مجله

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

Vol. 6, No. 19, Fall &Winter 2012-2013

سال ششم- شماره ۱۹- پاییز و زمستان ۱۳۹۱

بررسی صحرایی و ارایه رابطه جدید برای تعیین شیب حد در بالادست بندهای اصلاحی

علی‌اکبر عباسی[1]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰٤/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰٦/۲۱

چکیده

بندهای اصلاحی سازه‌های کوچکی هستند که به منظور کاهش شیب آبراهه، کاهش سرعت جریان و مهار فرسایش در آبراهه‌ها ساخته می‌شوند. شیب حد نقش عمده‌ای در تعیین فاصله بندهای اصلاحی دارد. یافتن رابطه‌ای ساده برای تعیین شیب حد، در انتخاب فاصله مناسب برای احداث بندهای اصلاحی، مؤثر خواهد بود. در این بررسی حوضه‌های گوش و بهره در بالادست سد کارده، کرتیان در بالادست سد طرق، کامه در بالادست سد شهید یعقوبی و دشت در بالادست سد گلستان به منظور بررسی شیب شکل گرفته در بالادست بندهای اصلاحی اجرا شده، انتخاب گردید. در حوضه‌های مورد مطالعه عملکرد بندهای اصلاحی اجرا شده از نظر پایداری، رسوب‌گذاری و تثبیت شیب مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا با استفاده از نیمرخ طولی برداشت شده، شیب حد، محل احداث، فاصله و ارتفاع سازه‌هایی که عملکردی موفق در رابطه با اهداف طرح داشتند مشخص شد. مشخصات مصالح بستر نیز با نمونه‌برداری مصالح و تحلیل منحنی دانه‌بندی مصالح تعیین شد. با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده در رابطه با شیب حد، روابطی بر اساس شیب اولیه آبراهه و مشخصات مصالح بستر برای محاسبه شیب حد استخراج شد. با مقایسه روابط ارایه شده توسط سایر پژوهشگران و روابط حاصل از طرح حاضر برای فاصله و ارتفاع بندها، رابطه‌ای که فقط براساس شیب آبراهه ارایه شده، به دلیل این که نیاز به نمونه‌برداری از مصالح بستر ندارد و همینطور اینکه از دقت خوبی نیز برخوردار می‌باشد، بعنوان رابطه مناسب معرفی گردیده است.

واژگان کلیدی: آبشستگی، بند اصلاحی، تثبیت آبراهه، رسوب‌گذاری و شیب حد.

۱- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(ak_abbasi@yahoo.com)

مقدمه

بندهای اصلاحی در سطح گسترده‌ای در طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری توسط دستگاه‌های اجرایی در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده‌است. در این بررسی بندهای اصلاحی که برای تثبیت شیب آبراهه و کنترل رسوب مورد استفاده قرار گرفته بررسی شده‌اند. اسماعیلی نامقی و همکاران [۷] روی دقت مدل‌های برآورد فاصله بین سدهای اصلاحی با هدف ترسیم نمودارهای فاصله- ارتفاع- شیب در حوضه سد درود زن پژوهش کرده‌اند. در این بررسی ۷۳ مورد بند اصلاحی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان داده است که از بین مدل‌های تجربی رایج، مدل هید و مافیچ[2] اصلاح نشده دارای بیشترین خطا و مدل تولو دارای کمترین خطا بوده است. تاج‌بخش و همکاران [۱۲] نقش شیب در عملکرد سازه‌های کوتاه رسوبگیر را در سه حوزه آبخیز در شمال خراسان و غرب سمنان مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که ضریب تله‌اندازی رسوبات با شیب نسبت عکس دارد و در شیب‌های بالای ٦ درصد کارایی سازه‌ها کاهش می‌یابد. پیری اردکانی [۱۱] در مطالعه بهینه‌سازی فاصله و ابعاد بندهای اصلاحی، روابطی را برای محاسبه شیب حد بر اساس مشخصات مصالح بستر و شیب آبراهه معرفی کرده است عباسی [۱] شیب حد حدود سه درصد را پیشنهاد کرده است. جوان و همکاران [۸] نمودار و رابطه‌ای برای تعیین فاصله بندها ارایه نموده‌اند. عباسی و مجدزاده طباطبایی [۲] روابط هیدرولیکی و ریخت‌شناختی را در بازه‌ای از رودخانه امامه که دارای پله و گوداب می‌باشد بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که با افزایش فاصله پله‌ها، عمق گود افتادگی گوداب بیشتر می‌شود. در این مورد روابطی نیز بین فاصله پله‌ها و عمق گوداب‌ها ارایه شده است. لین و همکاران [۹] روی فاصله و ارتفاع سازه‌های تثبیت شیب[3] به صورت آزمایشگاهی پژوهش کرده و نتیجه گرفته‌اند که فاصله سازه‌ها برای شیب‌های ملایم ۲ تا ٤ برابر عرض آبراهه و برای شیب‌های تند ۱ تا ۲ برابر عرض آبراهه مناسب می‌باشد. بومبینو و همکاران [٤] اثرات احداث بند اصلاحی را در میزان پوشش گیاهی در مسیر رودخانه بررسی نمودند. آنها در این راستا بررسی‌های خود را در مقاطع عرضی بالادست و پایین دست بند اصلاحی انجام دادند و در هر مقطع عامل‌های مربوط به پوشش گیاهی شامل تعداد گونه‌های

2 Head and Mufich
3 Sill Ground

گیاهی، سطح پوشش هر گونه، ارتفاع هر گیاه، فرم زیست‌شناختی و بوم‌شناختی هر گروه را مد نظر قرار دادند. کاتلا و همکاران [۵] عملکرد چهار بند اصلاحی را در دو زیرحوضه رودخانه ورسیلیا[1] در ایتالیا بر پایه عامل‌های آب‌شناختی، پستی و بلندی و فرسایش و رسوب با استفاده از مدل لارچر و آرمانینی[2] بررسی نمودند و نهایتا نتایج را با داده‌های آماری ثبت شده مقایسه و تایید نمودند. بالونی و همکاران [۳] نیز عملکرد بندهای اصلاحی را در مقایسه با روش‌های دیگر جهت کنترل رسوب در یکی از زیرحوضه‌های با نفوذپذیری بالا در رودخانه زرد چین بررسی و تایید نمودند. مارتین واید و آندرتا [۱۰] با استفاده از یک فلوم آزمایشگاهی و انجام ۱۱۱ تست مختلف، تاثیرات وجود برجستگی در کف رودخانه را در تعیین فرسایش و شیب حدی کانال بررسی و در نتیجه افزایش شیب حدی را در مقایسه با شرایط عادی نتیجه گرفتند. دِوولوف [٦] با توجه به آتش‌سوزی سال ۲۰۰۲ در جنوب غربی کلورادو، در مقاله‌ای به تحلیل عملکرد بند اصلاحی که برای جلوگیری از انتقال خاشاک و باقی‌مانده‌های حاصل از آتش‌سوزی به پشت سد لمون[3] احداث شده بود، پرداخت. جمع‌بندی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های روی انتخاب فاصله و ارتفاع بندهای اصلاحی و استفاده از شیب حد صورت گرفته است، ولی تجربه بندهای اجرا شده و همچنین عوامل مختلفی که در شکل‌گیری شیب حد نقش دارند، انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه را ضروری می‌سازد.

ساده‌ترین روش برای تعیین فاصله بندهای اصلاحی روش موسوم به تاج- پاشنه می‌باشد. در این روش فرض می‌شود که تاج بند پایین دست هم‌تراز با پاشنه بند بالادست باشد. در این حالت شیب رسوب‌گذاری بالادست بندهای اصلاحی صفر در نظر گرفته شده و به عبارت دیگر سطح رسوب‌گذاری افقی در نظر گرفته می‌شود. در این روش فاصله بین بندها از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$S = \frac{H}{P} \qquad (۱)$$

که در آن،S فاصله بین بندها بر حسب متر، P شیب آبراهه، H ارتفاع مؤثر بند (اختلاف ارتفاع تاج سرریز بند تا کف آبراهه بدون در نظر گرفتن عمق پی) است.

از آنجا که رسوب‌گذاری بالادست بندها دارای شیب می‌باشد که به شیب تعادل یا شیب حد معروف است، فاصله بین بندها به شیب آبراهه، شیب حد (شیب رسوبگذاری در بالادست بندها) و ارتفاع مؤثر بندها بستگی دارد. در این حالت فاصله بین بندها از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S = \frac{H}{P - I} \qquad (۲)$$

که در آن، I شیب حد رسوبات در بالادست بند اصلاحی می‌باشد.

جوان و همکاران [۸] رابطه زیر را برای تعیین فاصله بندها پیشنهاد نموده‌اند.

$$S = \frac{H}{KG\cos(\phi)} \qquad (۳)$$

در این رابطه، G شیب آبراهه، Φ زاویه آبراهه با افق، H ارتفاع مؤثر بند و K ضریبی است که برای شیب‌های کمتر از ۲۰ درصد برابر ۰/۳ و برای شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد برابر ۰/۵ پیشنهاد شده است.

پیری اردکانی [۱۱] بر اساس یک سری مشاهدات و اندازه‌گیری‌های صحرایی ضریب K در رابطه ۳ را اصلاح کرده است. در این بررسی برای ضریب K رابطه زیر را پیشنهاد کرده است.

$$K = 0.049G + 0.304 \quad R^2 = 0.902 \qquad (٤)$$

که در این رابطه G شیب آبراهه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوضه‌های انتخابی

با توجه به بررسی‌های انجام شده و اطلاعات موجود، زیر حوضه گوش و بهره از حوضه سد کارده به عنوان حوضه اصلی انتخاب شد. در این حوضه به طور عمده بندهای خشکه‌چین و توری‌سنگی که بیش از ده سال از احداث آنها می‌گذرد، با ارتفاع مختلف وجود دارد. از آنجا که برای انجام این مطالعه نیاز به مجموعه‌ای از بندهای اصلاحی متوالی بود که از رسوب پر شده و شیب حد در بالادست آنها شکل گرفته باشد، و در عین حال چنین مجموعه‌ای با تنوع نوع مصالح و فاصله و ارتفاع و به تعداد زیاد در این حوضه وجود نداشت، تعدادی حوضه بعنوان حوضه‌های کمکی در نظر گرفته شد. زیر حوضه کرتیان در بالادست سد طرق، زیر حوضه کامه در بالادست سد شهید یعقوبی و زیر حوضه دشت در بالادست سد گلستان به عنوان زیر حوضه‌های کمکی در نظر گرفته شدند. در حوضه سد طرق و حوضه دشت، بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی و در حوضه سد شهید یعقوبی بندهای خشکه‌چین و توری‌سنگی مورد بررسی قرار گرفتند. در زیر حوضه کرتیان و زیر حوضه کامه، بیش از ده سال از احداث بندهای اصلاحی می‌گذرد ولی در زیر حوضه دشت کمتر از ده سال از احداث بندهای اصلاحی می‌گذرد ولی به دلیل رسوب زیاد بندها از رسوب پر شده بنحوی که رسوبات از روی بندها نیز عبور کرده است. در زیر حوضه گوش و بهره در حوضه سد کارده دوازده آبراهه شرایط مورد نظر را دارا بود (وجود بندهای متوالی که از رسوب پر شده و شیب حد در بالادست آنها شکل گرفته باشد) که در این آبراهه‌ها در مجموع تعداد ٤۱ بند متوالی وجود داشت که بیست و شش مورد از آنها خشکه‌چین و پانزده مورد توری‌سنگی می‌باشد. زیر حوضه کرتیان در حوضه سد طرق یک آبراهه شرایط مورد نظر در طرح را دارا بود. در این آبراهه تعداد ۷ بند متوالی وجود داشت که پنج مورد از آنها سنگ و ملاتی و دو مورد توری‌سنگی می‌باشد. زیر حوضه کامه درحوضه سدشهید

1- Versilia
2- Larcher &Armanini Model
3- Lemon

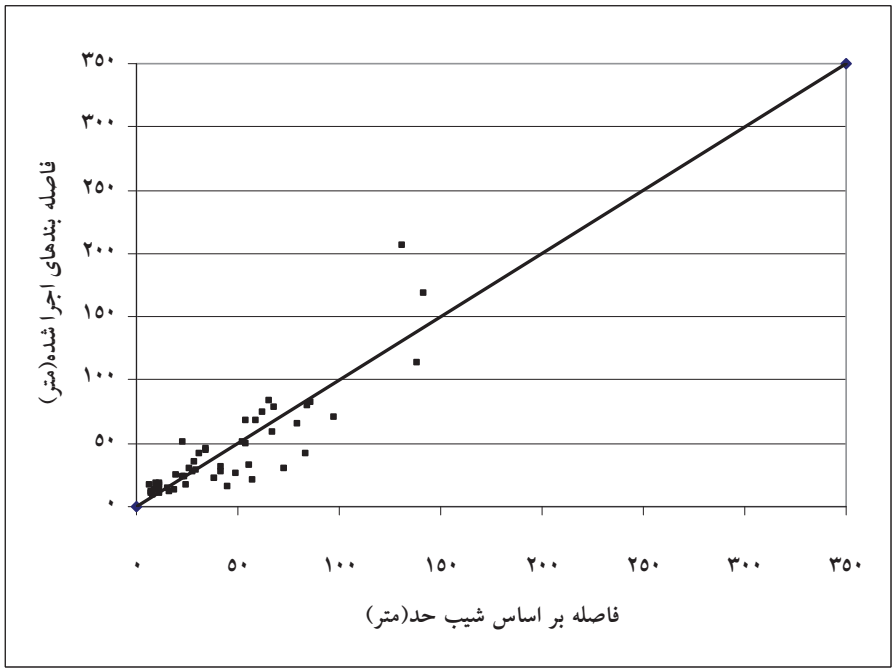
یعقوبی سه آبراهه شرایط مورد مطالعه را دارا بود که در این آبراهه‌ها در مجموع تعداد ۱۵ بند متوالی وجود داشت که پنج مورد از آنها خشکه‌چین و ده مورد توری‌سنگی می‌باشد. زیر حوضه دشت در حوضه سد گلستان سه آبراهه شرایط مورد مطالعه نظر در طرح را دارا بود که در این آبراهه‌ها در مجموع تعداد پنج بند متوالی سنگ و ملاتی وجود داشت. مشخصات بندهای انتخابی در حوضه های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

بازدید و برداشت‌های صحرایی

برداشت‌های صحرایی برای تعدادی از بندهای اصلاحی در آبراهه‌های منتخب، شامل برداشت نیمرخ طولی و عرضی آبراهه، برداشت نمونه مصالح بستر، برداشت اطلاعات مشخصات بندها و برداشت اطلاعات پایداری بندها و عملکرد آنها در رسوب‌گذاری بالادست و تثبیت آبراهه صورت گرفت. اطلاعات نیمرخ طولی به منظور تعیین فاصله و ارتفاع بندها، تعیین شیب حد در بالادست بندها و تعیین شیب آبراهه مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های رسوب مصالح آبراهه و رسوب بالادست بندها در تعیین مشخصات مصالح استفاده شد. اطلاعات پایداری بندها نیز در بررسی عملکرد بندها مورد استفاده قرار گرفت. ضمن اینکه محدوده تغییرات شیب آبراهه براساس پروفیل طولی آبراهه و اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام گرفت.

جدول۱- مشخصات بندهای انتخابی در حوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	نوع بند	تعداد بندها	ارتفاع بندها (متر)	فاصله بندها (متر)	شیب آبراهه (متر بر متر)	شیب حد بالادست بندها (متر بر متر)
گوش و بهره در بالادست سد کارده	خشکه‌چین	۲۶	۰/۵ – ۱/۲۵	۱۰–۵۸	۰/۰۵٤ –۰/۱٦۹	۰/۰۳٦ –۰/۰۹۲
	توری‌سنگی	۱۵	۰/۷ – ۲/٦	۲۵–۱٤۷	۰/۰۰٤۵ –۰/۰۵۱	۰/۰۱۵ –۰/۰۵٤
کرتیان در بالادست سد طرق	توری‌سنگی	۲	۱/۲–۱/۳	۲۵–۱۵۵	۰/۰٦۱ –۰/۰۸۰	۰/۰۲۷ –۰/۰۲۹
	سنگ و ملاتی	۵	۰/۸–۲/۰	۸٤–۱٦۰	۰/۰٤۲ –۰/۰٤۷	۰/۰۲٦ –۰/۰۳۳
کامه در بالادست سد شهید یعقوبی	خشکه‌چین	۵	۰/۸–۰/۹	۱۸–۲۸	۰/۰٦٤ –۰/۱۲۰	۰/۰۳۲ –۰/۰۵۹
	توری‌سنگی	۱۰	۰/۸–۱/۵	۱۰–۲۰۰	۰/۱۳۰–۰/۰۳۹	۰/۰۱۸ – ۰/۰٦۱
دشت در بالادست سد گلستان	سنگ و ملاتی	۵	۲–۳	۱۱۰–۳۱۵	۰/۰۵۱ –۰/۰٦٦	۰/۰۲۸ –۰/۰٤٤



شکل ۱- ارتباط فاصله بندهای اصلاحی اجرا شده با فاصله محاسبه شده بر اساس شیب حد اندازه‌گیری شده

نتایج

نتایج برداشت‌های صحرایی و مشخصات بندهای انتخابی در حوضه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. شیب حد اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که فاصله بندهای اجرا شده با فاصله محاسبه شده از شیب حد یکسان نمی‌باشد. در بعضی موارد فاصله بندهای اجرا شده از فاصله مورد نیاز کمتر و در بعضی موارد فاصله بندهای اجرا شده بیشتر می‌باشد. نتایج این بررسی در شکل ۱ ارایه گردیده است.

تحلیل نتایج

به منظور بررسی ارتباط شیب حد اندازه‌گیری شده با مشخصات مصالح بستر و شیب طبیعی آبراهه، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. با تشکیل ماتریس همبستگی ارتباط شیب حد، شیب طبیعی آبراهه، درصد شن و ماسه و قطرهای نمایانه مصالح بستر بر اساس همبستگی دو به دو عامل‌ها تشکیل گردید. بر اساس نتایج همبستگی شیب حد با عامل‌های شیب طبیعی آبراهه، نسبت $d_{۳۵}/d_{۱۵}$ و $d_{۵۰}/d_{۱۵}$ در حد ۹۹ درصد معنی دار و هبستگی شیب حد با عاملهای درصد شن درشت، $d_{۶۵}/d_{۱۵}$، $d_{۷۵}/d_{۱۵}$، $d_{۸۴}/d_{۵۰}$، $d_{۹۰}/d_{۵۰}$، $d_{۹۰}/d_{۶۵}$، $d_{۸۴}/d_{۷۵}$ و $d_{۹۰}/d_{۷۵}$ در حد ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد و هبستگی شیب حد با سایر عامل‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. در بین کلیه عاملها نیز بیشترین همبستگی شیب حد با شیب اولیه آبراهه وجود دارد. با توجه به اینکه این رابطه فقط بر اساس شیب اولیه آبراهه توسعه یافته و نیاز به اطلاعات دانه‌بندی رسوب بستر ندارد، این رابطه به عنوان رابطه پیشنهادی انتخاب گردیده است. محدوده تغییرات شیب اولیه آبراهه، بعنوان عامل اصلی در این رابطه، ۲/۵ تا ۱۷ درصد بوده و مصالح آبراهه‌ها نیز از ماسه ریز تا شن درشت به همراه قلوه سنگ متغیر بوده است. لازم به ذکر است که شیب اولیه آبراهه با استفاده از نیمرخ طولی و برداشتهای صحرایی محاسبه می شود.

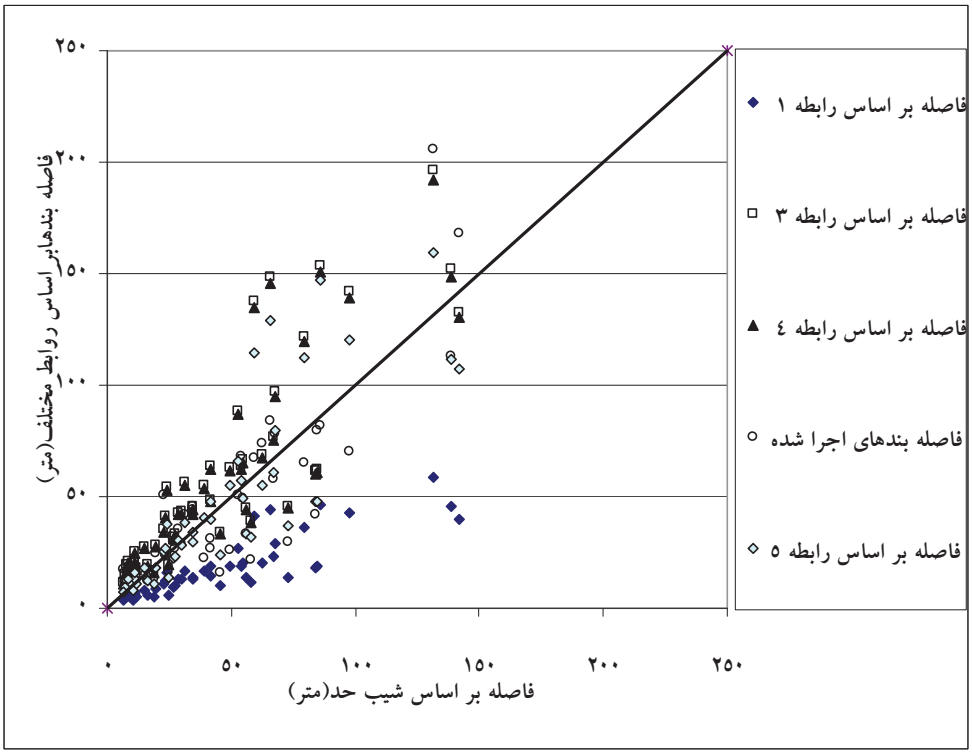
$$S_e = 0.455\ S_0 + 0.009 \quad R^2 = 0.804 \qquad (۵)$$

در این رابطه S_e شیب حد دربالادست بندهای اصلاحی و S_0 شیب اولیه آبراهه می باشد..

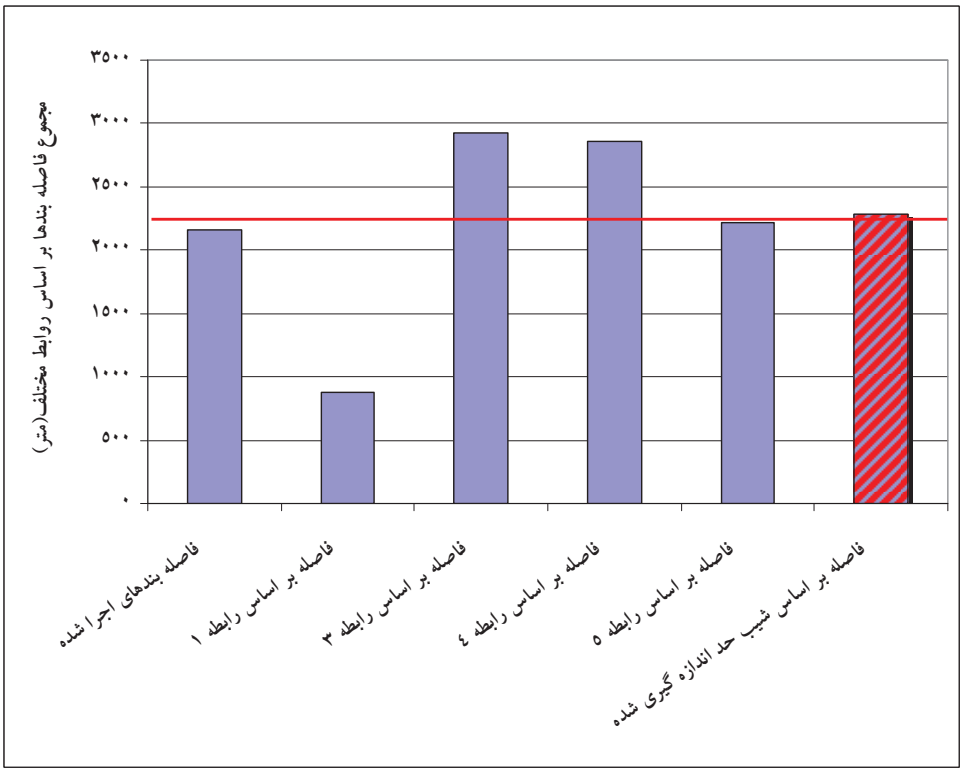
مقایسه گزینه‌های مختلف

تأثیر شیب حد نیز با فرض در نظر گرفتن ارتفاع مشخص برای بند، در فاصله بندها نمایان می‌شود. از طرفی در طرح حاضر شیب حد بالادست بندهای اجرا شده اندازه‌گیری و فاصله مناسب که عبارت است از فاصله‌ای که بر اساس شیب حد تعیین می‌شود نیز مشخص شده است. فاصله بندهای اصلاحی بر اساس روش‌های مختلف تعیین شیب حد و رابطه توسعه یافته در طرح حاضر با فاصله تعیین شده بر اساس شیب حد اندازه‌گیری شده در شکل(۲) نشان داده شده است. مجموع فاصله بندها بر اساس روابط مختلف نیز در شکل (۳) نشان داده شده است.

اگر فاصله و ارتفاع بندهای اصلاحی مناسب انتخاب شود، پس از رسوبگذاری و شکل‌گیری شیب حد، آبراهه به وضعیت تعادل



شکل ۲ – ارتباط بین فاصله بندها بر اساس روابط مختلف و محاسبه شده براساس شیب حد



شکل ۳ – مجموع فاصله بندها بر اساس روابط مختلف

رسیده و بسترتثبیت می‌شود. بررسی نتایج برداشت‌های صحرایی و شیب حد اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که فاصله بندهای اجرا شده با فاصله محاسبه شده از شیب حد یکسان نمی‌باشد. همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شد فاصله بندهای اجرا شده به طور عمده نزدیک به فاصله محاسبه شده بر اساس شیب حد می‌باشد. در مواردی نیز این فاصله به طور شدیدی با فاصله محاسبه شده از شیب حد کمتر است. در این موارد بخشی از بدنه سد بالادست در رسوبات پشت مخزن پایین دست مدفون شده است. در مواردی نیز که فاصله بندهای اصلاحی از فاصله شکل‌گیری شیب حد بیشتر بوده، بستر آبراهه در پایین دست بند فرسایش یافته و به عبارت دیگر بستر آبراهه تثبیت نشده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج برداشت‌های صحرایی و شیب حد اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که فاصله بندهای اجرا شده با فاصله محاسبه شده از شیب حد یکسان نمی‌باشد. با توجه به شکل ۱ در بعضی موارد فاصله بندهای اجرا شده از فاصله مورد نیاز کمتر و در بعضی موارد فاصله بندهای اجرا شده بیشتر می‌باشد. نتایج بررسی نشان می‌دهد که فاصله بندهای اجرا شده به طور عمده نزدیک به فاصله محاسبه شده بر اساس شیب حد می‌باشد. در مواردی نیز این فاصله به شدت از فاصله محاسبه شده از شیب حد کمتر است. در این موارد بخشی از بدنه سد بالادست در رسوبات پشت مخزن پایین دست مدفون شده است. نمونه‌هایی از این موارد در حوضه‌های گوش و بهره در بالادست سد کارده، حوضه دشت در بالادست سد گلستان و حوضه کامه در بالادست سد شهید یعقوبی مشاهده شده است. در مواردی نیز فاصله بندهای اصلاحی از فاصله شکل‌گیری شیب حد بیشتر بوده که در این حالت بستر آبراهه در پایین دست بند فرسایش یافته و به عبارت دیگر بستر آبراهه تثبیت نشده است. نمونه‌هایی از این نوع بندها در حوضه‌های گوش و بهره در بالادست سد کارده، حوضه دشت در بالادست سد گلستان و حوضه کامه در بالادست سد شهید یعقوبی که به دلیل زیاد بودن فاصله بستر آبراهه تثبیت نگردیده و در آن فرسایش رخ داده مشاهده شده است. این بحث در مورد تمامی بندهایی که فاصله آنها از فاصله مورد نیاز بر اساس شیب حد بیشتر است صدق نمی‌کند و فقط در آبراهه‌هایی که بستر فرسایش‌پذیر داشته‌اند مشاهده شده است.

در مواردی که بندهای اصلاحی در آبراهه‌های تثبیت شده و به منظور نگهداشت رسوبات احداث شده‌اند، فرسایش در بستر آبراهه رخ نداده است. فاصله و ارتفاع بندهای اصلاحی، شیب آبراهه و شیب حد شکل گرفته پس از رسوبگذاری در بالادست بندها به هم مرتبط می‌باشند، بر اساس شیب حد اندازه‌گیری شده در حوضه‌های مورد مطالعه، روابطی برای محاسبه شیب حد بر اساس شیب آبراهه و دانه‌بندی مصالح بستر استخراج گردیده که تمامی آنها در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بودند. به دلیل اینکه رابطه توسعه یافته بر اساس شیب آبراهه نیاز به اطلاعات کمتری داشته و از دقت لازم

نیز برخوردار بوده است، به عنوان رابطه پیشنهادی برای تعیین شیب حد معرف شده است.

فاصله بندهای اصلاحی بر اساس روش‌های مختلف تعیین شیب حد که توسط سایر پژوهشگران توصیه شده و رابطه توسعه یافته در طرح حاضر با فاصله تعیین شده بر اساس شیب حد اندازه‌گیری شده، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که اگر شیب حد برابر صفر در نظر گرفته شود فاصله بندها خیلی کمتر از فاصله مورد نیاز (فاصله بر اساس شیب حد اندازه‌گیری شده) برآورد می‌شود. در این حالت با فرض ثابت بودن ارتفاع بندها، تعداد آنها زیاد شده و طرح غیر اقتصادی می‌باشد. فاصله محاسبه شده بر اساس K در روابط جوان و همکاران [۸] و پیری اردکانی[۱۱] بیشتر از فاصله مورد نیاز برآورد می‌گردد. در این حالت نیز اگرچه تعداد بندها کمتر است و طرح از نظر اقتصادی مناسب است، ولی به دلیل اینکه بخش‌هایی از شیب آبراهه به تعادل نمی‌رسد، امکان فرسایش بستر وجود دارد و عملکرد بندها از نظر تثبیت آبراهه مناسب نخواهد بود. بعنوان نتیجه‌گیری نهایی بر اساس نتایج این پژوهش که در تعداد زیادی آبراهه در چهار حوضه متفاوت قرار دارد و محدوده وسیعی از شیب آبراهه (۲/۵ تا ۱۷ درصد) و دانه‌بندی مصالح بستر(ماسه ریز تا شن درشت به همراه قلوه سنگ) را شامل می‌شود، شیب حد بدست آمده از رابـــطه پیشنهادی در این بررسی که فقط بر اساس شیب اولیه آبراهه استوار می‌باشد، از دقت خوبی برخوردار است و بدون اینکه نیاز به نمونه برداری از مصالح بستر باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1-Abbasi, A., 2002, Gully erosion control field manual, FAO Publication No.13.2, Soil Conservation and Watershed Management, Institute Publications, 60P. (In Persian)

2- Abbasi, F. and Majdzadeh Tabatabai, M.R., 2009, Field investigation of hydraulic and morphologic relationships along step- pool reach, Iran-Watershed Management Science & Engineering Journal, 3 (7): 35-42

3-Balooni K., Kalro, A.H. and Kamalamma, A.G., 2008, Community initiatives in building and managing temporary check-dams across seasonal streams for water harvesting in South India, Agricultural Water Management, 6(12):1314–1322.

4-Bombino G., Tamburino V., and Zimbone S.M., 2006. Assessment of the effects of check-dams on riparian vegetation in the Mediterranean environment: A methodological approach and example application, Ecological Engineering Journal, 27 (2): 134–144.

5-Catella, M., Paris, E., and Solari, L., 2005. Efficiency of slit-check dams in the mountain region of Versilia Basin, Journal of Hydraulic Engineering, 131(3):145-153.

6-De-Wolfe V.G., Santi, P. M., Ey, J. and Gartner J. E., 2008, Effective mitigation of debris flows at Lemon dam, La Plata county, Colorado, Geomorphology, 96: 366–377

7-Esmaeeli Nameghi, A., Soufi, M. and Hasanli, A.M.,2009, A comparison of models precision for distance estimation between check dams in order to design distance- height- slope nomographs in Doroudzan dam watershed, Iranian Journal of Natural Resources, 62 (3): 341-351 (In Persian)

8-Javan, M., Javaheri, P., Taleb Beydokhti, N. and Farshad, M., 2000, Design and analysis, and implementation of gabion structures, Department of Water Affairs Publishing Jihad e Sazandegi (In Persian)

9-Lin, B.S., Yeh, C.H. and Lien, H.P. 2008. The experimental study for the allocation of ground-sills downstream of check-dams, International Journal of Sediment Research, 23(1): 28-43.

10-Martín-Vide, J.P. and Andreatta, A., 2006. Disturbance caused by bed sills on the slopes of steep streams, Journal of Hydraulic Engineering 132(11): 1186–1194.

11-Piri Ardakani, M., 2000, Optimization of the distance and size of check dams, MSc. Thesis, Higher Education Center of Imam Khomeini (In Persian)

12-Tajbakhsh, S.M., Tavassoli, A. and Safdari, A.A., 2011, Evaluation the effect of gradient on performance of low Head Sediment retention structures, 7th National Conference on Watershed Management Science and Engineering proceeding (In Persian)