

ارزیابی اقتصادی آب‌شکن‌های احداث شده بر روی زنگان رود

احمد حسینی^۱، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری
 ابراهیم صابری، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری
 مهدی حبیبی، دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۵/۱۴

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۰۴

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر آب‌شکن‌های احداث شده در حفاظت و احیای زمین‌های مستعد کشاورزی حاشیه زنگان رود، از دیدگاه اقتصادی انجام شده است. در این مقاله ابتدا میزان ارزش خالص فعلی احداث هر آب‌شکن بر اساس هزینه‌های تفصیلی مصالح به‌کاررفته، مدت زمان دوره سرمایه‌گذاری محاسبه شد. سپس نرخ تنزیل اجتماعی، با روش تبدیل قیمت‌های سایه به بازاری به‌دست آمد. در ادامه با تعیین نسبت هزینه به فایده، میزان بازدهی طرح محاسبه و نرخ بازده داخلی آن نسبت به نرخ تنزیل اولیه سنجیده و مورد مقایسه قرار گرفت. آن‌گاه منافع حاصل از قبیل افزایش سطح زیرکشت، توسعه پوشش گیاهی، کاهش فرسایش اراضی، ایجاد فرصت‌های شغلی و درآمدهای حاصله محاسبه شد. در پایان پس از محاسبه ارزش فعلی خالص اولیه (NPV_1) و ثانویه (NPV_2) و نرخ بازده داخلی (IRR) و نسبت فایده به هزینه (BCR)، و از سوی دیگر برآورد نرخ بازده ساده طرح، نتایج احداث آب‌شکن‌ها و تأثیر آن در توسعه کشاورزی از نظر اقتصادی ارزیابی شد. به‌طورکلی، با توجه به مطالعات و ارزیابی‌های صورت گرفته، در نظرگرفتن اهداف طرح سامان‌دهی زنگان رود، می‌توان اذعان نمود که علی‌رغم عدم هم‌خوانی برخی از مشخصات هندسی آب‌شکن‌های اجرا شده با اصول فنی و معیارهای طراحی، پروژه یاد شده به اهداف اصلی اقتصادی خود دست یافته است.

واژه‌های کلیدی: احیای زمین، بستر رودخانه، تحلیل اقتصادی، حفاظت، کاهش فرسایش

مقدمه

به‌طور کلی پروژه‌های مهندسی رودخانه جزء آن گروه از پروژه‌های عمرانی هستند که به‌خودی خود سودآوری مستقیم برای دستگاه هزینه‌کننده ندارند. اثرات مثبت این گونه طرح‌ها، به‌عنوان پروژه‌های زیربنایی، در درازمدت و یا کوتاه‌مدت در منافع ملی نمایان می‌شود و عمده منافع آن عاید مردم خواهد شد. در توجیه اقتصادی این گونه پروژه‌ها غیر منطقی خواهد بود اگر صرفاً به سوددهی مستقیم و بازیافت سرمایه در مدت محدود فکر شود، بلکه ضروری است این مسئله در ابعاد وسیع‌تر و در قالب برنامه‌های توسعه اقتصادی مورد توجه قرار گیرد.

آب‌شکن‌ها سازه‌های عرضی یا در واقع دیواره‌های متقاطع هستند که به کناره رودخانه متصل شده و گاهی به‌صورت یک سری متوالی و گاهی به‌صورت منفرد باعث انحراف آب از محل کناره‌ها می‌شوند و عمدتاً درحفاظت دیواره‌های خارجی پیچ‌ها، طرح‌های اصلاح مسیر و کاهش عرض رودخانه به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها معمولاً از جنس سنگ، پاره‌سنگ، شن، خاک، مصالح سنگ‌ریزه‌ای، توری‌سنگ و الوار (چوبی یا فلزی) با زاویه مشخص نسبت به کناره رودخانه از طرف ساحل به‌سمت مرکز جریان، ساخته می‌شوند و باعث دور نمودن جریان از بازه بحرانی و نیز موجب تنگ‌شدگی موضعی در داخل جریان می‌شوند. عمل‌کرد مثبت این سازه‌ها از یک‌سو به ویژگی‌های طبیعی رودخانه و از سوی دیگر به رعایت نکات فنی در حین طراحی و احداث سازه بستگی دارد. آب‌شکن‌ها از لحاظ ساختار، شکل ظاهر، و نحوه تأثیرگذاری بر جریان رودخانه دارای انواع متعددی هستند. معمولاً بر

^۱ نویسنده مسئول hosseini_sa@scwmri.ac.ir

مبنای چهار ویژگی مصالح ساختمانی، موقعیت تاج آبشکن، زاویه قرارگیری آبشکن نسبت به جریان و شکل دماغه آبشکن طبقه‌بندی می‌شوند.

در کشورهای مختلف دنیا، به‌ویژه در آمریکا ارزیابی طرح‌های آبخیزداری دارای سابقه‌ای بیش از ۶۰ سال است. در ایالات متحده آمریکا، ارزیابی کارایی و عمل‌کرد اقدامات فنی و مکانیکی (سازه‌های حفاظت خاک و آب) با نظارت سرویس حفاظت خاک این کشور (SCS) در سال ۱۹۳۲ برای اولین بار به‌وسیله Bennet صورت گرفت و Gustatson در سال ۱۹۳۷ با ادامه بررسی‌های Bennet نتیجه گرفته است که درصد موفقیت در مهار و مبارزه با فرسایش در حوزه‌های آبخیز به انتخاب سازه‌های مناسب و در عین حال مشخصات فنی و سهولت اجرایی آن‌ها بستگی دارد. (نقل از حسینی و همکاران ۱۳۸۱)

بررسی‌ها نشان می‌دهد، چنانچه در انجام عملیات آبخیزداری اصول فنی و علمی مورد توجه قرار گیرد، حفاظت آب و خاک و پیامدهای مثبت و ارزنده اقتصادی-اجتماعی و حتی سیاسی حاصل از اجرای این‌گونه عملیات حتمی است. طرح‌های آبخیزداری در راستای کنترل فرسایش خاک و کاهش رواناب در نقاط مختلف دنیا اجرا می‌شود. اجرای طرح‌های آبخیزداری مستلزم صرف مبالغ قابل توجهی اعتبار است. بنابراین، برای پی بردن به نتایج این فعالیت‌ها در کشورهای مختلف ارزیابی عمل‌کرد طرح‌های آبخیزداری انجام می‌شود. Chandra و Gard (۱۹۶۹) نشان دادند که طول حفاظت شده یا فاصله بین آبشکن‌ها بستگی بسیار کمی به زاویه آبشکن (θ) دارد ولی شعاع انحناء عامل مهمی است. به‌طوری‌که در مسیرهای مستقیم با شعاع انحناء (T/W) زیاد، فاصله آبشکن‌ها در حدود پنج برابر طول آبشکن و در پیچ‌ها حدود یک تا دو برابر طول آبشکن توصیه شده است (نقل از حسینی و همکاران، ۱۳۸۱).

در تحقیقی Rajaratnam و Novachoko (۱۹۸۳) نشان دادند که شکل مقطع آبشکن تأثیر مهمی روی طول حفاظت شده دیواره دارد. به‌طوری‌که برای یک آبشکن با مقطع قائم و تیغه‌ای نازک، این فاصله ۱۲ برابر طول آبشکن است در حالی‌که برای مقطع نیمه استوانه‌ای (یا تقریباً دوزنقه‌ای) معادل پنج برابر طول آبشکن توصیه شده است. Richardson و همکاران (۱۹۷۵) طول حفاظت شده در یک مسیر نسبتاً مستقیم را هفت تا ۱۱ برابر طول قائم آبشکن توصیه نموده‌اند. Charlton (۱۹۸۲) و Peterson (۱۹۸۶) اظهار نمودند که آبشکن‌های طویل ممکن است علاوه بر آبشستگی زیاد، باعث حمله جریان به دیواره‌های مقابل شوند، و فاصله زیاد بین آبشکن‌ها نیز ممکن است روند مارپیچی شدن رودخانه را توسعه بخشد. Bandrant (۱۹۷۵) فاصله بین آبشکن‌ها را به‌صورت ضریبی از طول قائم آبشکن بیان نموده است. بدین صورت که فاصله آبشکن‌ها برابر با حاصل ضرب متوسط طول دو آبشکن متوالی و نسبت طول به فاصله ایی است. محققین مختلف دیگری نیز براساس نتایج تجربی حاصله، نسبت فاصله به طول آبشکن (S/L) را به صورت‌های مختلفی پیشنهاد نموده‌اند. Richardson و همکاران (۱۹۷۵) فاصله آبشکن‌ها را از سه تا چهار برابر تا ۱۰-۱۲ برابر طول قائم آبشکن گزارش نموده‌اند. Charlton (۱۹۸۲) برای مسیرهای مستقیم فاصله آبشکن‌ها را از چهار تا ۴/۵ برابر طول قائم آبشکن پیشنهاد می‌کند (نقل از Charlton، ۱۹۸۲).

در بررسی‌های Franco (۱۹۶۷) معادله زیر برای محاسبه بیشینه فاصله آبشکن‌ها ارائه شده است که به‌وسیله Charlton (۱۹۸۲) و Kinori و Moaresh (۱۹۸۴) نیز گزارش شده است (نقل از حسینی و همکاران، ۱۳۸۱).

$$S = a \frac{h^{4/3}}{2gn^2} \quad (1)$$

که در آن، S فاصله حداکثر آبشکن‌ها (متر)، h عمق متوسط جریان (متر)، g ثابت شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)، n ضریب زبری مانینگ مقطع و a ضریب ثابت کوچک‌تر از واحد است.

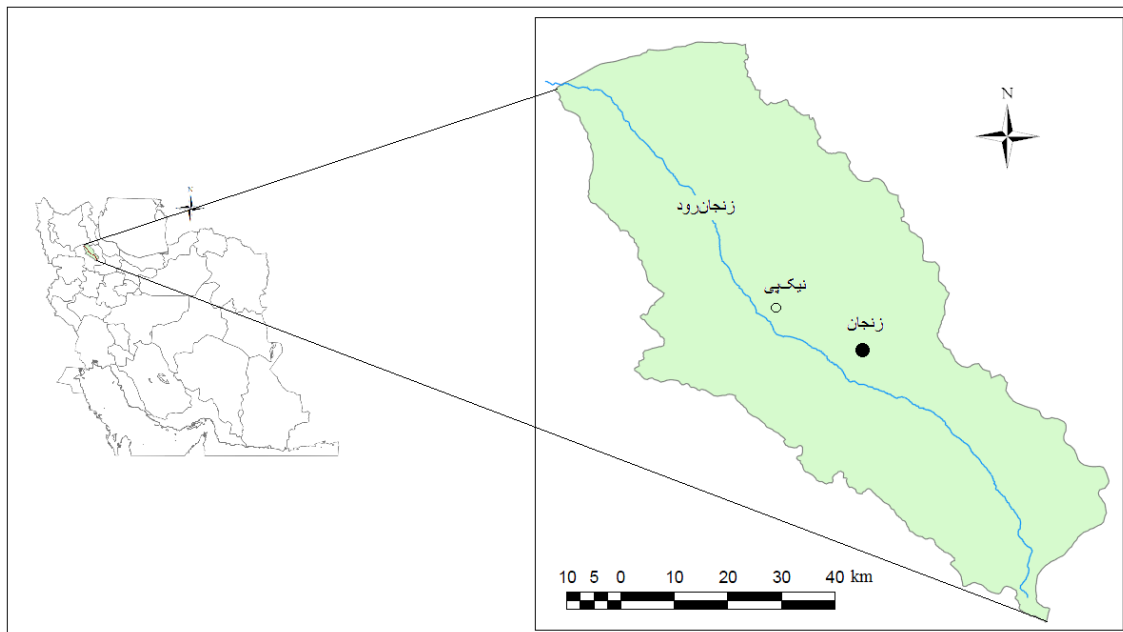
به‌طوری‌که برای تأمین شرایط برای ایجاد یک جریان چرخشی قوی در پشت آبشکن (که معمولاً رسوب‌گذاری و تثبیت طبیعی دیواره را به‌دنبال دارد) مقدار $\alpha = 0.6$ گزارش شده است. Kinori و Moaresh (۱۹۸۴) برای حفاظت مناسب دیواره‌ها، فاصله آبشکن‌ها را یک تا پنج برابر طول آن‌ها توصیه نموده‌اند. Peterson (۱۹۸۶) فاصله موثر را ۱/۵ تا شش برابر طول قائم آبشکن بالا دست می‌داند که برای هدف کشتیرانی این فاصله ۱/۵ تا دو برابر و برای حفاظت دیواره‌ها دو تا شش برابر خواهد بود. براساس آخرین نتایج حاصله از مطالعات عباسی و همکاران (۱۳۷۵) برای

آبشکن‌های گابیونی با زاویه عمود بر جریان و در مسیر مستقیم رودخانه مشخص گردید که در آبشکن‌های مستقیم و سرکج نسبت فاصله به طول برابر سه و برای آبشکن‌های سرسپری مقدار چهار برای این نسبت مناسب است. در پروژه سامان‌دهی زنجان‌رود، مدیریت آبخیزداری استان زنجان، با اهداف پیش‌گیری از تخریب جاده ترانزیتی زنجان-تبریز، حفاظت از اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه و حفظ محیط زیست که در منطقه از نظر اقتصادی و اجتماعی دارای اهمیت بالایی است، طرح‌هایی را که دارای مزیت‌های نسبی اقتصادی هستند، در بستر رودخانه اجرا نموده است. این امر با احداث آبشکن‌های پاره‌سنگی، به‌کارگیری سازه‌هایی از جنس گابیون، خشکه‌چین، سنگ و ملات، ایجاد خاک‌ریزهای طولی و بر پا نمودن دیوارهای سنگ و سیمانی در دو جناح اصلی رودخانه صورت گرفته است. در این مقاله، آبشکن‌های احداث شده از دیدگاه اقتصادی تحلیل و ارزیابی و درآمدهای حاصله با هزینه‌های احداث مقایسه شده‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه زنجان‌رود یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه قزل‌اوزن است که از محل چمن‌سلطانیه واقع در ۴۵ کیلومتری خاور شهر زنجان شروع و پس از طی حدود ۱۴۲ کیلومتر در محل روستای رجعین واقع در ۸۵ کیلومتری باختر شهر زنجان به رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندد. وسعت حوزه آبخیز زنجان‌رود حدود ۴۶۱۴ کیلومترمربع است. این رودخانه زه‌کشی آب‌های منطقه را به‌صورت‌های سطحی و زیرزمینی انجام می‌دهد. شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز و محدوده سامان‌دهی شده زنجان‌رود را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز و محدوده سامان‌دهی شده زنجان‌رود (سازمان برنامه و بودجه استان زنجان، ۱۳۷۲)

زنجان‌رود با شیب طولی ۳ تا ۵ در هزار و با عرض بستر پنج تا ۷۰۰ متر، در ماه‌های پرباران سیلابی بوده، علاوه بر فرسایش بستری، دارای مشکل فرسایش کناره‌ای است. به‌طوری که اراضی حاشیه آن که از بهترین و حاصل‌خیزترین اراضی حوضه به‌شمار می‌روند، در معرض تهدید مداوم قرار دارند. علت پدیده فرسایش در زنجان‌رود وجود مواد درشت‌دانه و حرکات لغزشی و جهشی این مواد، به‌ویژه در هنگام طغیان رودخانه و نیز وجود دبی‌های متغیر در ماه‌های

پرآب و املاح زیاد گچی و نمکی آن است. فرسایش کناری هر ساله خسارات و مشکلات بسیاری را برای تأسیسات و زمین‌های مستعد کشاورزی حاشیه رودخانه به وجود می‌آورد.

خصوصیات کلی آبشکن‌های احداث شده: به منظور جلوگیری از فرسایش‌های کناری زنجان رود، ستاد اجرایی طرح آبخیزداری سفیدرود با همکاری مدیریت آبخیزداری و امور زیربنایی زنجان، اقدام به مطالعه، طراحی و احداث آبشکن‌های پاره‌سنگی و گابیونی در حدود ۳۵ کیلومتر از مسیر انتهایی آن نموده است (شکل‌های ۲ و ۳). بیش‌تر آبشکن‌ها به صورت اسکله‌ریزی و در جهت عمود بر جریان رودخانه و در پاره‌ای موارد با زاویه‌ی ۶۰ تا ۱۲۰ درجه نسبت به جهت جریان اجرا شده‌اند. با احتساب فاصله متوسط ۴۰ متر بین هر دو آبشکن متوالی، در طول محدوده طرح حدود ۱۰۰۰ آبشکن احداث شده که در ساخت آن‌ها پاره‌سنگ‌هایی به قطر ۴۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر استفاده شده است و در برخی بازه‌ها، در حدفاصل محدوده اجرای پروژه، هیچ سازه‌ای دیده نمی‌شود (سازمان برنامه و بودجه استان زنجان، ۱۳۷۲).

شمای کلی ارزیابی اقتصادی انجام شده: پس از انجام بازدیدها، برداشت‌های صحرائی و مراجعه به اسناد و گزارش‌های پروژه، هزینه‌های ساخت آبشکن‌ها برآورد شد و محاسبات لازم برای تعیین میزان منافع حاصل از طرح از نظر اقتصادی انجام شد. در این ارزیابی ابتدا میزان ارزش فعلی خالص^۱ (NPV) احداث هر آبشکن، هم‌راه با هزینه‌های تفصیلی مصالح به کار رفته در آن و مدت زمان دوره سرمایه‌گذاری و نرخ تنزیل اجتماعی، با روش تبدیل قیمت‌های سایه^۲ (قیمت‌های حساب‌داری) به بازاری برای کلیه سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، محاسبه شد. آن‌گاه به منظور محاسبه نسبت فایده به هزینه^۳ (BCR) میزان بازدهی طرح محاسبه و نرخ بازده داخلی^۴ (IRR) نسبت به نرخ تنزیل اولیه، سنجیده و مقایسه شد. در گام بعد، منافع حاصل از قبیل افزایش سطح زیر کشت، توسعه پوشش گیاهی، کاهش فرسایش اراضی و نیز ایجاد فرصت‌های شغلی و درآمدهای ناشی از آن محاسبه شد (مهندسان مشاور سازه‌پردازی ایران، ۱۳۷۲).



شکل ۲ - نمونه‌ای از آبشکن‌ها و خاک‌ریزهای طولی احداث شده در زنجان‌رود

¹ Net Present Value

² Shade Price

³ Benefit Cost Ratio

⁴ Internal Ratio Return



شکل ۳ - نمونه‌ای از ابعاد یک آب‌شکن احداث شده در زنجان رود به‌روش اسکله‌ریزی

محاسبه هزینه ساخت آب‌شکن‌ها: با استفاده از فهرست‌بهای مربوط به سال‌های اجرای طرح، نرخ به‌وسیله تهیه مصالح، هزینه‌های حمل و نقل و نیروی انسانی به‌شرح ذیل تعیین شد.

۱. با توجه به استعلام‌های صورت‌گرفته از منابع ذیربط و مراجعه به فهرست‌بهای سال‌های مربوطه، هزینه تهیه مصالح و سنگ‌های مصرفی به‌طور متوسط در سال ۱۳۷۲ حدود ۱۷۱۴ ریال برای هر تن برآورد می‌شود (صابری، ۱۳۸۰).

۲. هزینه حمل و جا به‌جایی سنگ‌های مصرفی در بدنه و پی آب‌شکن‌ها و سایر هزینه‌های مرتبط، برای هر تن به‌طور متوسط ۱۵۰۰ ریال در نظر گرفته می‌شود (مهندسان مشاور سازه‌پردازی ایران، ۱۳۷۲).

۳. هزینه نیروی انسانی جهت کارهای مکانیکی ۷۰۰ ریال برای هر تن برآورد می‌شود (مهندسان مشاور سازه‌پردازی ایران، ۱۳۷۲).

با توجه به ابعاد و شکل هندسی آب‌شکن‌ها، حجم متوسط بدنه هر آب‌شکن معادل $133/2$ مترمکعب و حجم مصالح مصرفی در پاشنه و پی هر آب‌شکن برابر با ۹۰ مترمکعب برآورد شد و بر مبنای وزن مخصوص ۲۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب، وزن مصالح استفاده شده در هر آب‌شکن حدود ۵۸۰ تن به‌دست آمد. با در نظر گرفتن تعداد کل آب‌شکن‌ها (۱۰۰۰ عدد)، هزینه تهیه کل مصالح مصرفی ۹۹۴ میلیون ریال برآورد شد. هزینه حمل و جا به‌جایی سنگ‌های مصرفی در بدنه و پی آب‌شکن‌ها و سایر هزینه‌های مرتبط، با در نظر گرفتن حجم متوسط و تعداد کل آب‌شکن‌ها معادل ۸۷۰ میلیون ریال محاسبه شد. هزینه نیروی انسانی برای کارهای مکانیکی با احتساب ۷۰۰ ریال برای هر تن ۴۰۶ میلیون ریال برآورد شد. بر این اساس هزینه کل احداث آب‌شکن‌ها معادل ۲۲۷۰ میلیون ریال برآورد شد (پرایزکی، ۱۳۶۵).

محاسبه درآمدها (منافع): به‌منظور ارزیابی منافع ریالی آب‌شکن‌های احداثی، عمل‌کرد آن‌ها طی مدت ۱۰ سال گذشته با توجه به اهداف زیر مورد سنجش قرار گرفت.

۱. مهار سیلاب به‌منظور جلوگیری از تخریب محور (جاده) زنجان-میانه
۲. مهار سیلاب به‌منظور جلوگیری از تخریب اراضی حاشیه‌ای
۳. مهار سیلاب جهت نگهداری و حفاظت و بازیافت اراضی
۴. افزایش پوشش گیاهی در اراضی حاشیه و بهبود محیط زیست و حیات وحش
۵. کاهش میزان فرسایش (رسوب) رودخانه
۶. درآمد حاصل از تولیدات کشاورزی و باغی زمین‌های مجاور

۷. افزایش ذخیره آب سفره‌های زیرزمینی در حاشیه رودخانه

با توجه به عوامل مؤثر در درآمدزایی و نیز از دیدگاه حفاظت منابع حاشیه رودخانه، کم‌ترین میزان درآمد به این شرح ذیل محاسبه شد (پرایزکی، ۱۳۶۵). ارزش آب حاصل از تغذیه و حفظ ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی با در نظر گرفتن میزان ذخیره و کمینه مقدار برای نفوذ مؤثر، به میزان یک درصد از کل ۵۸۳ میلیون مترمکعب حجم آب جریان یافته در رودخانه و مطابق با اطلاعات سازمان آب استان به منظور استخراج متوسط ارزش آب بهاء برای هر مترمکعب معادل ۵۰ ریال، کمینه ارزش آب برابر با ۲۹۱/۵ میلیون ریال برآورد می‌شود.

$$\text{کمینه ارزش آب (ریال)} = ۵۸۳۰۰۰۰۰۰ \times ۱\% \times ۵۰ = ۲۹۱۵۰۰۰۰۰$$

حفاظت از اراضی موجود: در حدفاصل محل اتصال زنجان‌رود به قزل‌اوزن تا پل سرچم، بر طبق برآوردهای انجام شده در عرض متوسط ۸۰۰ متر و طول ۹۵۰۰ متر در دو طرف رودخانه ۷۶۰ هکتار زمین زراعی و از محل پل سرچم تا انتهای طرح در عرض متوسط ۷۰۰ متر و طول ۱۵۰۰۰ متر، ۱۰۵۰ هکتار زمین زیر کشت قرار دارد. با این توضیح کل اراضی زراعی موجود در دو طرف زنجان‌رود بالغ بر ۱۸۱۰ هکتار است. حدود ۷۰ درصد از این مقدار زمین (۱۲۶۷ هکتار) شامل زمین‌های مرغوب‌تر است که در دشت سیل‌گیر واقع شده، هدف از اجرای طرح ساماندهی، حفاظت از آن‌ها بوده است. با بررسی‌های صحرائی و ارزیابی‌های انجام شده مشخص شد که این اراضی بعد از اجرای طرح ساماندهی نسبتاً محافظت شده و کم و بیش از خطر فرسایش محفوظ مانده‌اند. با توجه به ۲۲۷۰ میلیون ریال هزینه اجرای طرح در فاز اول، یعنی از محل اتصال زنجان‌رود به قزل‌اوزن تا پل سرچم به مسافت ۱۶ کیلومتر، هزینه هر کیلومتر آب‌شکن‌سازی در زمان اجرای طرح ۱۴۰ میلیون ریال بوده است. با ساختن این آب‌شکن‌ها حدود ۸۵ هکتار زمین با درآمد سالیانه ۱۶۹ میلیون ریال (در سال ۱۳۷۲) حفاظت شده است. یعنی به‌ازای هر کیلومتر طرح ساماندهی حدود ۵۰ هکتار زمین حفاظت شده است. در تحلیل‌های انجام شده، با شناسایی محدوده مشجر رودخانه، ارزش اقتصادی قلمستان‌ها، باغ‌ها و اشجار و پوشش گیاهی محافظت شده مورد توجه قرار گرفته است.

درآمد حاصل از کاهش خسارات فرسایش و رسوب: میزان رسوب سالیانه زنجان‌رود در برآوردهای فنی ۸۰۰/۰۰۰ تن ارزیابی شده است که بر اساس گزارش‌های مدیریت آبخیزداری استان، اجرای طرح در طی ۱۲ سال، سبب کاهش کمینه پنج درصد رسوب سالیانه شده است. با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی ۱۰۰۰ ریال برای حفظ هر تن خاک، درآمد حاصل از کاهش خسارات فرسایش به شرح زیر محاسبه می‌شود (سازمان برنامه و بودجه استان زنجان، ۱۳۷۲).

$$\begin{aligned} \text{حجم تقریبی کل رسوب طی ۱۲ سال (تن)} &= ۸۰۰۰۰۰ \times ۱۲ = ۹۶۰۰۰۰۰ \\ \text{کمینه میزان رسوب کاهش داده شده (تن)} &= ۹۶۰۰۰۰۰ \times ۵\% = ۴۸۰۰۰۰۰ \\ \text{کمینه درآمد حاصل (ریال)} &= ۴۸۰۰۰۰۰ \times ۱۰۰۰ = ۴۸۰۰۰۰۰۰۰ \end{aligned}$$

با توجه به مرغوبیت و حاصل‌خیزی خاک اراضی حاشیه رودخانه که ناشی از نهشته شدن رسوبات رودخانه‌ای است، کشاورزی در دو طرف رودخانه در محدوده حفاظت‌شده از رونق خاصی برخوردار است. مساعد بودن شرایط اقلیمی منطقه و سهولت استفاده از آب، موجب شده است که محصولات متنوعی مانند برنج، یونجه، جارو، خیار، هندوانه، گوجه‌فرنگی، پیاز و حبوبات در آن کشت شود. از بین این محصولات، کشاورزان به کشت برنج، جارو، پیاز و یونجه رغبت بیشتری نشان می‌دهند. براساس اطلاعات محلی جمع‌آوری شده از هر هکتار اراضی حاشیه رودخانه حدود سه تا ۴/۵ تن برنج که به‌طور متوسط قیمت واحد وزن آن در دوره مربوطه، حدود ۲۰۰۰-۳۰۰۰ ریال بوده است و همچنین حدود ۸۰۰-۷۰۰ عدد جارو به‌قیمت هر عدد ۲۰۰۰ ریال برداشت می‌شود. چنانچه ارزیابی‌های اقتصادی بر مبنای ۱۲۰۰ هکتار زمین حفاظت‌شده و ارزش ریالی تولیدات کشاورزی بر اساس داده‌های منطقه‌ای، به‌طور متوسط دو میلیون ریال برای هر هکتار انجام شود، در این صورت میزان کل درآمد زمین‌های مذکور با احتساب ۳۱۰ هکتار دیگر، مربوط به اراضی احیا شده، یعنی جمعاً ۱۵۱۰ هکتار مبلغی حدود ۳۰۲۰ میلیون ریال در سال خواهد بود.

ارقام درآمدها و هزینه‌های طرح احداث آب‌شکن‌های زنجان‌رود در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول بیان‌گر هزینه سرمایه‌گذاری و پیش‌بینی درآمدها در حال و آینده است. در این جدول برای ارزیابی یک دوره زمانی ۱۰ ساله با

مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری و درآمدهای استحصال، از تحلیل هزینه-فایده اقتصادی استفاده شده است. به‌طور کلی مجموع درآمدهای حاصل از عملیات پوشش گیاهی و ذخیره آب و کاهش خسارات به تأسیسات و نواحی حاشیه رودخانه، افزایش محصولات زراعی و حفاظت اراضی و باغ‌ها و قلمستان‌ها و اشجار و درآمد حاصل از کاهش رسوب، حدود ۳۷۹۱۵۰۰ هزار ریال و جمع هزینه‌های حمل و نقل مصالح، اعم از سنگ و سیمان و توری‌سنگی و نیروی کار و هزینه‌های احداث در مجموع ۲۲۷۰۰۰۰ هزار ریال برآورد شده است.

محاسبه بازده ساده طرح و نسبت هزینه به فایده: بر اساس هزینه‌ها و درآمدهای فوق، بازده ساده‌ی طرح به‌شکل زیر برآورد می‌شود (پرایزکی، ۱۳۶۵).

$$r = \frac{B}{C} = \frac{3791500}{2270000} = 1.67 \quad (2)$$

با بررسی اولیه نسبت درآمد ناخالص منافع ایجاد شده به هزینه‌های سرمایه‌گذاری شده (بازده ساده طرح)، معادل ۱/۶۷ محاسبه می‌شود. یعنی اجرای این پروژه در حدود ۱/۵ برابر هزینه‌های سرمایه‌گذاری بازدهی داشته است. برای آن که بتوان به میزان ارزش اقتصادی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده طی سال‌های احداث آب‌شکن‌ها به‌طور دقیق دست پیدا کرد، از روش (NPV) یعنی روش ارزش فعلی خالص کمینه در طی یک دوره زمانی ۱۰ ساله و با نرخ تنزیل متعارف تسهیلات اعطایی ۱۱ درصد در بخش کشاورزی و منابع طبیعی (مصوب شورای پول و اعتبار)، مشروط به ثابت بودن سایر عوامل، استفاده می‌شود و ارزش فعلی خالص اولیه و ثانویه و سپس نرخ بازده داخل IRR محاسبه می‌شود. چنانچه نرخ بازده داخلی از میزان نرخ تنزیل بیش‌تر شود، بیان‌گر آن است که طرح دارای توجیهات اقتصادی لازم است.

جدول ۱- پیش‌بینی درآمدها و هزینه‌های طرح احداث آب‌شکن‌های زنجان‌رود (سازمان برنامه و بودجه استان زنجان، ۱۳۷۲)

ردیف	شرح هزینه / درآمد	هزینه (هزار ریال)	درآمد (هزار ریال)
۱	هزینه تهیه مصالح	۹۹۴۰۰۰	--
۲	هزینه حمل سنگ‌های مصرفی	۸۷۰۰۰۰	--
۳	هزینه نیروی کار مکانیکی در احداث سازه‌ها	۴۰۶۰۰۰	--
۴	درآمد حاصل از تغذیه و افزایش آب سفره زیرزمینی	--	۲۹۱۵۰۰
۵	درآمد حفظ اراضی زراعی و تأسیسات حاشیه رودخانه	--	۳۰۲۰۰۰۰
۶	و محصولات زراعی، باغی و سایر	--	۴۸۰۰۰۰
	درآمد کاهش خسارات رسوب (فرسایش)	--	
	جمع کل درآمدها و هزینه‌ها	۲۲۷۰۰۰۰	۳۷۹۱۵۰۰

در ذیل ارزش فعلی خالص اولیه (NPV_1) و ارزش فعلی خالص ثانویه (NPV_2)، با دو نرخ تنزیل ۱۱ درصد و ۱۲ درصد مصوب شورای پول و اعتبار در بخش کشاورزی، محاسبه می‌شود (هنسن، ۱۳۶۹).

$$NPV_1 = -C + R + \frac{R_1}{(1+r)^1} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Rn}{(1+r)^n} \quad (3)$$

ارزش فعلی خالص با نرخ تنزیل ۱۱٪ هزار ریال $NPV_1 = ۲۳۶۴۵۹۵۰$

ارزش فعلی خالص با نرخ تنزیل ۱۲٪ هزار ریال $NPV_2 = ۲۴۹۸۳۷۳۰$

برای به‌دست آوردن نسبت فایده به هزینه B/C می‌بایست میزان سرمایه‌گذاری را با کمینه مدت زمان ده‌سال تنزیل و همانند ارزش فعلی نسبت به نرخ ۱۱ درصد محاسبه نمود تا ارزش حال خالص آن به‌دست آید و نسبت بازده

منافع بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری در طول ۱۰ سال مشخص شود (معاونت آبخیزداری سازمان جهادسازندگی استان زنجان، ۱۳۶۲-۱۳۷۰).

شایان ذکر است در پروژه‌هایی از این قبیل و در مقاطع زمانی میان مدت ۱۰ ساله، بودجه سرمایه‌گذاری معمولاً در سال‌های اول، تخصیص می‌یابد و بازدهی آن در سال‌های آخر است.

$$NPV_c = \sum_{c=1}^{c=10} \frac{Cn}{(1+r)^n} - C$$

$$NPV_c = \sum_{c=1}^{c=10} \frac{2270000}{(1+0.11)^n} - 2270000 \quad (4)$$

$$= -2270000 + \frac{2270000}{(1+0.11)} + \dots + \frac{2270000}{(1+0.11)_{10}}$$

بنابراین ارزش فعلی برابر ۱۳۳۶۸۷۸۶ هزار ریال خواهد بود. حال برای به دست آوردن ارزش‌های فعلی خالص از رابطه (۴) نسبت B/C محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{B}{C} = \left(\sum_{n=1}^{n=10} \frac{R_n}{(1+r)^n} \right) / \left(\sum_{n=1}^{n=10} \frac{C_t}{(1+r)^n} \right) \quad (5)$$

که در آن، R_n درآمد، n فرجه زمانی (دوران بهره‌برداری)، C_t هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و r نرخ تنزیل است. پس از جای‌گذاری و محاسبه مقادیر به دست آمده، نسبت فایده به هزینه برآورد می‌شود و با تقسیم ارزش فعلی خالص اولیه (NPV_1) بر ارزش تنزیل شده سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، نسبت B/C محاسبه می‌شود. برای محاسبه این نسبت از رابطه (۶) استفاده می‌شود (پرایزکی، ۱۳۶۵).

$$R = \frac{B}{C} = \left(\sum_{n=1}^{n=10} \frac{R_n}{(1+r)^n} \right) / \left(\sum_{n=1}^{n=10} \frac{C_t}{(1+r)^n} \right) \quad (6)$$

$$R = \frac{B}{C} = \frac{23645950}{13368786} = 1.76$$

چنانچه از رابطه فوق مشخص است، عامل زمان نیز در محاسبات مد نظر قرار می‌گیرد. به طوری که ملاحظه می‌شود مقدار این نسبت از بازده ساده به میزان ۰/۱ بیشتر و مثبت است و احداث آب‌شکن‌ها نسبت به شاخص B/C مفید ارزیابی می‌شود. برای محاسبه شاخص نرخ بازده داخلی (IRR) نیز از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$i = i_1 + \frac{NPV_1(i_2 - i_1)}{NPV_1 + NPV_2} = 0.11 + \frac{23645950 (0.12 - 0.11)}{23645950 + 24983730} =$$

$$= \frac{5349265 + 23645950}{48629680} = \frac{1861626}{15488149} = 0.11 \quad (7)$$

ملاحظه می‌شود که نرخ بازده داخلی معادل نرخ تنزیل اولیه برآورد شده است، لذا نتیجه می‌شود که مطلوبیت طرح مثبت بوده، در طول یک دوره زمانی ۱۰ ساله تأثیرات آب‌شکن‌ها در ارزیابی اقتصادی و هم‌چنین تحلیل مالی مربوطه مثبت بوده، منافی را در برداشته است. با توجه به مزیت نسبی مناسب منطقه، چنانچه هر هکتار زمین فرض شود، به طور متوسط سه نفر را در زمین‌های مختلف شاغل نماید، در سطح ۱۵۱۰ هکتار در مجموع تعداد ۴۵۳۰ فرصت شغلی به دست می‌آید. برای این که میزان تأثیرات طرح با حجم سرمایه‌گذاری انجام شده، بر اشتغال (سهام اشتغال بر کل سرمایه‌گذاری) مورد سنجش قرار گیرد، از رابطه زیر استفاده می‌شود (پاکزاد، ۱۳۶۵).

$$E = \frac{W}{I} \quad (8)$$

$$E = \frac{4530}{2270000} \# 0.2$$

که در آن، E درصد اشتغال‌زایی، W هزینه نیروی کار، و I حجم سرمایه‌گذاری انجام‌شده است. بنابراین میزان تأثیر درآمدهای اشتغال، بر کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیز در طول ۱۰ سال، مثبت ارزیابی می‌شود.

نتایج و بحث

با توجه به محاسبات و برآوردهای انجام شده در خصوص میزان هزینه‌ها و درآمدهای حاصله از احداث آب‌شکن‌های زنجان‌رود، ارزش فعلی خالص اولیه (NPV_1) و ثانویه (NPV_2) به ترتیب برابر با ۲۳۶۴۵۹۵۰ و ۲۴۹۸۳۷۳۰ ریال محاسبه شد. هم‌چنین نسبت فایده به هزینه (B/C) برای این طرح معادل ۱/۷۶ به دست آمد. در این طرح، نرخ بازده داخلی (IRR) به میزان ۱۱ درصد تعیین شد که معادل نرخ تنزیل اولیه است. از سوی دیگر نرخ بازده ساده طرح (نسبت کل منافع بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری شده) به میزان ۱/۶۷ محاسبه شد. با توجه به شاخص‌های یادشده، احداث آب‌شکن‌های زنجان‌رود از نظر اقتصادی مطلوب ارزیابی می‌شود و عامل زمان در ظهور آثار مثبت اقتصادی، کمینه ۱۰ سال قابلیت ارزیابی را داشته است. شاخص‌های مذکور بیان‌گر سطوح استاندارد برآوردها بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده و یافته‌های تحقیق که بیش‌تر مبتنی بر اطلاعات و آمارهای منطقه‌ای هستند را نشان می‌دهد. از نظر سهم تأثیر طرح در اشتغال‌زایی نیز رقم ۰/۲ درصد شاخص قابل قبولی را در حجم کل سرمایه‌گذاری نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج حاصل از بررسی اقتصادی آب‌شکن‌های احداث شده در طرح سامان‌دهی زنجان‌رود، استفاده از سامانه آب‌شکن‌ها و دیوار حایل برای مهار رودخانه، جلوگیری از فرسایش‌های کناره‌ای، حفظ اراضی از خطر سیل، تقلیل بار رسوبی و احیای اراضی جدید به‌عنوان یک الگوی مناسب قابل اجرا و توصیه است. این‌گونه طرح‌ها از دیدگاه کسب منافع اقتصادی و اجتماعی جایگاه ویژه‌ای را دارا هستند.

از آن‌جا که طرح‌های کشاورزی و منابع طبیعی دارای دوره بازدهی طولانی‌مدت هستند، بهتر است در اجرای این‌گونه طرح‌ها از منابع ارزان قیمت و سهل‌الوصول با نرخ کارمزد کم استفاده شود. هم‌چنین به‌منظور کاهش هزینه‌های اجرایی، سرعت بخشیدن به توسعه محدوده عملیاتی و ایجاد انگیزه لازم برای حفظ و نگهداری سازه‌ها، استفاده از مشارکت‌های مردمی، از طریق واگذاری وام و تحویل اراضی به‌وجود آمده به زارعین، توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. پاکزاد، ف. ۱۳۶۵. مبانی سنجش و گزینش طرح‌های سرمایه‌گذاری. تهران، سازمان برنامه و بودجه، چاپ دوم.
۲. پرایزکی، ت. ۱۳۶۵. تحلیل اقتصادی طرح‌های کشاورزی. ترجمه مجید کوباهی، دانشگاه تهران، ۴۰۰ صفحه.
۳. حسینی، ا. م. حبیبی و ا. صابری، ۱۳۸۲. ارزیابی فنی و اقتصادی اپی‌های احداث شده در رودخانه زنجان‌رود. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۶ صفحه.
۴. سازمان برنامه و بودجه استان زنجان. ۱۳۷۲. آمارنامه استان زنجان.
۵. شریفی‌منش، ح. ۱۳۷۴. بررسی و مقایسه میزان آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌های باز با استفاده از مدل هیدرولیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۰۰ صفحه.
۶. صابری، ا. ۱۳۸۰. تحلیل اقتصادی عملیات پخش سیلاب بیرجند خراسان. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۱۰۰ صفحه.
۷. عباسی، ع. ا. م. حبیبی و م. ساجدی‌سابق. ۱۳۷۵. بررسی تأثیر طول، فاصله و شکل آب‌شکن‌های گابیونی در حفاظت سواحل رودخانه‌ها. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
۸. معاونت آبخیزداری سازمان جهادسازندگی استان زنجان. ۱۳۷۰-۱۳۶۲. گزارش‌های طراحی و نقشه‌های اجرایی آب‌شکن‌های احداث شده در زنجان‌رود.
۹. مهندسان مشاور سازه‌پردازی ایران. ۱۳۷۲. کنترل و ارزیابی طرح حفاظت اراضی حاشیه رودخانه زنجان‌رود.
۱۰. میرمطهری، س. م. ۱۳۷۴. ارزیابی طرح‌های تولیدی (فنی، اقتصادی، مالی) موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی. ۲۰۰ صفحه.
۱۱. هنسن، ج. ۱۳۶۹. راهنمای ارزیابی عملی طرح‌ها، تحلیل هزینه به فایده اجتماعی کشورهای جهان سوم. ترجمه سیدمهدی سیدمطهری، مرکز آموزش و پژوهش سازمان صنایع ملی ایران، ۱۵۰ صفحه.
12. Charlton, F.G. 1982. River stabilization and training in gravel-bed rivers. In: Hey, R.D., J.C. Bathurst, C.R. Thorne (Eds), Gravel-bed rivers: fluvial processes, engineering and management. John Wiley and Sons, Chichester.

Investigating economical evaluation of groins in Zanjanrood River

Ahmad Hosseini¹, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute,
Iran

Ebrahim Saberi, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute,
Iran

Mehdi Habibi, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute,
Iran

Received: 23 January 2011

Accepted: 04 August 2011

Abstract

This project is about evaluation of groins in Zanjanrood River, which located in Zanjan province with aim the investigation affected groins in control and recovery land use in the buffer river. Therefore, first we study of groin design standards, thus, we compare the executive groins with these standards. The official and field studies show that the executive groins were designed in low risk and most of parameters like length, space and height of groins are over design. This means the costs are high and non economical. The problem was in operation, so that some components in build maps and plans are deferent from executed groins, especially in groin section and groin foundation. The problem is that hard groins in alluvial riverbed are more non-stable and score in head of them are more. Any way in regime condition space between groins and river width adjustment were suitable. In continue the report is about economical analysis. In this state, pure value for each groin and period time of investment and rate of social decreasing was calculated. Then by calculating for relative between benefit to cost the efficiency rate was taken.

Key words: Conservation, Economical analysis, Erosion control, Land recovery, Riverbed

¹ Corresponding author: hosseini_sa@scwmri.ac.ir