مقايسه دقت مدل‌هاي برآورد فاصله بين سدهاي اصلاحي به منظور ترسيم نمودارهاي فاصله- ارتفاع- شيب در حوزه آبخيز سد درودزن

علي اسماعيلي‌نامقي[1]، مجيد صوفي*[2] و علي‌مراد حسن‌لي[3]
[1] كارشناس‌ارشد مديريت مناطق بياباني، دانشكده كشاورزي، دانشگاه شيراز، ايران
[2] استاديار مركز تحقيقات كشاورزي و منابع طبيعي استان فارس، شيراز، ايران
[4] دانشيارگروه مديريت مناطق بياباني، دانشكده كشاورزي، دانشگاه شيراز، ايران
(تاريخ دريافت:٨٧/٧/٢٢، تاريخ تصويب: ٨٨/٤/١٠)

چكيده

تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي با بهره‌گيري از مدل‌هاي تجربي كه به طورمعمول در شرايط ويژه‌اي در ديگر كشورها گسترش يافته اند صورت ميگيرد ولي اين مدل‌ها در ايران در شرايط متفاوت آبخيزها واسنجي نشده‌اند. لذا مقايسه مدل‌هاي تجربي معروف جهان و معرفي مناسب‌ترين آن‌ها نقش مهمي در تعيين فاصله بهينه بين سدهاي اصلاحي دركشور خواهد داشت. اين پژوهش در حوزه آبخيز سد درودزن به دليل قدمت و فراواني سدهاي اصلاحي ساخته شده صورت گرفته است. پس از بررسي ميداني و بازديد از ٢٠٠٠ سد اصلاحي ساخته شده با قدمت بين ١٠ تا ٣٠ سال، شمار ٧٣ سد به منظور اندازه‌گيري مشخصه‌هاي مورد نياز در مدل‌هائي مانند Heede and Muffich (1973) گزينش شدند. مشخصه‌هائي مانند ارتفاع مفيد يا موثر سد اصلاحي، شيب بستر آبراهه، شيب حد يا تعادل رسوبات و طول رسوب گذاري اندازه‌گيري شدند. با بهره‌گيري از داده‌هاي اندازه‌گيري شده براي حدود ٨٠ درصد از سدهاي اصلاحي(٦٠ سد) ضريب مدل تجربي هيد و مافيچ برآورد شد و سپس با بهره‌گيري از داده‌هاي مربوط به ١٣ سد باقي‌مانده، دقت مدل‌هاي تجربي هيد و مافيچ اصلاح نشده و اصلاح شده، و مدل تولو آزمون شد. نتايج حاصل از اين بررسي نشان مي دهد كه از بين مدل‌هاي رايج تجربي، مدل هيد و مافيچ اصلاح نشده داراي بيشترين خطا و مدل تولو داراي كمترين خطا مي باشد. مقايسه آماري روابط ارائه شده نشان مي‌دهد كه بين رابطه هيد و مافيچ اصلاح نشده و ديگر رابطه‌ها در سطح ٩٥% تفاوت معني‌دار وجود دارد ولي بين هيد و مافيچ اصلاح شده و رابطه تولو تفاوت معني‌داري وجود ندارد. با توجه به نبود تفاوت معني‌دار بين رابطه تولو و رابطه هيد و مافيچ اصلاح شده و سادگي و نياز به اندازه‌گيري مشخصه‌هاي كمتر در رابطه هيد و مافيچ اصلاح شده، بهره‌گيري از رابطه هيد و مافيچ اصلاح شده در آبخيز سد درودزن و شرايط همسان آن توصيه مي شود. منحني هاي خطي و نيمه لگاريتمي نيز براي مدل مناسب معرفي شده ترسيم و براي بهره‌گيري در شرايط مشابه آبخيز درودزن ارائه شده است كه نياز به تعيين دو مشخصه ارتفاع مفيد سد اصلاحي و شيب بستر آبراهه دارد كه به سادگي امكان پذير است.

واژه‌هاي كليدي: سدهاي اصلاحي، فاصله بهينه، آبخيز سد درودزن، هيد و مافيچ اصلاح شده، تولو

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٧١١-٧٢٣٥١٥٢ فاكس: ٠٧١١-٧٢٠٥١٠٧ E-mail: soufi@farsagres.ir

مقدمه

از بین انواع فرسایش آبي ، فرسایش نهري از نوع آبکند و یا آبراهه‌اي بیشترین میزان رسوب را تولید میکند (Morgan, 2005) یکي از سیاست هاي مدیریت آبخیزداري در استانهاي سراسر کشور، حفاظت خاك در حوزه آبخیز سدهاي ساخته شده و در حال ساخت ایران است. از روشهاي مکانیکي ساده و اقتصادي براي تله اندازي رسوبات و کاهش شیب بستر آبکندها و آبراهه ها در بسیاري از کشورها، بهره گیري از سدهاي اصلاحي یا رسوب‌گیر است (Chunhoug et al., 2004,Gray and Leiser, 1982). سدهاي اصلاحي، سدهاي کوچکي هستند که در عرض آبراهه‌ها یا آبکندها به منظور کاهش سرعت جریان‌هاي متمرکز ساخته مي‌شوند. بنابراین علاوه بر جلوگیري از فرسایش بستر، پیش از تثبیت پوشش گیاهي، با کاهش سرعت جریان باعث ته نشیني ذرات همراه جریان شده و منجر به اصلاح نیمرخ طولي آبراهه مي‌شوند. مهم ترین نقش این سدها از نقطه نظر کنترل فرسایش، کاهش سرعت جریان به‌دلیل کاهش شیب بستر آبراهه با انجام رسوب‌گذاري است (Gray and Leiser, 1982) که در اثر کاهش شیب بستر و افزایش عرض آبراهه که منجر به کاهش شعاع آبي جریان و در نتیجه کاهش سرعت و تنش برشي جریان مي‌شود، روي مي‌دهد(Roshani, 2003). سدهاي اصلاحي به سه صورت خشکه چین بدون سیمان براي آبراهه‌هاي با شیب بستر ۱۲ تا ۱۴ درصد، خشکه چین با سیمان براي تاج بالایی سد و سرریزدر شیبهاي تا ۲۰ درصد و سدهاي خشکه چین با توري در شیبهاي بزرگتر از ۲۰ درصد تقسیم مي شوند (Lenzi, 2002). در صورتي که هدف اصلاح نیمرخ طولي بستر آبراهه وکنترل فرسایش باشد، باید مجموعه‌اي از سدها براي آبراهه مورد نظر طراحي و ساخته شود، به طوري که همه آبراهه با سامانه سدها پوشش داده شود. براي تحقق این هدف، فاصله بین سدها باید به گونه‌اي گزینش شود که پس از ساخته نخستین سد، سد بعدي، در منتهي الیه رسوبات ته نشین شده در پشت سد پائیني ساخته شود (۷). این فاصله، اقتصادي‌ترین فاصله است که بستگي به شیب بستر آبراهه، ارتفاع مفید یا موثر سد پایيني و شیب حد یا تعادل رسوبات دارد. با توجه به معلوم بودن شیب بستر آبراهه و همچنین گزینش ارتفاع سد، متغیري که اهمیت ویژه‌اي دارد شیب حد یا تعادل است. این شیب تحت تاثیر عوامل بیشمار از جمله: شیب بستر آبراهه، ارتفاع سد، عرض آبراهه، ویژگي‌هاي بار رسوب جریان، رژیم جریان، پوشش گیاهي ، ویژگي هاي خاك و سازند زمین شناسي در آبخیز بالادست آبکند یا آبراهه مورد نظر مي‌باشد. از آنجا که مشخصه‌هاي بسیاري بر این متغیر تاثیر گذار هستند به نظر میرسد حتي براي مناطق با شرایط به ظاهر یکسان مي‌تواند بسیار متفاوت باشد و لازم است براي هر منطقه بررسي‌هاي جداگانه‌اي صورت گیرد. اگر این شیب کمتر از میزان واقعي برآورد شود (مثل روش پنجه به تاج) باعث مي‌شود که قسمتي از سد بالایي در زیر رسوب سد پایيني مدفون شود، که منجر به افزایش هزینه‌ها خواهد شد، و اگر بیشتر از میزان واقعي برآورد شود باعث مي‌شود که بخشي از بستر آبراهه بي‌تاثیر از ساخته سدها باقي مانده و بدون ته نشیني رسوبات شده، لذا دچار فرسایش شدید شود. در صورت برآورد فاصله بهینه در ساخته چنین سازه‌هائي، صرفه جوئي اقتصادي انجام مي شود. هزینه ساخته این نوع سدها به لحاظ بسیاري آن‌ها در یک آبراهه به نسبت زیاد است. در صورت اصلاح معیارهاي فني تعیین فاصله بین سدهاي اصلاحي، مي‌توان با اختصاص بودجه مشخصي از شمار بیشتري سد اصلاحي بهره‌گیري کرد و از ورود حجم بیشتري از رسوبات به سدهاي بزرگ کشور جلوگیري نمود.

تعیین فاصله بهینه اقتصادي بین سدهاي اصلاحي توسط Zougmore and Kabore(2000) در بورکینافاسو انجام شد. نتایج این بررسي نشان داد که فاصله بهینه اقتصادي در منطقه مورد بررسي به نوع ساختمان سد و چگونگي سازماندهي نیروي کار بستگي دارد. جیك در سال ۱۹۸۶ چندین رابطه براي تعیین ابعاد سدهاي اصلاحي ارائه داد. او به فاصله بهینه بین سدهاي اصلاحي اشاره‌اي نکرده است (Piriardekani, 2000). Heede (1977) ضمن اعلام اینکه هزینه نگهداري سدهاي اصلاحي سنگي به نسبت کم است نشان داد هزینه نگهداري سالانه ۱۱۲

سد اصلاحي به‌طور ميانگين بالغ بر ١% هزينه كل ساخت آن‌ها بوده است كه در سال‌هاي بعد اين هزينه به ٠/١% كاهش يافته است. اصول حركت و تجمع رسوب در پيرامون بندهاي رسوبگير توسط جانسون و ميناكر بررسي شده است (٨). يافته‌هاي آنان نشان داد زمان لازم براي رسيدن يك كانال به شيب تعادل بستگي به ارتفاع سد، ويژگي‌هاي بار رسوب، و دبي جريان دارد. Heede and Muffich (1973) رابطه‌اي براي تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي در كلرادو ارائه نمودند. در رابطه آن‌ها تنها شيب آبراهه نقش تعيين كننده دارد. رابطه هيد و مافيچ را مي‌توان به عنوان يك قانون كلي براي مناطق مختلف بكار برد با اين شرط كه ضريب تجربي K در هر منطقه تعيين شود. Tulu (1999) در يك بررسي گسترده صحرائي ۴ ساله از موفقيت‌ها و شكست‌هاي ١٣٥ سد اصلاحي با فواصل مختلف بر روي ۵٠ آبكند با شيب بستر و بافت خاك مختلف به منظور تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي در محدوده شيب‌هاي ٣ تا ۶ درصد معادله‌اي بر پايه شيب بسترآبراهه و نوع خاك ارائه داد. برپايه توصيه‌هاي Heede and Muffich (1973) سدهايي براي برآورد شيب تعادل مناسب هستند كه به كلي از رسوب پر شده و به حال تعادل رسيده باشند و دستكم ١٠ سال از تثبيت آن‌ها گذشته باشد. Heede and Muffich (1973) بر پايه داده‌هاي بدست‌آمده از بررسي‌هاي خود يك دسته منحني براي محاسبه فاصله بين سدهاي اصلاحي براي منطقه مورد بررسي ارائه دادند. براي بهره‌گيري در شرايط كاري مورد نظر، بايستي اين رابطه‌ها مورد ارزيابي قرار گيرند.

با توجه به نقش عمده‌اي كه سدهاي اصلاحي در كنترل فرسايش و كاهش بار رسوب جريان دارند و سرمايه به نسبت زيادي كه صرف ساخت اين سازه‌ها مي‌شود، اين پژوهش با هدف تعيين دقت رابطه‌هاي تجربي موجود در تعيين فاصله بهينه بين سدهاي اصلاحي، معرفي مناسب ترين مدل در شرايط آبخيزهاي ايران از نظر سادگي (نياز به شمار كمتر داده ها يا مشخصه‌هاي قابل اندازه‌گيري) وبه دنبال آن ترسيم نمودارهايي ساده براي تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي در حوضه سد درودزن براي بهره‌مندي كارشناسان اجرائي آبخيزداري صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

حوضه سد درودزن در جنوب غرب ايران و در قسمت شمال غرب استان فارس، بين طول‌هاي جغرافيايي ′۴٠ و °۵١ تا ′۵۵ و °۵٢ شرقي و عرض‌هاي جغرافيايي ′٧ و°٣٠ تا ′۵۵ و°٣٠ شمالي با گستره‌اي برابر ۴۵٣٠٠٠ هكتار قرار گرفته است. ميانگين بارندگي حوضه ۴٨٣ ميليمتر مي‌باشد. اين منطقه بخش‌هايي از حوزه آبخيز رودخانه كر تا مقطع ورودي به سد درودزن است كه خود جزئي از حوزه آبخيز مهارلو-بختگان مي‌باشد. رودخانه اصلي اين حوضه، رودخانه كر است كه سد درودزن با حجم نزديك به يك ميليارد مترمكعب روي آن ساخته شده است و هم اكنون سد ديگري در فاصله ۶٠ كيلومتري بالادست آن، با حجمي معادل ٢٠٠ ميليون متر مكعب به نام سد ملاصدرا به بهره برداري رسيده است. در اين پژوهش درآغاز منطقه آب ماهي و دره قميشلو كه داراي قديمي‌ترين سدهاي ساخته شده در حوضه سد درودزن هستند گزينش و پس از بازديدهاي صحرايي از منطقه و بررسي حدود ٢٠٠٠ سد اصلاحي، دركل ٧٣ سد گزينش شد. سدهاي مورد نظر به جزء سه مورد (سد گابيوني) همگي از نوع سنگي خشكه‌چين بودند كه قدمت بعضي از آن‌ها به بيش از ٣٠ سال مي‌رسد. با بهره‌گيري از دوربين نقشه‌برداري داده‌هاي لازم از بستر آبراهه‌ها تهيه شد. بر پايه داده‌هاي نقشه-برداري و با بهره‌گيري از نرم‌افزار اتوكد، نيمرخ‌هاي طولي تهيه و با استفاده از آن‌ها شيب بستر آبراهه، شيب رسوبات ته نشين شده (شيب تعادل)، ارتفاع سد و طول رسوب گذاري استخراج شد. Heede and Muffich (1973) رابطه‌اي براي تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي ارائه نموده‌اند (رابطه ١). در اين رابطه، شيب آبراهه نقش تعيين‌كننده دارد و با توجه به مشخصه‌هاي كمي مورد نياز بهره‌گيري از آن ساده است.

$$L = \frac{H}{KG\cos\theta} \qquad (١)$$

L: فاصله بين سدها(متر)،

H: ارتفاع مفيد يا موثر سد(متر)،

G= tanθ: شيب بستر آبراهه،

θ: زوايه بسترآبراهه با افق،

K : ضريب تجربي مي‌باشد كه ميزان ٠/٣ براي $\tan\theta \leq 0.2$ و ميزان ٠/٥ براي $\tan\theta > 0.2$ در منطقه مورد بررسي پيشنهاد شده است (Heede and Muffich, 1973).

رابطه هيد و مافيچ را مي‌توان به عنوان يك قانون كلي براي مناطق مختلف بكار برد با اين شرط كه ميزان ضريب تجربي K در منطقه مورد بررسي تعيين شود(٧). كاربرد روش هيد و مافيچ در صورتي كه ضريبK براي هر منطقه تعيين شود، نسبت به روش‌هاي ديگر داراي برتري هاي مي‌باشد كه بهره گيري از آن توصيه مي‌شود. الف- نسبت به ديگر روش‌ها به داده‌هاي كمتري نياز دارد، ب- خطاي متوسط نسبي آن از ديگر روش‌ها كمتر است (١). Tulu(1999) نيز يك رابطه بر پايه شيب بستر آبراهه و نوع رسوب براي تعيين فاصله بهينه بين سدهاي اصلاحي به صورت معادله (٢) ارائه داده است.

$$L = \frac{100H}{G - S} \qquad (٢)$$

L: فاصله افقي بين دو سد(متر)،
H: ارتفاع مفيد يا موثر سد(متر)،
G: شيب بستر آبراهه(%)،
S: شيب تعادل رسوبات(%).

كه بر پايه شيب بستر آبراهه و رسوب مشخص مي‌شود. تولو با در نظر گرفتن بافت خاك و شيب بستر آبراهه، ميزان ارائه شده در جدول (١) را براي شيب تعادل رسوبات، توصيه مي‌كند.

در اين پژوهش با داشتن مشخصه‌هاي S و G براي هر سد و با توجه به‌اينكه شيب تعادل از رابطه (٣) قابل محاسبه است براي هر يك از سدهاي اصلاحي مورد بررسي ضريب K از رابطه (٤) بدست آمد.

$$S=(1-K)G \qquad (٣)$$

$$K=1-(S/G) \qquad (٤)$$

سپس ميانگين ميزان‌هاي انـدازه‌گيـري شـده بـه عنـوان ضريب K براي منطقه مورد نظر تعيين شـد. بـراي تعيـين رابطه دقيق‌تـر در بـرآورد فاصـله بـين سـدهاي اصـلاحي، ميانگين مربعات خطاي مدل‌ها با بهـره‌گيـري از رابطـه (٥) محاسبه و با هم مقايسه شدند (Shiva, 1996).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Lo-Lc)^2}{n} \qquad (٥)$$

MSE: ميانگين مربعات خطا،
Lo: ميزان اندازه‌گيري شده شيب حد يا تعادل،
Lc: ميزان محاسبه شده شيب حد يا تعادل و
n: شمار سدهاي مورد استفاده براي آزمون مي‌باشد.

مقايسه آماري روابط يادشده با بهره‌گيري از آزمون t انجام گرفت. لازم به يادآوري است كه آزمون مزبور با بهره‌گيري از نرم افزار SPSS10 انجام شد.

جدول ١- شيب‌هاي حد يا تعادل توصيه شده توسط **Tulu**(**1999**)

بافت رسوب	شيب بستر آبراهه (درصد) **G**	شيب رسوبات (درصد) **S**
ماسه درشت همراه با سنگريزه كوچك	> ٢	٢/٠٠
	≤ ٢	٠/٠٠
ماسه ريز و سيلت لوم	≥١	١/٠٠
	<١	٠/٠٠
سيلت ريز و رس	≥٠/٥	٠/٥٠
	<٠/٥	٠/٠٠

نتايج

نتايج مربوط به ضريب تجربي K در جدول ٢ نشان داده شده است. اين يافته ها نشان مي دهد كه شيب بستر آبراهه از ٢ تا ٢٥ درصد متغير است كه حدود ٧٢ درصد از سدهاي اصلاحي شيب كمتر از ١٠ درصد، ٢٥ درصد آن‌ها شيب بين ١٠ تا ٢٠ درصد و تنها ٣ درصدشان داراي شيب بستر بزرگتر از ٢٥ درصد بوده اند (جدول ٢). يافته هاي اين پژوهش در ٦٠ سد مورد بررسي در حوزه آبخيز سد درودزن نشان مي دهند كه ضريب تجربي K بين بيشينه ٠/٨٧ و كمينه ٠/٢٩ متغير بوده است. متوسط ضريب تجربي K معادل ٠/٦٣ معرفي مي شود. هيد و مافيچ اعلام داشته اند كه ميزان ضريب تجربي K در آبراهه هاي با شيب بستر كوچكتر از ٢٠ درصد معادل ٠/٣ و در آبراهه هاي با شيب بستر بزرگتر از ٢٠ درصد معادل ٠/٥ در نظر گرفته شود. به عبارت ديگر با افزايش شيب بستر آبراهه، ضريب تجربي K افزايش يافته و در صورت ثابت بودن ارتفاع مفيد (موثر) سد، فاصله بين سدهاي اصلاحي كمتر خواهد شد. مروري بر نتايج ارائه شده در جدول ٢ نشان مي دهد كه بيشتر ضريب‌هاي تجربي محاسبه شده K بزرگتر از ٠/٥ است. ضريب تجربي حدود ٠/٥ در سدهاي شماره ٧، ١٣، ١٨، ٢٥ و ٥٣ محاسبه شده است كه به ترتيب داراي شيب بستر ٣/٧٩، ٤/٦، ٥/٧٢، ٦/٨٦، ١٢/٥٩ درصد مي باشند. نتايج اين پژوهش نشان مي دهد كه در آبراهه هاي با شيب بستر كوچكتر از ٢٠ درصد نيز مي تواند ضريب تجربي معادل ٠/٥ حاصل شود. نكته قابل توجه ديگر وجود دو سد اصلاحي با شيب بستر بزرگتر از ٢٠ درصد در مجموعه ٦٠ سد بررسي شده است (جدول ٢). سدهاي شماره ٥٩ و ٦٠ با شيب بستر بزرگتر از ٢٠ درصد به ترتيب داراي ضريب تجربي ٠/٢٩ و ٠/٥٥ مي باشند. با وجود شيب بستر آبراهه بزرگتر از ٢٠ درصد در هر دو سد يكي داراي ضريب K حدود ٠/٣ و ديگري داراي ضريب حدود ٠/٥ است. آنچه در اين پژوهش يافت شده است اين كه ضريب تجربي K بستگي به شيب بستر آبراهه ندارد و نقش شيب حد يا تعادل رسوبات مهم‌تر است. در صورت ثابت بودن ارتفاع مفيد(موثر) سد و شيب بستر آبراهه، با درشت شدن اندازه رسوبات، شيب حد بزرگتر شده لذا نسبت S به Gبزرگتر و ميزان K كوچكتر ميشود و برعكس مانند آنچه در سدهاي شماره ٥٩ و ٦٠ محاسبه شده است.

در اين پژوهش، مدل‌هاي موجود ازجمله Heede and Muffich (1973)، هيد و مافيچ اصلاح شده و مدل Tulu (1999) مورد ارزيابي قرار گرفتند. در مدل هيد و مافيچ اصلاح نشده از ضريب‌هاي پيشنهادي توسط آنها ودر مدل هيد و مافيچ اصلاح شده از ضريب‌هاي بدست آمده در منطقه مورد بررسي بكار برده شده است. نتايج بدست‌آمده (جدول٣) نشان مي‌دهد كه رابطه هيد و مافيچ اصلاح نشده داراي بيشترين خطا و رابطه تولو داراي كمترين خطا مي‌باشد. مقايسه آماري رابطه‌هاي مورد بررسي (جدول ٤) نشان مي‌دهد كه بين رابطه هيد و مافيچ اصلاح نشده و ديگر رابطه‌ها از لحاظ آماري در سطح ٩٥% تفاوت وجود دارد ولي بين هيد و مافيچ اصلاح شده و رابطه تولو، تفاوت معني‌داري وجود ندارد.

مقايسه عملكرد رابطه هاي مورد بررسي، در شيب‌هاي مختلف بستر آبراهه، در جدول ٣ نشان داده شده است. همان‌طور كه نتايج در جدول ٣ نشان مي‌دهد رابطه تولو به‌رغم اينكه براي شيب‌هاي مختلف بسترآبراهه و برپايه بافت خاک تنها سه ميزان براي شيب تعادل برآورد مي‌كند، دقت آن، بويژه براي شيب‌هاي كم بيشتر از ديگر رابطه‌ها مي‌باشد. ولي برآورد آن در شيب‌هاي مختلف از روند مشخصي پيروي نمي‌كند به‌طوري كه براي سدهاي شماره ٥، ٦، ٨، ٩ و ١١ مقاديري كمتر و براي بقيه سدها مقاديري بيشتر از ميزان‌هاي واقعي برآورد مي‌كند. به عنوان مثال، اين مدل طول رسوب‌گذاري سدهاي شماره ١ و ٢ را كه به ترتيب ٧٢ و ٣٨ متر مي‌باشد، به ترتيب ٨۴ و ٣٨ متر برآورد مي‌كند.

رابطه هيد و مافيچ اصلاح نشده داراي خطاي زيادي مي‌باشد (MSE =٢٠۴٢) و براي همه سدها فاصله‌اي بيشتر از ميزان واقعي برآورد مي‌كند، بويژه براي شيب‌هاي كم. به عنوان نمونه طول رسوب‌گذاري سدهاي شماره ١ و ٢ را به ترتيب ١٧٨/٩ و ١١٢ متر برآورد مي‌كند، در حالي كه مقادير واقعي آن‌ها ٧٢ و ٣٨ متر مي‌باشد. نتايج جدول ٣ نشان مي‌دهد مدل هيد و مافيچ اصلاح شده، بهتر از اصلاح نشده است و خطاي كمتري دارد. ولي باز هم ميزان برآورد شده بيشتر از ميزان واقعي مي‌باشد. به عنوان مثال اين مدل، براي سد شماره ١ با فاصله واقعي ٧٢ متر را ٨٥ متر و فاصله واقعي سد شماره ٢ را كه ٣٨ متر مي‌باشد، ٥٣ متر برآورد كرده است.

جدول ٢- مقايسه ضريب‌هاي تجربي **K** در شصت سد خشكه چين بررسي شده در آبخيز درودزن

شماره سد اصلاحي	شيب آبراهه % **(G)**	شيب رسوب % **(S)**	نسبت شيب **(S/G)**	**K=1-(S/G)**	شماره سد اصلاحي	شيب آبراهه % **(G)**	شيب رسوب % **(S)**	نسبت شيب **(S/G)**	**K=1-(S/G)**
١	٢/٣٤	٠/٤١	٠/١٨	٠/٨٢	٣٣	٧/٧٨	٢/٦٢	٠/٣٤	٠/٦٦
٢	٢/٤٢	١/٢٣	٠/٥١	٠/٤٩	٣٤	٨/٠٢	٣/٠٤	٠/٣٨	٠/٦٢
٣	٢/٤٦	٠/٤٦	٠/١٩	٠/٨١	٣٥	٨/٢٤	٢/١٥	٠/٢٦	٠/٧٤
٤	٢/٥٤	٠/٧١	٠/٢٨	٠/٧٢	٣٦	٨/٣٧	٣/٧٦	٠/٤٥	٠/٥٥
٥	٣/٤٠	١/٦٨	٠/٤٩	٠/٥١	٣٧	٨/٤٦	٢/٨٨	٠/٣٤	٠/٦٦
٦	٣/٤١	٠/٨٣	٠/٢٤	٠/٧٦	٣٨	٨/٧٠	٣/٨٠	٠/٤٤	٠/٥٦
٧	٣/٧٩	١/٨٤	٠/٤٩	٠/٥١	٣٩	٨/٨١	٣/٢٠	٠/٣٦	٠/٦٤
٨	٣/٩٨	٠/٩٢	٠/٢٣	٠/٧٧	٤٠	٨/٩٢	٤/٥٣	٠/٥١	٠/٤٩
٩	٤/٠١	٠/٨٣	٠/٢١	٠/٧٩	٤١	٩/٤٦	٥/٤٨	٠/٥٨	٠/٤٢
١٠	٤/٠٤	٠/٨٩	٠/٢٢	٠/٧٨	٤٢	٩/٧٢	٤/١١	٠/٤٢	٠/٥٨
١١	٤/٢٨	١/٠٢	٠/٢٤	٠/٧٦	٤٣	٩/٨٦	٦/٦٦	٠/٦٨	٠/٣٢
١٢	٤/٥٦	١/٩٦	٠/٤٣	٠/٥٧	٤٤	١٠/٣٤	٢/٤٢	٠/٢٣	٠/٧٧
١٣	٤/٦٠	٢/٣٠	٠/٥٠	٠/٥٠	٤٥	١٠/٣٤	٢/٨٤	٠/٢٨	٠/٧٢
١٤	٤/٨٥	١/١٨	٠/٢٤	٠/٧٦	٤٦	١١/٠٨	٢/٧٥	٠/٢٥	٠/٧٥
١٥	٥/١٢	٠/٩١	٠/١٨	٠/٨٢	٤٧	١١/١٣	٣/٥٤	٠/٣٢	٠/٦٨
١٦	٥/٢٥	١/٠٤	٠/٢٠	٠/٨٠	٤٨	١١/٣٥	١/٧٤	٠/١٥	٠/٨٥
١٧	٥/٣٣	١/٥٩	٠/٣٠	٠/٧٠	٤٩	١١/٤٠	٣/٠٣	٠/٢٧	٠/٧٣
١٨	٥/٧٢	٢/٧٩	٠/٤٩	٠/٥١	٥٠	١١/٦٠	٧/٠٦	٠/٦١	٠/٣٩
١٩	٥/٨٠	٣/١١	٠/٥٤	٠/٤٦	٥١	١١/٨٨	١/٥١	٠/١٣	٠/٨٧
٢٠	٥/٩١	٢/٣٠	٠/٣٩	٠/٦١	٥٢	١٢/٤٨	٨/٣٤	٠/٦٧	٠/٣٣
٢١	٦/٠٨	١/١٨	٠/١٩	٠/٨١	٥٣	١٢/٥٩	٦/٤٤	٠/٥١	٠/٤٩
٢٢	٦/٤٠	٣/٦٢	٠/٥٧	٠/٤٣	٥٤	١٢/٦١	٤/٩٩	٠/٤٠	٠/٦٠
٢٣	٦/٦٠	١/٥٠	٠/٢٣	٠/٧٧	٥٥	١٣/٦٧	٥/٨٨	٠/٤٣	٠/٥٧
٢٤	٦/٧٠	٢/٠٢	٠/٣٠	٠/٧٠	٥٦	١٤/٨١	٦/٠٥	٠/٤١	٠/٥٩
٢٥	٦/٨٦	٣/٤١	٠/٥٠	٠/٥٠	٥٧	١٥/٤٦	١٠/٣٣	٠/٦٧	٠/٣٣
٢٦	٦/٩٤	١/٧٧	٠/٢٥	٠/٧٥	٥٨	١٧/٨١	٨/١٩	٠/٤٦	٠/٥٤
٢٧	٧/٠٢	١/٥١	٠/٢٢	٠/٧٨	٥٩	٢٢/٠٦	١٥/٥٨	٠/٧١	٠/٢٩
٢٨	٧/٠٨	٤/٠٧	٠/٥٧	٠/٤٣	٦٠	٢٥/٢٧	١١/٤٨	٠/٤٥	٠/٥٥
٢٩	٧/٢٢	١/٦٠	٠/٢٢	٠/٧٨	بيشينه	٢٥/٢٧	١٥/٥٨	٠/٧١	٠/٨٧
٣٠	٧/٣٦	٢/٠٩	٠/٢٨	٠/٧٢	كمينه	٢/٣٤	٠/٤١	٠/١٣	٠/٢٩
٣١	٧/٣٦	١/٢٧	٠/١٧	٠/٨٣	ميانگين	٨/٣٢	٣/٣٣	٠/٣٧	٠/٦٣
٣٢	٧/٦٩	٣/٤٧	٠/٤٥	٠/٥٥					

با توجه به موارد يادشده و نبود وجود تفاوت آماري بين رابطه تولو و هيد و مافيچ اصلاح شده و همچنين سادگي و داده‌هاي كم مورد نياز رابطه هيد و مافيچ، از رابطه يادشده براي تهيه منحني‌هاي فاصله- ارتفاع- شيب بهره‌گيري شد و اين منحني‌ها به دو صورت حسابي (نمودارهاي ١ و ٢) و نيمه‌لگاريتمي (نمودارهاي ٣ و ۴) رسم شدند. لازم به يادآوري است، به منظور پرهيز از تراكم بيش از حد نمودارها، بويژه براي شيب‌هاي پايين، نمودارها براي شيب‌هاي ٢ تا ١٠ درصد و ١١ تا ٢۴ درصد به صورت جداگانه رسم شدند.

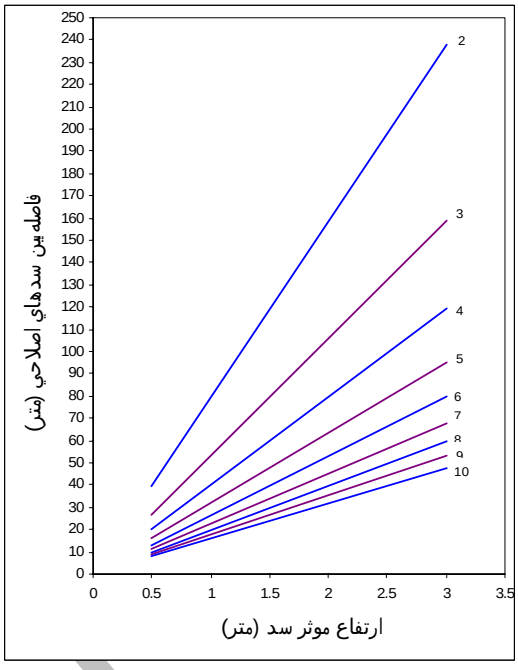
جدول ٣- مقايسه ميانگين مربعات خطاي نتايج روابط مورد بررسي، در محاسبه فاصله بين سدهاي اصلاحي

شماره سد	شيب كف آبراهه (%) (G)	طول رسوب‌گذاري (متر) (Lo)	مدل تولو (متر) (Lc)	مدل هيد و مافيچ اصلاح نشده (متر) (Lc)	مدل هيد و مافيچ اصلاح شده (متر) (Lc)
١	٢/٧٦	٧١/٧	٨٤/٢	١٧٨/٩	٨٥/١
٢	٤/٢٣	٣٨/٤	٣٨/١	١١٢/٠	٥٣/٣
٣	٥/٧٦	١٦/٠	١٨/١	٤٩/٨	٢٣/٧
٤	٦/٢٧	٢٠/٥	٢١/١	٥٩/٢	٢٨/١
٥	٧/١٥	٢٠/١	١٦/١	٤٦/٣	٢٢/٠
٦	٧/٩٥	٢١/٠	١٩/١	٥٦/٠	٢٦/٦
٧	٨/٥١	١٨/٠	٣٠/٠	٧٦/٧	٣٦/٥
٨	٩/٤٢	١٨/٤	٦/٩	٢٢/٠	١٠/٥
٩	١١/٠٠	٣٦/٧	١٦/٠	٤٣/٩	٢٠/٩
١٠	١١/١٣	١٠/١	١١/٨	٣٦/٢	١٧/٢
١١	١٢/٥٨	١٥/٨	١٢/١	٣٧/٤	١٧/٨
١٢	١٣/٦١	٥/٣	٦/٦	١٩/٠	٩/١
١٣	١٧/٠٢	٥/٩	٦/٥	٢١/٥	١٠/٢
MSE			٦٩/١	٢٠٤٢/٨	٩٩/٦

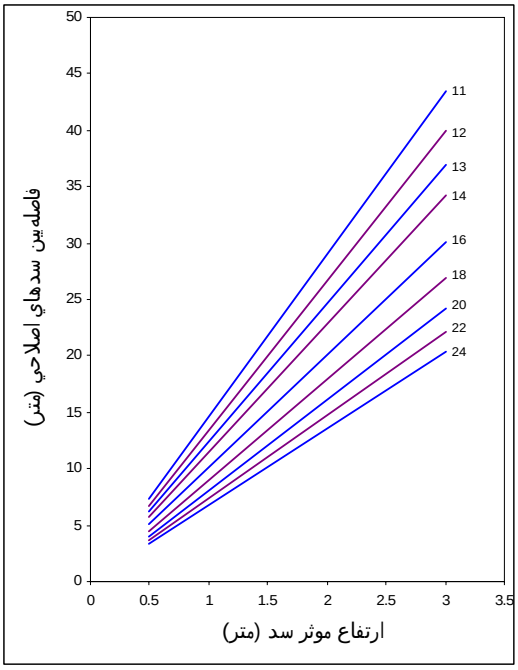
جدول ٤- مقايسه آماري ميانگين مربعات خطاي روابط مختلف در محاسبه فاصله بين سدها

	تولو	هيد اصلاح نشده	هيد اصلاح شده
تولو			
هيد و مافيچ اصلاح نشده	-٢/٢١**		
هيد مافيچ اصلاح شده	-١/٠٨	٢/٢**	

(**) وجود تفاوت معني‌دار در سطح اطمينان ٩٥%

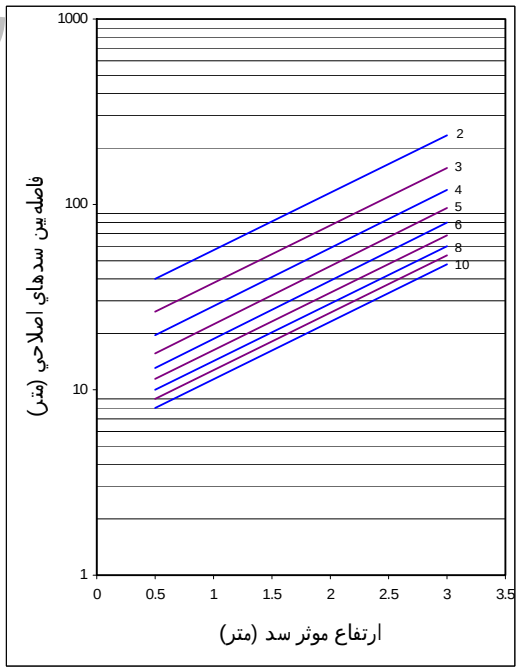


نمودار ۱

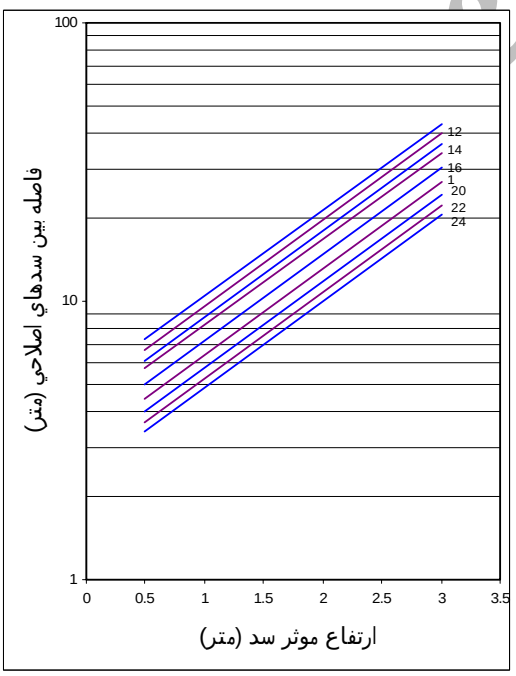


نمودار ۲

نمودارهاي ۱ و ۲- منحني‌هاي فاصله- ارتفاع- شیب براي تعیین فاصله بین سدهاي اصلاحي (حسابي)



نمودار ۳



نمودار٤

نمودارهاي ۳ و ۴- منحني‌هاي فاصله- ارتفاع- شیب براي تعیین فاصله بین سدهاي اصلاحي (نیمه لگاریتمي)

بحث و نتيجه‌گيري

بررسي نتايج بدست آمده از بررسي بر روي ٧٣ سد اصلاحي با سن بيش از ١٠ سال در حوزه آبخيز سد درودزن در استان فارس نشان داد كه ضريب تجربي K در مدل برآورد فاصله بين سدهاي اصلاحي بستگي به شيب بستر آبراه ندارد بلكه به شيب حد يا تعادل بدست آمده از ته نشيني رسوبات دارد. به عبارت ديگر سرشت سازندهاي زمين شناسي و دانه بندي رسوبات بدست آمده از سازندهاي موجود در حوزه آبخيز بر روي ميزان ضريب تجربي K تاثير گذار است. به نظر مي رسد رابطه‌اين ضريب تجربي با نوع سازند زمين شناسي و سنگ شناسي بايستي براي حوزه هاي آبخيز ايران مورد بررسي بيشتري قرار گيرد.

مقايسه سه مدل هيد و مافيچ اصلاح نشده، هيد و مافيچ اصلاح شده و تولو در اين بررسي نشان داد كه مدل‌هاي هيد و مافيچ اصلاح شده و تولو ميزان‌هاي مورد پذيرشي براي تعيين فاصله بين سدهاي اصلاحي برآورد كردند. دو مدل هيد و مافيچ اصلاح شده و تولو تفاوت هائي نيز با يكديگر دارند. رابطه تولو براي شيب‌هاي كم تا بيشترين آنها كه حدود ٧% در برآورد فاصله بين سدها است دقت خوبي دارد. بنابراين براي بهره‌گيري در مناطقي كه شيب بستر آبراهه و ميزان مواد درشت دانه (سنگريزه و قلوه سنگ) آن‌ها كم است بويژه مناطق گسترش آبكندها مناسب مي‌باشد و با توجه به دقت به نسبت خوب و سادگي آن، براي بهره‌گيري در اين مناطق توصيه مي‌شود. براي مناطقي كه ضريب تجربي K در رابطه هيد و مافيچ، اصلاح شده باشد و در شرايط ايران بدست آمده باشد، با توجه به سادگي رابطه ياد شده و قابل پذيرش كاربرد آن براي شيب‌هاي مختلف، بهره‌گيري از آن توصيه مي‌شود. با توجه به دقت نسبي قابل پذيرش مدل هيد و مافيچ اصلاح شده، در حوضه سد درودزن، مي‌توان با اندازه‌گيري شيب بستر آبراهه و تعيين ارتفاع سد، فاصله بين آن‌ها را با كمك نمودارها مشخص كرد.

در اين بررسي حدود ٩٢% سدها داراي شيب بستر بين ٢ تا ١٣ درصد و ٨ درصد بين ١٣ تا ٢٥ درصد بودند، با توجه به نبود پراكندگي يكنواخت شيب‌هاي مورد بهره‌گيري براي برآورد K توصيه مي‌شود براي افزايش دقت در برآورد ضريب تجربي K و همچنين به منظور تعيين K براي شيب‌هاي تندتر، بررسي‌هايي با بهره‌گيري از سدهايي كه شيب بستر تندتري دارند صورت گيرد. افزون بر آن بهره گيري از داده‌هاي بيشتر براي برآورد ضريب تجربي K منجر به افزايش دقت رابطه يادشده خواهد شد.

سپاسگزاري

اين تحقيق با سفارش و پشتيباني مالي مديريت محترم آبخيزداري استان فارس صورت گرفته است. از مديريت محترم آبخيزداري فارس و برخي از كارشناسان اين مديريت كه در شناسائي سدهاي اصلاحي قديمي و تامين امكانات بازديدهاي صحرائي و انجام عمليات نقشه‌برداري همكاري داشته‌اند سپاسگزاري مي‌شود.

منابع

1- Chunhoug, H., Deyi, W., Jayakumar, R., Ajisawa, S., 2004, Warping dams, construction and its effect on environment, economy, and society in Loess plateau region of China, UNESCO, 32p.

2- Dehgan, A., 2004, Soil erosion and necessity for it's control, Zeyton, 41, pp. 31-47.

3- Gray, D.H., & Leiser, A.T. 1982. Biotechnical slope protection and erosion control. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

4- Heede, B.H. 1977. Case study of a watershed rehabilitation project, Alkali Creek, Clorado. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. U. S. Research Paper.

5- Heede, B.H., & Mufich, J. 1973. Functional relationships and a program for structural gully control, Journal of Environmental Management, (1): 321-344.

6- Lenzi, M.A. 2002. Stream bed stabilization using boulder check dams that mimic step-pool morphology features in Northern Italy, Geomorphology, 45:243-260.

7- Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation, Blackwell publishing, 256pp.

8- Piriardekani, M., 2000, Optimization of check dams spacing and dimensions, Master dissertation of watershed management, Higher education center for Imam Khomeini.

9- Roshani, R., 2003, one hundred hints in check dams designing, Tehran, Ministry of Jihad-e- Agriculture, Main office of watershed executive affairs, office of borderline rivers.

10- Shiva, R., 1996, Prediction of time series, Institute of studies and research of commerce, Tehran, 320p.

11- Tulu, T. 1999. Optimum check dam spacing for gully stabilization, International Journal of Tropical Agriculture, 17(1-4): 69-75.

12- Woolhiser, D.A., & Lenz, A.T. 1965. Channel gradients above gully-control structures, Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, HY3. 165-187.

13- Zougmore, R., Kabore, D., & Lowenberg-Deboer, L. 2000. Optimal spacing of soil conservation barriers: Example of rock bunds in Burkina Faso, Agronomy Journal, (92): 361-368.

A Comparison of Models Precision for Distance Estimation between Check Dams in Order to Design Distance- Height-Slope Nomographs in Doroudzan Dam Watershed

A. Esmaeeli Nameghi[1], M. Soufi[*2] and A.M. Hasanli[3]

[1] Former Graduate student, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I.R. Iran

[2] Assistant Prof.,, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars province, Shiraz, I.R. Iran

[3] Associate Prof., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I.R. Iran

(Received: 13 October 2008, Accepted: 01 July 2009)

Abstract

Check dam spacing is of great importance technically and economically in mechanical watershed management. Empirical models are usually used to determine check dam spacing developed in certain conditions in other countries but they are not calibrated in Iranian watershed conditions. This research has been carried out in the watershed of Doroudzan dam due to oldness and frequency of check dams. After field surveying and visiting of 2000 dams with ages ranging from 10 to 30 years, 73 check dams were selected to measure required parameters in the models such as Heede and Mufich(1973). Parameters such as effective height, stream bed gradient, sediment balancing gradient and length of deposition were measured. Empirical coefficient of Heede and Mufich model was estimated using the obtained data for 80 percent (60 dams) of check dams. The precision of empirical models such as primary Heede and Mufich, revised Heede and Mufich and Tulu were tested using data obtained from 13 remained dams. The results of this research reveal that primary Heede and Mufich and Tulu models have maximum and minimum errors, respectively, between current empirical models. Statistical comparison show that between primary Heede and Mufich and other models exist there is a significant difference in 95% level but no significant difference was obtained between modified Heede and Mufich and Tulu models. Due to non-significant difference between modified Heede and Mufich and Tulu models, simplicity and the need for fewer parameters to measure, using modified Heede and Mufich model is recommended in the watershed of Doroudzan dam and those of similar conditions. Linear and semi- logarithmic curves for a proper suggested model are drawn and introduced to use in similar conditions that require to measure effective height and stream bed gradient.

Key Words: Check dams, Optimum spacing, Doroudzan dam watershed, Heede and Mufich, Tulu

*Corresponding author: Tel: +98 711 7235152 , Fax: +987117205107 , E-mail: soufi@farsagres.ir