تعیین محل های قابل فرسایش و رسوبگذاری در رودخانه فاروب رومان با استفاده از مدل هیدرولیک رسوب SRH-1D

مهدی عسکری، محمود فغفور مغربی، محسن بیگی
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب دانشگاه فردوسی مشهد، Email: mas.civil@gmail.com
دانشیار دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، Email: maghrebi@ferdowsi.um.ac.ir
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه فردوسی مشهد، Email: beygi_1362@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق برای تعیین محل‌های قابل فرسایش و رسوبگذاری در رودخانه از مدل SRH-1D استفاده شده است. به این منظور نتایج اجرای مدل در یک بازه از رودخانه فاروب رومان نیشابور، به طول ۷ کیلومتر مورد بررسی قرار گرفت. به علت حساسیت مدل به معادله حمل رسوب، با استفاده از مقایسه نتایج معادلات مختلف حمل رسوب با آمار رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری، معادله بهینه حمل رسوب انتخاب شد. دانه بندی بستر در چند مقطع توسط نمونه های سطحی تعیین شد. برای تعیین ضریب مانینگ از روش کاون استفاده شد. از هیدوگراف های مختلف ۲۰۰- ۲ ساله برای جریان ورودی استفاده شد. نتایج نشان دهنده فرسایش در اطراف گودالهای شن برداری که بستر رودخانه دچار تغییر شده، قسمت های با شیب طولی بالا و مقاطع V شکل، و رسوب‌گذاری در محل گودالهای شن برداری، مقاطع عرضی باز و نقاط کم شیب، رخ می دهد.

واژه‌های کلیدی : فرسایش، رسوبگذاری، فاروب رومان ، مدل هیدرلیک رسوب، SRH-1D

مقدمه

رودخانه‌ها تحت تاثیر تغییرات طبیعی و مصنوعی محیط اطراف خود، در معرض دگرگونی‌های ژرفی قرار دارند و خود را نسبت به هرگونه شرایط تنظیم می کنند. این تغییرات شامل دگرگونی آب و هوا، پوشش گیاهی، و یا در اثر برخی فعالیت های بشر مانند ساخت سد، عملیات حفاظت سواحل، ساخت ابنیه هایی عمود بر جریان رودخانه مانند پل و جاده و برداشت مصالح شن و ماسه و ... باشد. یکی از فعالیت‌های مخربی که بر رودخانه‌ها تحمیل می‌شوند بهره‌برداری بی‌رویه از شن و ماسه بستر آنها جهت فعالیت‌های عمرانی است. از آنجایی که آبرفت‌های شن و ماسه در طی میلیون‌ها سال منبعی را به وجود می‌آورند که تجدید حیات آنها خیلی کند صورت می‌گیرد[۱]، به همین دلیل برداشت آنها باید با احتیاط صورت گیرد و با تعیین محل های مناسب رسوبگذاری و فرسایش در رودخانه ها از تخریب این سرمایه ملی جلوگیری نمود. رودخانه با تغییر در شیب، ضریب زبری، اندازه‌ی مواد بستر، شکل مقطع عرضی و مهاجرت رودخانه به صورت عرضی خود را باشرایط جدید وفق می دهد، از این رو مطالعه رفتار رودخانه امری ضروری است. مدل‌های مختلفی جهت روند یابی آب و رسوب در رودخانه‌های طبیعی و کانال‌های مصنوعی وجود دارد، یکی از این مدل ها، مدلSRH–1D می‌باشد. این مدل توانایی شبیه‌سازی جریان‌های دائمی و غیردائمی، شرایط مرزی داخلی، رودخانه‌های پیچانرود، حمل رسوب چسبنده و غیرچسبنده و جریان‌های جانبی همراه با مرزهای متحرک را دارا می‌باشد[2]. مهمترین مزیت این مدل استفاده از ۱۴ معادله حمل رسوب می باشد که نشان دهنده اینست که به خوبی روی این مدل کار شده است و دارای نتایج قابل اطمینانی می باشد.

مواد و روش ها

مدل SRH-1D

این مدل توسط سازمان حمایت از محیط زیست (EPA) و دفتر احیاء اراضی تهیه شده است. SRH–1D همان GSTAR–1D می‌باشد که در ژانویه سال ۲۰۰۷ برای شناسایی بهتر، به SRH–1D تغییر نام داد. SRH–1D یک مدل عددی هیدرولیک و رسوب می‌باشد که برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه‌ها و کانال‌ها با یا بدون مرزهای متحرک مورد استفاده قرار می‌گیرد[2].

معادلات حاکم

SRH-1D قابلیت حل مسائل جریان دائمی و غیردائمی را دارد. در حالت دائمی برای حل معادله انرژی در جریان متغیر تدریجی دائمی از روش گام به گام استاندارد با روش نیوتن- رافسون استفاده می شود (معادله ۱). در این حالت پروفیل جریان به صورت بحرانی و زیر بحرانی خواهد بود. معادله انرژی برای یک جریان متغیر تدریجی دائمی بین مقطع پایین دست(۱) و مقطع بالادست (۲) به صورت زیر بیان می شود.

$$Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - Z_1 - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = h_f + h_c \qquad (۱)$$

که در آن Z_1 و Z_2 ارتفاع سطح آب، V_1 و V_2 سرعت متوسط جریان و α_1 و α_2 ضرایب تصحیح به خاطر عدم یکنواختی سرعت به ترتیب در مقاطع ۱ و۲ می باشند، g شتاب جاذبه زمین ، h_f افت اصطکاکی بین مقاطع ۱ و۲ و h_c افت ان قباظی یا انبساطی بین دو مقاطع ۱ و ۲ می باشد.

در حالت غیر دائمی جریان به وسیله معادله دیفرانسیلی قانون بقای جرم تشریح می شود (معادله۲) و از معادله اندازه حرکت برای حالت جریان فوق‌بحرانی استفاده می شود(معادله۳). روش حل عددی این معادلات روش شبکه بندی شطرنجی[1] می باشد.

$$\frac{\partial(A + A_d)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q_{Lat} \qquad (۲)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q^2/A)}{\partial X} + gA\frac{\partial Z}{\partial X} = -gAS_f \qquad (۳)$$

که در آن Q دبی جریان (m^3/s)، A مساحت مقطع عرضی (m^2)، A_d سطح مقطع مؤثر(m^2)، q_{Lat} دبی جانبی در واحد طول کانال (m^3/s)، t متغیر مستقل زمان(s)، X متغیر مستقل مکان (m)، g شتاب جاذبه زمین (m/s^2)، β ضریب تصحیح به خاطر عدم یکنواختی سرعت، Z ارتفاع سطح آب (m)، S_f شیب انرژی.

دو نوع روندیابی رسوب در SRH-1D وجود دارد: روندیابی غیر دائمی رسوب و روندیابی توسط معادله اکسنر، در روندیابی رسوب در حالت غیر دائمی تغییرات غلظت رسوبات معلق در طول زمان محاسبه می شود. ولی در روندیابی توسط معادله اکسنر از این تغییرات صرفنظر می-شود. روندیابی رسوب در حالت غیردائمی، زمانی که جریان غیردائمی با تغییر سریع در غلظت رسوب آغاز می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی در بیشتر حالات از روندیابی رسوب توسط معادله اکسنر استفاده می‌گردد. معادله اکسنر به صورت زیر می باشد.

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + \varepsilon\frac{\partial A_d}{\partial t} - q_s = 0 \qquad (۴)$$

که در آن ε حجم رسوبات در واحد حجم لایه بستر (ضریب تخلخل منهای یک)، A_d حجم رسوبات بستر در واحد طول، Q_s دبی حجمی رسوبات و q_s رسوبات ورودی جانبی در واحد طول می باشد. انتگرال معادله (۴) روی حجم کنترل هر مقطع عرضی، یک معادله برای عمق رسوب‌گذاری، برای یک اندازه رسوب در مقطع عرضی می‌دهد (معادله ۵):

$$\varepsilon_i W_i \Delta x_i \Delta Z_{b,i} = q_{s,i}\Delta x_i \Delta t + (Q_{s,(i-1)} - Q_{s,i})\Delta t \qquad (۵)$$

---

[1] - Staggered Grid Scheme

که W عرض مقطع فرسایش یافته یا رسوب گذاری شده می‌باشد. از مجموع حجم فرسایش هر اندازه رسوب، حجم فرسایش کل یا رسوب‌گذاری کل مقطع بدست می‌آید. جریان‌های جانبی توسط کاربر تعریف می‌شود و عرض فرسایش برمبنای محاسبات هیدرولیکی برآورد می‌شود. تنها مؤلفه باقیمانده مجهول، نرخ حمل رسوب می‌باشد. نرخ حمل رسوب می‌تواند همچنین به صورت QC نوشته شود که C ، غلظت وزنی متوسط رسوب محاسبه شده می‌باشد. غلظت رسوب با استفاده از ۱۴ معادله حمل رسوب که به مدل معرفی شده است محاسبه می شود[2].

اطلاعات مورد نیاز مدل

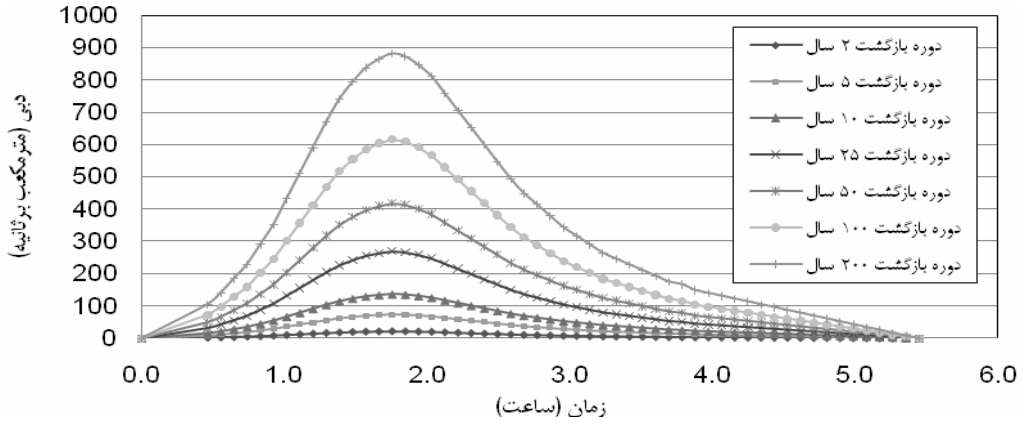
اطلاعات مورد نیاز جهت استفاده از مدل کامپیوتری SRH-1D به شرح زیر می باشد:

۱- نقشه توپوگرافی رودخانه در بازه مطالعاتی جهت معرفی هندسه رودخانه: جهت معرفی هندسه رودخانه به مدل، از نقشه های توپوگرافی رودخانه با مقیاس۱۰۰۰ :۱ استفاده گردید. این خطوط پس از رقوم دهی وارد محیط GIS شده و با استفاده از توانایی های این محیط و ضمیمه HEC-GEO-RAS در محیط نرم افزار Arc View مقاطع عرضی در طول بازه مورد مطالعه استخراج شده اند [۳].

۲- هیدروگراف سیل با دوره بازگشت های مختلف به عنوان شرایط مرزی بالادست و دبی اشل به عنوان شرایط مرزی پایین دست : به منظور تعیین سیلاب با دوره بازگشت های مختلف، داده های دبی حداکثر لحظه ای ایستگاه هیدرومتری طی سال های ۸۴ ـ ۱۳۵۹ جمع آوری شد. سپس جهت یافتن داده های پرت از آزمون مشاهدات استثنائی گروبز- بک[1] (۱۹۷۱)[4]، استفاده شده است. به منظور دستیابی به میزان حداکثر سیلاب حوزه از روش دیکنز[2] استفاده گردید[5] (جدول ۱). زمان تمرکز حوضه آبریز مورد مطالعه با توجه به مساحت حوضه، شکل حوضه و ضریب جریان آن با روش کرپیچ[3] حدود ۳/۱ ساعت محاسبه شد. بعد از تعیین حداکثر سیلابها با دوره بازگشت های مختلف، با استفاده از هیدروگراف استاندارد، هیدروگراف سیل با دوره بازگشت های مختلف تعیین شد (شکل ۱). با توجه به اینکه در انتهای بازه مورد مطالعه ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد، با وارد کردن دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت های مختلف به نرم افزارHEC-RAS منحنی دبی اشل به عنوان شرایط مرزی پایین دست انتخاب شد (شکل ۲).

جدول (۱)- دبی حداکثر سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) محاسبه شده با روش دیکنز

دوره بازگشت (year)	2	5	10	25	50	100	200
دبی حداکثر سیلاب (m^3/s)	22	73	137	269	417	616	881

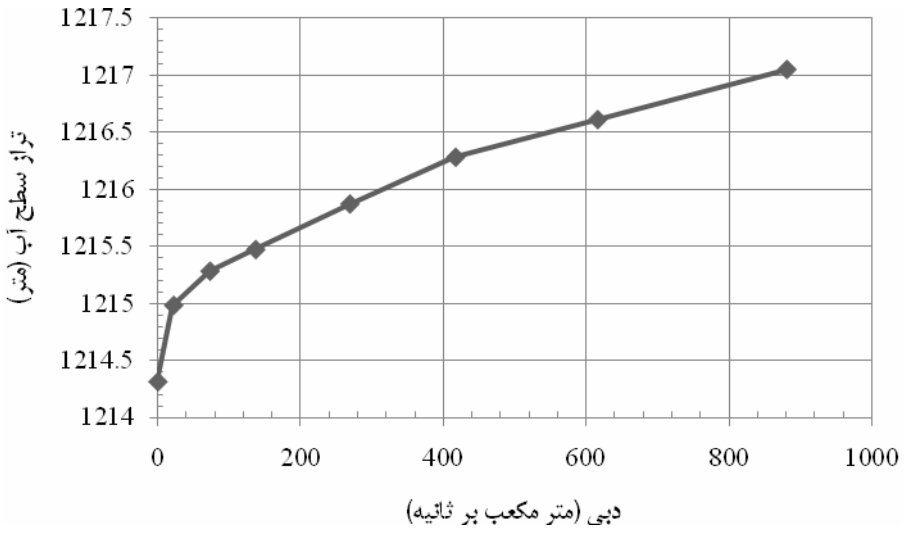


شکل (۱)- هیدروگراف سیلاب با روش دیکن

[1]- Testing for Outliers G.B.

[2]- Dickens

[3]- Kirpich



شکل (۲)- منحنی دبی اشل در آخرین مقطع پایین دست

۳- منحنی سنجه رسوب : برای رودخانه فاروب ـ رومان بر اساس تحلیل نتایج نمونه برداری های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری عیش-آباد رابطه زیر بین دبی بار معلق و دبی جریان بدست آمد :

$$Q_S=21.78Q^{2.217}$$

در این رابطه Q بر حسب مترمکعب بر ثانیه و Q_S بر حسب تن در روز است. ضریب همبستگی رابطه اخیر ۰/۸۰۸ می باشد.

۴- درجه حرارت آب در رودخانه : با توجه به آمار موجود درجه حرارت آب در رودخانه فاروب ـ رومان به طور متوسط ۱۳/۵ درجه سانتیگراد می باشد[۶].

۵- دانه بندی رسوبات کف رودخانه در مقاطع عرضی مشخص : در گزارش مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه فاروب ـ رومان نیشابور، ۱۴منحنی دانه بندی در محدوده مطالعات به فواصل ۵۰۰ متری استخراج شده است که به مدل معرفی می شود [۳].

کالیبراسیون مدل

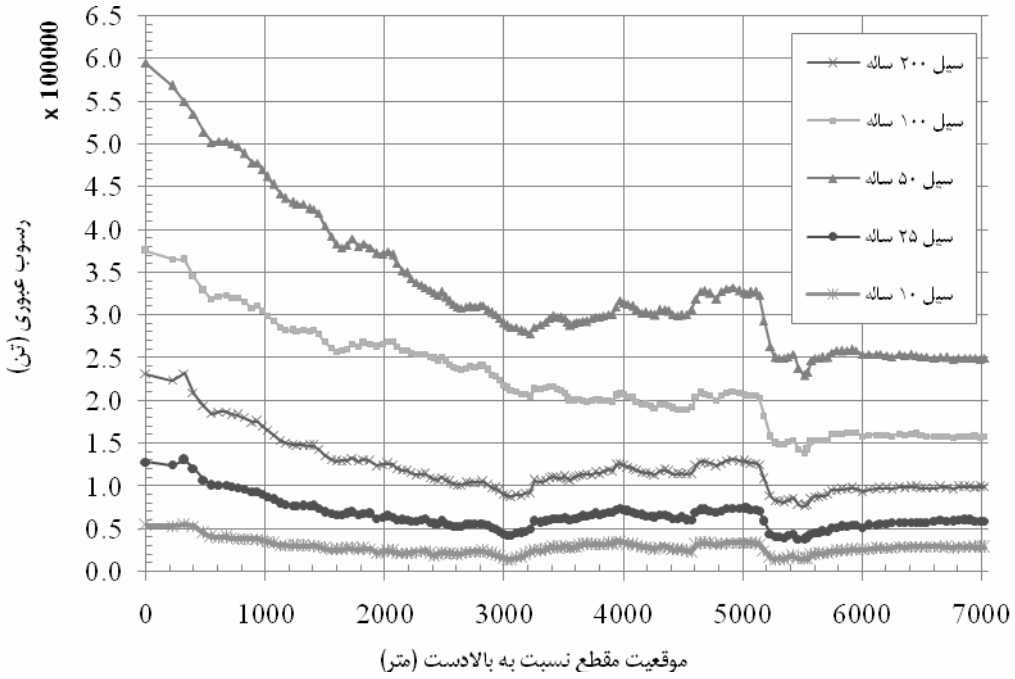
در فرایند مدل‌سازی رودخانه، تعدادی از داده ها وجود دارند که مدل نسبت به تغییرات آنها حساس می باشد و بایستی به شکل مناسبی تعریف شوند. بررسی نتایج نشان می دهد که فرسایش و رسوب‌گذاری در یک مقطع نسبت به انتخاب معادله حمل رسوب، ضریب زبری مانینگ و گام زمانی حساس می باشد[۷]، بنابراین با مقایسه نتایج معادلات مختلف، با مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب در ایستگاه هیدرومتری معادله انگلوند و هانسن[1] به عنوان معادله بهینه حمل رسوب انتخاب شد. با توجه به روشهای مختلفی که برای تخمین ضریب زبری در کتابهای مختلف وجود دارد، روش کوان[8] به علت اینکه پارامترهای زیادی مانند جنس کانال، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی و .... را در تخمین ضریب بکار می برد، به عنوان بهترین روش برای تخمین این ضریب انتخاب شد. با توجه به این روش ضریب زبری کانال n برای تمام مقاطع عرضی مقدار ۰/۰۳۲ تخمین زده شد. همچنین با مقایسه نتایج مدل با گام های زمانی مختلف، نتایج مدل با گام زمانی ۱. ./. ساعت قابل قبول بود.

نتایج و بحث

منحنی تغییرات رسوب عبوری

با استفاده از منحنی تغییرات رسوب عبوری از هر مقطع، می توان مقدار رسوب ته نشین شده یا فرسایش یافته در یک بازه را برای سیل با دوره بازگشت های مختلف مشخص نمود[۹]. هنگامی که این منحنی به صورت نزولی حرکت می کند، نشان دهنده رسوب‌گذاری و هنگامی که منحنی به صورت صعودی حرکت می کند نشان می دهد که در آن بازه، بستر رودخانه در حال فرسایش می باشد. منحنی تغییرات رسوب عبوری در ۵ واقعه سیل در شکل (۳) نشان داده شده است.

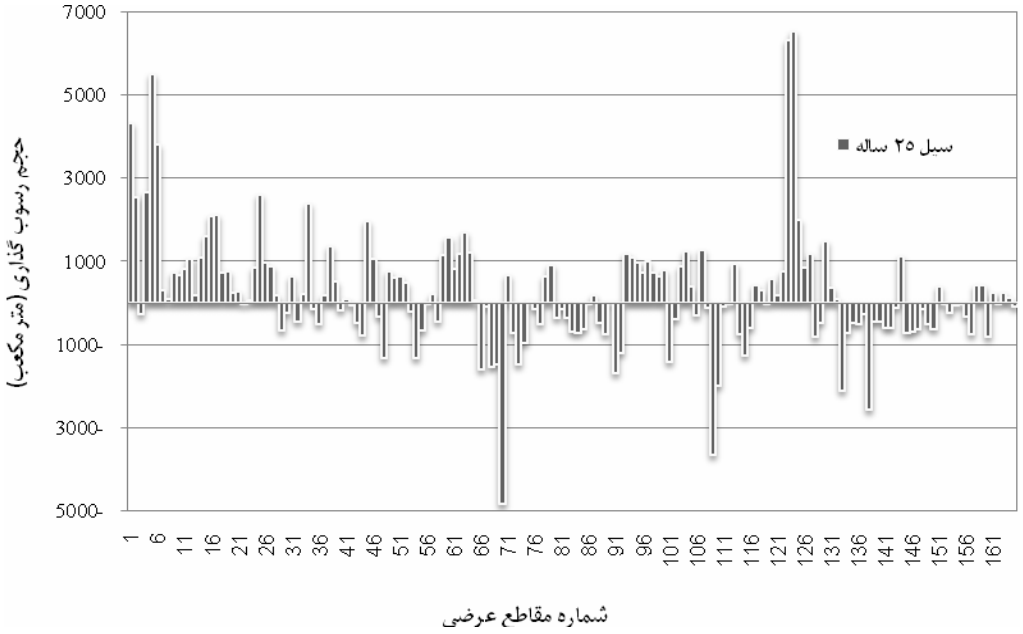
[1] - Engelund and Hansen's method



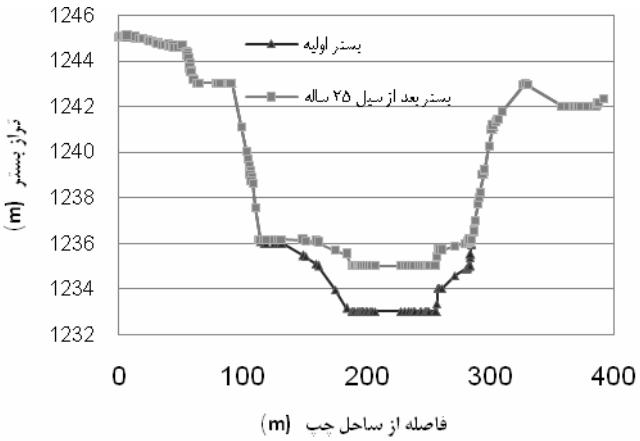
شکل (۳)- منحنی تغییرات رسوب عبوری از هر مقطع برای سیل با دوره بازگشت های مختلف

رسوبگذاری و فرسایش در مقاطع عرضی

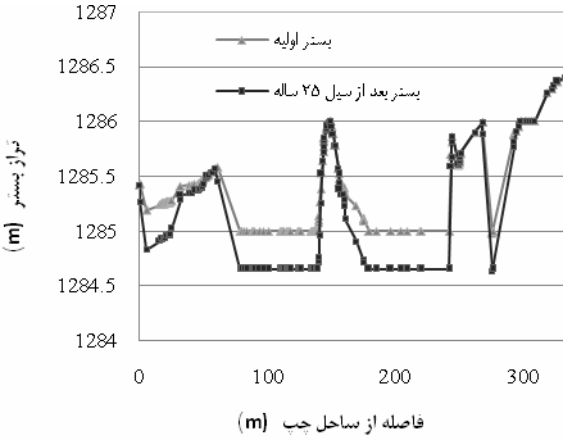
یکی از خروجی های مدل SRH-1D حجم تجمعی رسوب‌گذاری در مقاطع عرضی است (شکل۴). با توجه به شکل می توان مقاطعی که در طول سیل با دوره بازگشت های مختلف دچار رسوب‌گذاری و فرسایش می شوند را مشخص نمود و با توجه به نظر کارشناسی و بررسی مقاطع عرضی رسوبگذاری شده و فرسایشی یافته، محل های مناسب برداشت شن و ماسه را تعیین نمود (شکل های ۵ و۶).



شکل (۴)- حجم رسوب‌گذاری تجمعی در مقاطع عرضی رودخانه برای سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله، مقادیر منفی نشان‌دهنده فرسایش می باشد.



شکل (۵)- فرسایش مقطع عرضی مقطع شماره ۱۲۴
در فاصله ۵۲۲۸/۴۰۵ متری بالادست



شکل (۶)- رسوب گذاری در مقطع عرضی مقطع شماره ۶۸
در فاصله ۳۱۷۳/۴۱۵ متری بالادست

موازنه رسوب

یکی دیگر از خروجی های مدل موازنه جرمی رسوب با فرض ناچیز بودن تغییرات غلظت رسوب در طول زمان، برای سیل با دوره بازگشت های مختلف می باشد (جدول ۲).

جدول (۲)- موازنه رسوب ورودی از بالادست وخروجی از پایین‌دست در سیل با دوره بازگشت های مختلف

دوره بازگشت (Year)	حجم رسوب ورودی از بالادست (m^3)	حجم رسوب خروجی از پایین دست (m^3)	حجم رسوب ته نشین شده (m^3)
2	2972.14	1643.35	1328.784
5	13718.38	6676.93	7041.449
10	30293.28	14252.11	16041.17
25	69352.11	30091.99	39260.12
50	122053.5	50012.54	72040.96
100	193620.9	78706.72	114914.2
200	301892.2	123445.9	178446.3

نتیجه گیری

در این تحقیق فرسایش، رسوب‌گذاری و تغییرات رسوب عبوری از مقاطع عرضی رودخانه فاروب رومان نیشابور در هیدروگراف های مختلف توسط مدل SRH-1D شبیه سازی شد. معادله انگلوند و هانسن به علت تطابق خوبی که با منحنی سنجه رسوب داشت، به عنوان معادله بهینه حمل رسوب انتخاب شد. با بررسی خروجی های مدل نتایج زیر بدست آمد:

- روند تغییرات رسوب عبوری از مقاطع مختلف در طول سیل با دوره بازگشت های مختلف تقریبا مشابه بود و با افزایش توان جریان، رسوب عبوری از مقاطع افزایش می یافت.
- با توجه به اینکه رسوب عبوری در انتهای بازه مورد مطالعه نسبت به ابتدای آن کاهش می یابد، میزان رسوب‌گذاری بیشتر از فرسایش می باشد و بطور کلی رودخانه در حالت رسوب گذاری می باشد.
- با توجه به نمودار ستونی حجم رسوب‌گذاری تجمعی در مقاطع عرضی رودخانه در طول سیل، می توان مقاطعی که رسوب گذاری و فرسایش در آنها رخ می دهد را شناسایی نمود.

- با تعیین مقاطع عرضی رسوب‌گذاری شده و بررسی آنها در طول سیل با دوره بازگشت های مختلف می توان محل های مناسب برداشت شن و ماسه را انتخاب نمود.
- با تعیین مقاطع عرضی قابل فرسایش می توان نسبت به تثبیت بستر و دیواره ها تصمیم‌گیری نمود.
- نتایج حاصل نشان می دهد در محدوده ای به طول ۱۲۰۰ متر بین مقاطع عرضی ۴ تا ۲۸ رسوب‌گذاری در بستر مشاهده می گردد. به نظر می رسد این پدیده به علت باز بودن مقاطع و در نتیجه کاهش عمق و سرعت جریان، رخ داده است.
- همچنین در محدوده ای به طول ۴۰۰ متر بین مقاطع عرضی ۶۶ تا ۷۷ فرسایش بستر مشاهده می گردد. این پدیده به علت برداشت های شن و ماسه در بالادست می باشد که باعث کاهش غلظت رسوب و افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست گودالهای برداشت شن و ماسه شده است. در این بازه مقاطع عرضی به صورت شاخه ای به دو یا سه مقطع کوچک تقسیم شده است.

مراجع

[۱] موذن، الهام، ایمان (۱۳۸۲)، "بررسی اثرات زیست محیطی برداشت بی‌رویه از معادن شن و ماسه بستر رودخانه‌ها"، شرکت مهندسین مشاور سازآب اهواز، ۱ ص.

[2] Huang, V.H., Greimann, B. (2007), "User's Manual for SRH-1D V2.1", US Department of Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Sedimentation and River Hydraulics Group.

[۳] مهندسین مشاور مهارآب (۱۳۸۶)، "مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه فاروب رومان نیشابور"، شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان رضوی، ۴۳ و ۴۷ ص.

[4] Grubbs, Frank (February 1969), "Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples, Technometrics", Vol. 11, No. 1, pp. 1-21.

[5] Raghunath, H. M. (2006), "Hydrology", New Age International Pablishers, pp. 213-215.

[۶] مهندسین مشاور آبزی گستر (۱۳۸۳). "مطالعات بازنگری و تکمیلی و ارائه طرح بازسازی پروژه تغذیه مصنوعی رودخانه فاروب رومان نیشابور جلد دوم" ، شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان رضوی، ۶-۲ ص.

[۷] تربن، سید علی (۱۳۸۵)، "تعیین مکان های مناسب برداشت شن و ماسه در رودخانه ها با استفاده از مدل عددی GSTAR-1D" مجموعه مقالات هفتمین همایش مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳ ص.

[8] Yen, B. C. (2002)، "Open channel flow resistance." ASCE, Journal of Hydraulic Engineering pp. 20-39.

[۹] ابراهیمی کرمانی، سپیده (۱۳۸۵)،"مدل سازی ریاضی رسوب دهی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه نکا)" مجموعه مقالات هفتمین همایش مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴ ص.

8th International River Engineering Conference
Shahid Chamran University , 26-28 Jan. 2010 , Ahwaz

Determination of the Erodible and Deposition Place in the Farub Roman River by the Sediment Hydraulic Model SRH-1D

MAhdi Askari
Mahmoud F. Maghrebi
Mohsen Beigi
M.Sc. Student, Civil Engineering Dept, Ferdowsi University of Mashhad
Associate Professor, Civil Engineering Dept, Ferdowsi University of Mashhad
M.Sc. Student, Irrigation Dept, Ferdowsi University of Mashhad

ABSTRACT

In the current paper for the determination of the degradation and aggradations in rivers the SRH-1D model is used. For this reason, the results of the application of the model to a river reach of Farub Roman in Neishabur, with a length of 7km are investigated. Due to the sensitivity of the model to the equation of sediment transport, different results obtained by different sediment transport equations are compared with each other and the best formula based on the best consistency with the field data are obtained. The granular size distributions are obtained by taking surface samples. For determination of the Manning roughness coefficient n, Kowan formula is adopted. Different hydrographs with the return periods of 2 to 200 years are used as the inflows. The results show that degradation occur around the trench of the extracted sand and gravel, steep slopes with a V shape valley and aggradations occur at the sand extracted sites, large width of river and mild slope of the river.

Keywords : Degradation , Aggradations , Farub Roman River, Sediment Hydraulic Model, SRH-1D