از منابع علمی و تجربه‌های پیشین در انتخاب نوع بندهای اصلاحی در آبرهه‌ها می‌باشد.

ج- استفاده از مصالح موجود

در کلیه‌ی آبراهه‌های مورد مطالعه که در آن‌ها بندهای سنگ و ملاتی و گابیونی ساخته شده‌بود، تنها مصالحی که به‌صورت محدود در برخی از آنها مشاهده شده‌است، سنگ‌های لاشه بوده‌است و معمولا مجریان از آنها استفاده کرده‌اند و در هیچ کدام از آن‌ها مصالحی -مشابه با مصالح به‌کار رفته در ساخت بندها که در محل باقی مانده‌باشد- مشاهده نشد. در نتیجه هیچ‌کدام از بندها امتیاز منفی بابت عدم استفاده از مصالح موجود، دریافت نکردند (شکل ۵).

د- حداقل تخریب در منطقه

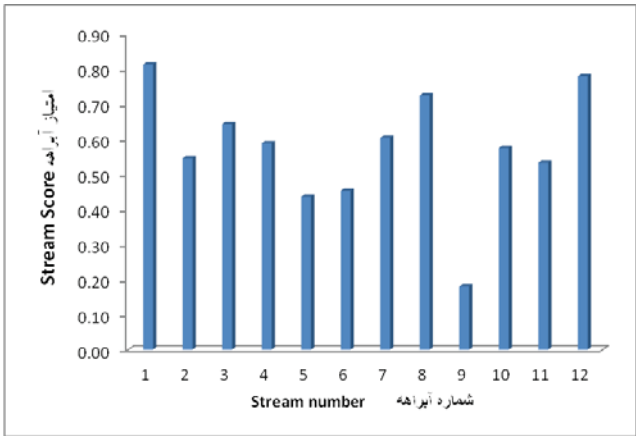
در آبراهه‌های شیب‌داری که بندهای بزرگ در آن‌ها طراحی و اجرا شده (آبراهه چلیچه) و مجریان برای اجرای آن‌ها از ماشین‌های راه‌سازی و باربری استفاده کرده‌اند، بیشترین تخریب ایجاد شده‌است. اما در آبراهه‌های کم شیبی که اطراف آنها اراضی کشاورزی بوده‌است، کمترین آسیب به عرصه‌های مرتعی وارد شده‌است و بیشتر تردد وسایل از داخل اراضی کشاورزی بوده‌است (شکل ۵). نتایج بیانگر این نکته است که به‌واسطه‌ی اجرای سازه‌های مکانیکی در آبرهه‌های شیب‌دار در عرصه‌های مرتعی و جنگلی بیشترین خسارت به طبیعت وارد می‌گردد و میزان خسارت وارده نیز با افزایش حجم بندها بیشتر می‌شود.

ه- تثبیت ارتفاعی آبراهه

از آن‌جایی که امتیاز این معیار بر اساس میزان ارتفاع تثبیت‌شده به حجم مصالح بندها می‌باشد، بندهای کوچک به دلیل ایجاد نسبت بالاتر ارتفاع تثبیت شده به حجم مصالح در یک شبکه آبراهه، طول و ارتفاع بیشتری از آبراهه را تثبیت می‌کنند. یعنی علی‌رغم ایجاد تعداد پی‌های بیشتر در بندهای کوچک، به‌علت وجود کف‌بندهای بزرگ، آنکراژها و ایجاد عرض زیاد در بندهای بزرگ، بازهم نسبت ارتفاع بند به حجم آن در بندهای کوچک بهتر است.

و- تناسب حجم ذخیره پشت بند با رسوب ویژه

بر اساس نتایج، بند اصلاحی دیمه (ردیف۹ در جدول ۱) به علت داشتن حجم زیاد و ساخته شدن در آبراهه‌ای با حوزه‌ای کوچک، امتیازی را کسب نکرده است. اما در بندهای دیگر با توجه به شیب‌دار بودن منطقه و محدود بودن تعداد آن‌ها در یک آبراهه، مجموع حجم ذخیره پشت آن‌ها از رسوب پیش‌بینی‌شده در طول‌عمر مفید بند



شکل ٦- نتایج ارزیابی گروهی بندها

Figure 6- results of checkdams network assessment.

کمتر بوده‌است و طبق آن‌چه در تشریح این معیار آمد، کسر امتیازی نداشتند (شکل ٥).

ز- حداقل غرقاب نمودن عرصه

در بندهایی که مجموع ارتفاع آنها (به غیر از ارتفاع پی) از عمق آبراهه بیشتر است، در نتیجه جمع شدن سیل در پشت آن‌ها، آب و رسوبات از شکستگی پروفیل عرضی آبراهه عبور کرده و وارد عرصه خارج از آبراهه شده‌است و هرچه این اختلاف ارتفاع بیشتر بوده‌است، سطح بیشتری از عرصه خارج از پروفیل عرضی آبراهه، غرقاب شده یا در آینده خواهدشد. بیشترین میزان این معیار در بلندترین بند مورد مطالعه، یعنی بند دیمه و کم‌ترین مقدار در بندهای کوچک قدیمی مشاهده شده‌است که از مزیت‌های آن‌ها به‌شمار می‌رود (شکل ٥).

بحث و نتیجه‌گیری

امتیاز محاسبه شده برای ١٢ گزینه مورد ارزیابی در هر معیار در وزن آن معیار ضرب شده و مجموع آنها امتیاز نهایی یا همان نزدیکی به کارایی نرمال را در محدوده (١-٠) ارایه می‌کند (شکل ٦).

بر اساس نتایج نهایی (شکل ٦) بهترین کارایی بندهای احداث شده را مجموعه بندهای زیر حوزه مرغملک به دست آورده است که با ٥ بند ساده و کوچک گابیونی، توانسته است ٨١ درصد از امتیاز را کسب و به عنوان بهترین شبکه معرفی گردد. پس از آن بندهای زیر حوزه سرخ‌کوه (دره نمک) با ٧٨ درصد از امتیاز کل، مقام دوم را به خود اختصاص داده است. بازبینی امتیازات این دو گزینه نشان داد که رعایت دو معیار مهم کارایی جمعی بندهای اصلاحی یعنی انتخاب نوع بند و رعایت فاصله بندها بر اساس شیب‌حد رسوبات، با وزن بالای خود بیشترین تاثیر را در بالا بردن امتیاز این دو گزینه داشته است. برعکس تنها بند اجرا شده در زیر حوزه دیمه خصوصا به دلیل عدم رعایت این دو معیار کمترین امتیاز را کسب کرده است که این نتایج به خوبی تاثیر رعایت معیارهای مهم‌تر را در بالا بردن کارایی بندها نشان می‌دهد.

به طور کلی، هدف از این پژوهش ارائه راهکاری مناسب، ساده، کاربردی و مبتنی بر اصول علمی است که همه‌ی متخصصان بتوانند در هر مرحله از مراحل اجرای بندهای اصلاحی از طراحی تا احداث و بعد از احداث نسبت به ارزیابی فنی و اقتصادی بندها اقدام کنند ضمن آنکه نتایج حاصل کمترین تاثیر را از شرایط طبیعی و نظرات کارشناسی بپذیرد. طبیعی است برای رسیدن به این روش نیاز به معیارها یا شاخصهایی است که تاکنون درمنابع علمی و دستورالعملهای ارزیابی وجود نداشته‌اند. معیارها به گونه‌ای طرح شده‌اند که کاربردی و ساده بوده و اعداد به دست آمده از آنها همگن باشد تا قابل بررسی و مقایسه باشند. بدیهی است روابط پیشنهادی در صورت رفع نواقص احتمالی می‌توانند به منبعی برای مطالعات و ارزیابی‌های بعدی تبدیل گردند. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در این بررسی مفید بود و نتایج این مطالعه نشان داد که محاسبه امتیاز گزینه‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند نتایجی به مراتب دقیق‌تر، کاربردی‌تر و ملموس‌تر از به‌دست آوردن وزن گزینه‌ها در روش معمول ارایه دهد؛ ضمن آن‌که خطای انسانی را خصوصا در مواردی که تعداد گزینه‌ها زیاد باشند، کم می‌کند.

پیشنهادها

با توجه به اهمیت سازه‌های آبخیزداری و هزینه بسیار زیادی که در بردارند موارد زیر برای بهبود عملکرد طرح‌های آتی پیشنهاد می‌شود:

در تعیین فاصله بندها، شیب‌حد رسوبات رعایت شود.

از احداث یک بند منفرد در آبراهه‌ها خودداری گردد.

نوع بندهای اصلاحی متناسب با طبیعت محل اجرا انتخاب شود تا بیشترین کارایی فنی را داشته باشد.

از نظر اقتصادی با اولویت استفاده از مصالح محل، کم‌ترین هزینه صرف ساخت آن‌ها گردد.

در آبراهه های شیب‌دار از بندهای کوچک خشکه‌چین استفاده شود و تا جایی که بندهای خشکه‌چین و گابیونی کارایی دارند، به هیچ وجه از بندهای سنگ و ملاتی استفاده نشود تا علاوه بر کم کردن هزینه‌ها، مجبور به استفاده بیش از حد از خودروهای حمل‌بار نشویم.

از آن‌جاکه در آبراهه‌های شیبدار و کوچک ذخیره رسوبات اقتصادی نیست، نسبت به اجرای بندهای کوچک اقدام گردد؛ تا اختلاف ارتفاع بیشتری از بستر تثبیت گردد و ذخیره رسوبات به عنوان اولویت دوم در مقاطع کم شیب پیش‌بینی گردد.

در کل حوزه یا در مقاطع مختلف طول آبراهه‌ها، حجم کل رسوب قابل‌حمل، براورد گردد تا حجم ذخیره در بندها متناسب با رسوب پیش‌بینی شده محاسبه گردد و از ساختن بندهای بزرگ و مرتفع، خصوصا در سر شاخه‌های آبراهه‌ها خودداری گردد.

تا حد ممکن ارتفاع بندها از پروفیل طبیعی آبراهه تبعیت نماید و با افزایش غیر موجه ارتفاع بند، علاوه بر پایین آوردن کارایی آن،

موجب تخریب زمین و پوشش گیاهی حاشیه آبراهه نیز نگردد.

منابع

1. Abbasi, M., M.M. Kheirkhahezarkesh, M. Hosseini, M. Mohseni Saravi, M.Roghani, and B. Ghermezcheshme, 2009, Assessment of Thecnical Watershed Management Projects using HEC- HMS (Case Study: Kan Basin, Tehran Province), 6th Conference on Watershed Management Science and Engineering, Noor, Iran. P:1-8, (In Persian).

2. Assian. S., M. Hemmati, and K. Samandizadeh, 1388, Assessment of Strategic Planning in producer companies using Fuzzy AHP, Industrial Management Magezine, Azad e Eslami university, Sanandaj, No, 7, (1-20).(In Persian).

3. Dastoorani, M.T., and Sharifi Darani, H., 2008, Assessment Criteria for Biologic Projects in Watershed Management, 5th national watershed Management science and thecnology, Gorgan. P: 318. (In Persian).

4. Eshghizadeh M., and Noora, N., 2013, Determination of the Suitable Site to Build Underground Dams for the Recharge and Discharge Control of Qanats by Using Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of Iran-Watershed Management Science & Engineering 7 (22) :39-52 (in Persian)

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

6. Ghodrati, A.R., 2004. Evaluation of Watershed Management Results in Sefidrood Basin, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran (In Persian).

7. Ghodsipour, H., 2006. Analytical Hierarchy Process AHP, Polythecnic University of Amir Kabir, Tehran 230p. (In Persian).

8. Hanafizadeh, P., S.H., Mousavi, and M.A., Nayebi, 2009. introduction of a model for assessment and priority of Fuel Station using AHP, Management and Development Magazine, No 2,: 35-56 (In Persian).

9. Khatami Firoozabadi, A, 2008. Multicriteria decision making methods, Modiran Emrooz pub. Tehran, 320 p (In Persian).

10. Liberrator, M. J., Nydick. R. L., Sanchez, P. M. 1992. "The evaluation of research paper (or how to get an academic committee to agree on something)" Interfaces, 22(2) 92-100.

11. Lowdermilk, M.K. Clyma , W, Dunn, L.E. Haider, M,I Latos W.R, Nelson, L,J. Sunada, D,K. podmire, C,A. & podmor, T,H. 1983. Concepts and methology, diagnostic analysis of irrigation system, C, A podmore. Colorado State Univershty Water Management Synthesis prject, Fort Collins, Colirado, USA.

12. Nassiri Ghidari, A., A.A., Montazer and M. Momeni, 2010. Using Analytical Hierarchy Process AHP and TOPSIS Thecnique in Determining of Value Weithged 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)

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

14. Rahmani, Sh., and A.A. Ebrahimi, 2009. Necessity of Comperehensive Approache in Priority and selection of Watershed Management Projects, (Case Study: Vastegan Basin, Chaharmahal and Bakhtiary Province, 5th National Conference on Watershed Management science and Engineering, Gorgan, Iran P: 320. (In Persian).

15. Refahi, H.GH, 2009. Water Erosion and Control, Trhran University, Second Eddition, 551p. (In Persian).

16. Saaty TL, 1994. Highlights and Critical Points in the theory and application of the Analytical Hierarchy Process, European jornal of Operation Research 74:426-447.

17. Sadeghi, S.H.R., F. Sharifi, A. Frootan, M. Rezaei, Quantified Assessment of Watershed Manangement (case Study: Keshar basin), Pajoohesh and Sazandegi Journal, 65: 96-102 (In Persian).

18. Sadeghi Roshan, M.H., H. Ahmadi, GH. Zehtabian, and M., Tahmooress, 2010, Application of

Analytical Hierarchy Process (AHP) in Assessment of the Desertification (Case Study: Khezrabad, Yazd), Rangeland and Desert Research Journal, 17 (1): 35-50. (In Persian)

19. Sameti, M., and M. Asghari, 2003, Priorities of Industry Development in Isfahan Province based on AHP, Journal of Commerce, No, 27: 59-90. (In Persian)

20. Tam, M. C. Y, Tummala, V. M. R., 2001, "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system". Omega 29: 171-182.

21. Vernes. D, J., 1984. Landslide Hazard Zonation, a Review of Principle & Practice. UNESCO, Pragi, 60 p.

22. Xu, Y.D., B. J. Fu, 2012. Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, Chinaby model simulations, Hydrology and Earth System Sciences, 9:13491–13517.

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 9, No. 28, Spring 2015

سال نهم- شماره ۲۸- بهار ۱۳۹۴

Abstract

Evaluating Group Efficiency of Check Dams Using Analytical Hierarchy Process (AHP)

R. Zare Bidaki[1] and A. Ghanbari[2]

Accepted: 2014. 06. 22 Received : 2013. 02. 04

Structural operations in watersheds, particularly check dams cost a lot. Therefore, it is important to evaluate their performance. To evaluate the performance of any project, one needs some indicators that can evaluate the overall performance of the project by assessing them. For evaluating of check dams' efficiency, one should evaluate in detail the influencing indicators. Indicators based on behavior of the nature and the efficiency of implemented measures. The purpose of this research is providing scientific and precise criteria for assessing overall efficiency of check dams and evaluating some series of check dams in Chaharmahal and Bkhtiary streams using these criteria. In this work, 12 streams are selected with Gabions and Stone- mortar check dams that are in operation within 1986-2011 and have the most diversity in design, dimensions and catchment conditions. Then, seven Criteria defined that affect group efficiency of check dams or relate to entire network like; spacing of check dams based on compensation gradient, type of check dam, use of existing material, minimal destruction in the site, fixed elevation of channel, coordination of reservoir volume with sediment deposited, and minimal flooded areas. The score of any item in these criteria computed based on introduced formulas. Then, all criteria weighted with paired comparisons questionnaire method. Finally using an optimized model in analytical hierarchy process, all understudy check dams were assessed. Results showed that the criterion" spacing check dams based on compensation gradient" was 0.297, and "type of check dam" was 0.168, have the most effect on group efficiency of check dams. Also, between studied waterways, series of check dams in "Marghmalek" and "Sorkhkooh" despite of their simplicity and being small get the highest scores (80 %) and in fact had the best performance.

Keywords: Chahar Mahal and Bakhtiary Province, Criterion, Gabion Check dam, Ranking, Stream Erosion, Stone-mortar Check dam, Watershed manngment.

1- Associate Professor of natural resources and earth science – Shahrekord University. Corresponding author Email: . Zare.rafat@nres.sku.ac.ir
2. M.Sc.Student University of Shahrekord.