بررسی دبی موثر انتقال رسوب در رودخانه نکارود – مازندران

فریبرز یوسفوند دانشجوی دکترای سازه‌های آبی و پژوهشگر گروه هیدرولیک و منابع آب
جهاد دانشگاهی واحد کرمانشاه far56_y@yahoo.com
علی باقری دانشجوی دکترای سازه‌های آبی و هیئت علمی گروه مهندسی آب
دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر Ali523b@yahoo.com
محمدهادی توانا دانشجوی دکترای سازه‌های آبی و هیئت علمی گروه عمران
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه mohammadhaditavana@yahoo.com

چکیده

رودخانه‌های آبرفتی دارای پتانسیل تنظیم شکل و ابعاد برای تمام جریانهائی هستند که رسوب را منتقل می‌کند. برای شناسائی جریان غالب در رودخانه لازم است که جریان مؤثر، حداکثر دبی آبراهه در حالت مقطع پر و متوسط سیل سالیانه را بدست آورد. با ضرب نمودن منحنی رسوب معلق در هیستوگرام فراوانی دبی‌های روزانه، منحنی رسوب معلق کل بدست خواهد آمد که نمای آن دبی مؤثر است. با استفاده از مقاطع عرضی رودخانه و پیدا کردن مینیمم نسبت عرض سطح به عمق (w/d) و عمق (d) و رسم آن در یک دستگاه مختصات، حداکثر دبی آبراهه در مقطع پر بدست می‌آید. برای بدست آوردن متوسط سیل سالیانه از آمار سیلاب رودخانه استفاده شده و سیلاب با دوره بازگشت ۲ سال (احتمال وقوع ۵۰٪) به عنوان سیل سالیانه انتخاب شد. پس از انجام محاسبات جریان موثر، دبی مقطع پر و دبی سیلابی برای رودخانه نکارود به ترتیب ۱۵، ۳۲۵/۸ و ۳/۶۷ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید.

کلمات کلیدی: جریان غالب، جریان مؤثر، مقطع پر، متوسط سیل سالیانه، رودخانه نکارود

Archive of SID

مقدمه

رودخانه های آبرفتی دارای پتانسیل تنظیم شکل و ابعاد برای تمام جریان هایی هستند که رسوب را منتقل می‌کنند. اینگلیس[1] در سال ۱۹۴۱ پیشنهاد نمود که برای رودخانه هایی که در این رزیم هستند یک جریان واحد باید تعریف نمود که همان ابعاد مقطع پر رابصورت یک توالی طبیعی تولید نمود [۱] . وی در ادامه‌ی تحقیقات خود این قبیل جریانات را جریان غالب نامگذاری نمود و بر اساس مشاهدات صحرایی به این نتیجه رسید که جریان غالب در

1-Inglis

www.SID.ir

حدود جریان های مقطع پر اتفاق می‌افتد [۲]. برای محاسبه‌ی دبی تشکیل دهنده آبراهه یا جریان غالب از سه روش جریان موثر [۳] و دبی مقطع پر [٤] و متوسطه سیل سالیانه استفاده می‌شود.

جریان موثر[1]

دبی‌های کوچک با فراوانی زیاد در یک آبراهه بسیار اتفاق می‌افتند. اما این دبی‌ها فاقد قدرت لازم برای انتقال رسوب هستند از طرفی دبی‌های خیلی بزرگ می‌توانند روسوبات خیلی زیادی را انتقال دهند اما این دبی‌ها آنقدر به ندرت اتفاق می‌افتند که نمی‌توانند برای انتقال حجم زیادی از رسوب در یک دوره زمانی موثر باشند. بنابراین باید دبی‌های متوسطی وجود داشته باشندکه هم دارای فراوانی و هم دارای قدرت کافی باشند تا بتوانند رسوبات زیادی در طی یک مدت طولانی منتقل نمانید که این دبی متوسط همان جریان موثر است [۵].

جریان مقطع پر[2]

جریان مقطع پر حداکثر دبی است که یک ابراهه می‌تواند انتقال دهد بدون آنکه بر روی دشت سیلابی سرازیر شود. این دبی بخاطر داشتن اهمیت مورفولوزیکی رودخانه تعریف می‌شود. زیرا نشان دهنده نقطه اتصال بین فرآیندهای تشکیل آبراهه و تشکیل دشت سیلابی می‌باشد [٦].

متوسط سیلاب سالانه[3]

به علت مشکلاتی که در تشخیص رقوم مقطع پر جریان وجود دارد بسیاری از محققین دبی تشکیل دهنده آبراهه را به یک دبی با دوره بازگشت ویژه مرتبط دانسته‌اند.بطوریکه دبی مقطع پردر آبراهه‌های پایدار در حدود دبی‌های با دوره بازگشت تقریبی ۱ تا ۲/۵ سال سیلاب‌های با دوره بازگشت ۱/۵ سال است که یک شاخص متوسط در بسیاری از رودخانه‌ها می‌باشد. در این تحقیق دبی‌های سیلاب با احتمال وقوع ۵۰ ٪ یا دوره بازگشت ۲ سال انتخاب شده و با دبی‌های مقطع پر و جریان موثر مورد مقایسه قرار گرفت [٦].

مواد و روش‌ها

رودخانه مورد مطالعه

ایستگاه آبلو در رودخانه نکارود شهرستان ساری واقع در استان مازندران در محدوده طول جغرافیائی ً٤١ ٬١٧ °٥٣ و عرض جغرافیائی ً٥٤ ٬٣٨ °٣٦ قرار گرفته است که در سال ١٣٤٧ تاسیس شده است. ایستگاه از نوع درجه یک و دارای مساحت ١٩٦٢ کیلومتر مربع می‌باشد.

برای محاسبه جریان موثر, دبی مقطع پر و متوسط سیلاب سالیانه , ایستگاه آبلو واقع در روی رودخانه نکارود انتخاب شد و داده های دبی متوسط روزانه, حداکثر پیک سالانه, دبی رسوب , دبی- اشل و پروفیل مقطع عرضی رودخانه در ایستگاه مورد نظر از امور آب استان مازندران تهیه گردید.

محاسبه جریان موثر

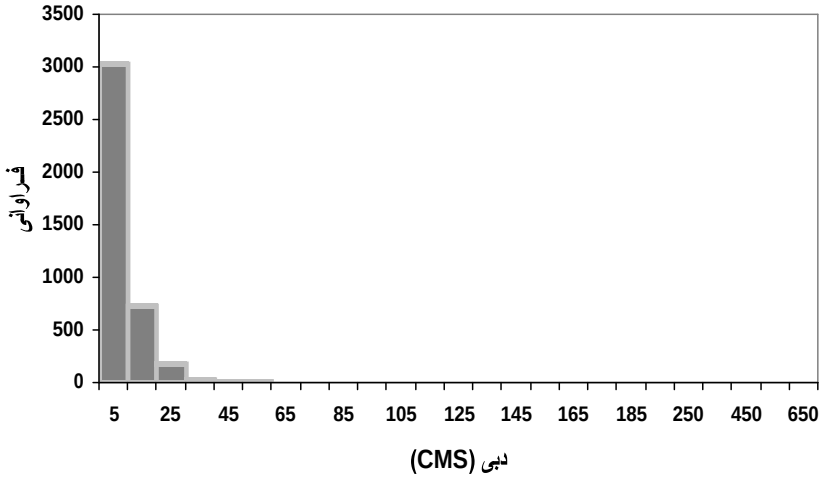
الف: برای محاسبه جریان موثر لازم است تا هیستوگرام فراوانی دبی‌های متوسط روزانه محاسبه گردد. لذا بدین منظور دبی‌های متوسط روزانه ۱۰ سال گذشته ایستگاه آبلو انتخاب گردیده و فراوانی وقوع این دبی‌ها باتوجه به تعداد

1-Effective Discharge
2-Bank full Discharge
3-Mean Annual Flood

Archive of SID

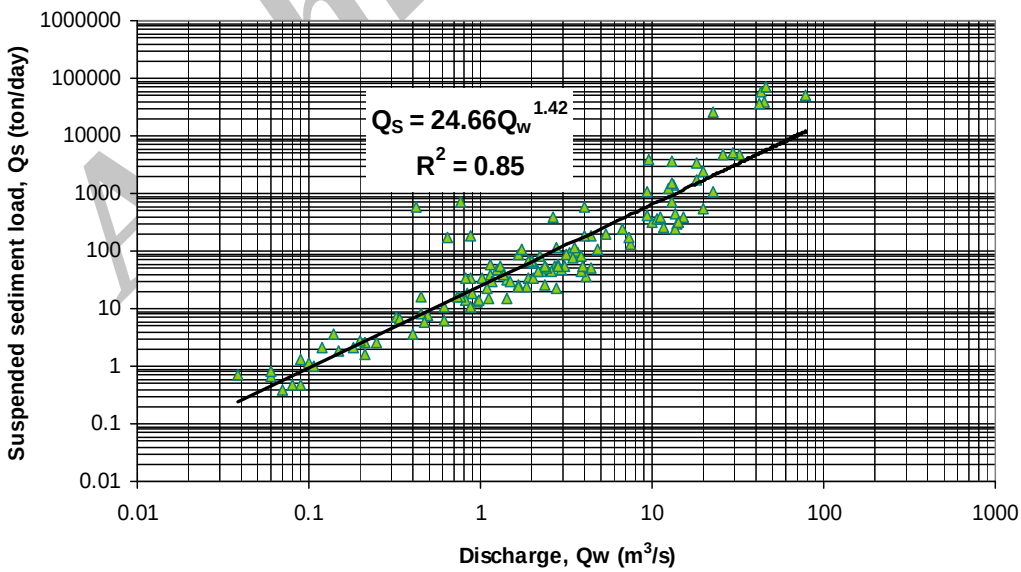
www.SID.ir

دسته‌های در نظر گرفته شده تعیین شد. تعداد کلاس‌ها در این تحقیق ۲۵ دسته در نظر گرفته شده و هیستوگرام فراوانی این دبی‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل[1] و تابع فراوانی[2] رسم شده است. نمودار فراوانی نسبت به متوسط هر کلاس در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) فراوانی وقوع دبیهای روزانه در ایستگاه آبلو

ب: برای محاسبه رابطه بین دبی رسوب و دبی جریان, داده‌های اندازه‌گیری شده غلظت رسوب در ایستگاه مورد نظر انتخاب گردید و مطابق شکل (۲) بر روی یک محور مختصات لگاریتمی رسم شد. سپس یک تابع توانی از آن برازش داده شد.



شکل (۲) رابطه دبی جریان – دبی رسوب در ایستگاه آبلو

1- Excel

2- Frequency

Archive of SID

www.SID.ir

منحنی تابع توانی رسوب به شکل زیر می باشد:

$$Q_S = aQ_W{}^b \qquad (۱)$$

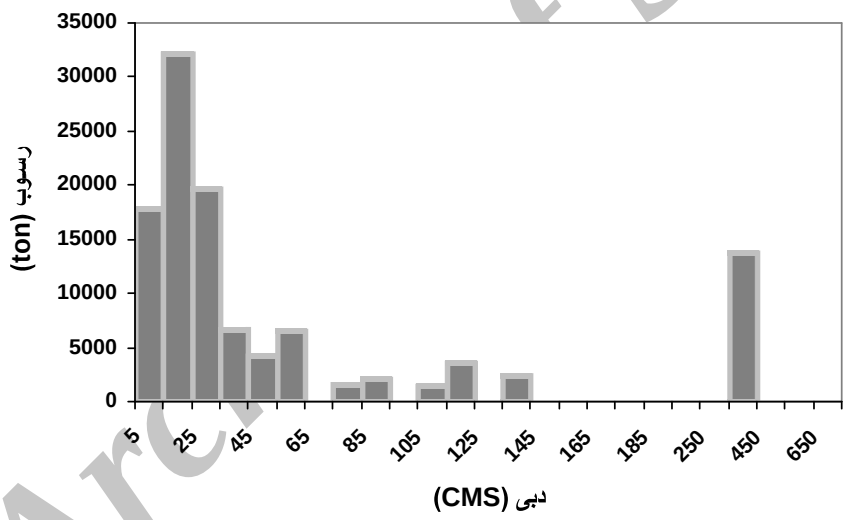
که در این رابطه: Q_s= دبی رسوب (ton/day), Q_w= دبی جریان (m^3/s)، a و k = ثابت‌های تجربی می‌باشند.

$$Ln(Q_S) = Ln(a) + bLn(Q_W) \qquad (۲)$$

b = شیب منحنی دبی- رسوب, Ln(a) = مقدار عرض از مبدا منحنی است.

ج) هیستوگرام مواد بار بستر و تعیین جریان موثر

پس از تعیین رابطه دبی رسوب ($Q_S = aQ_W{}^b$) دبی‌های متوسط هر کلاس فراوانی را در رابطه (۱) قرار داده و دبی‌های رسوب متناظر با هر متوسط دبی با فراوانی مشخص محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از مقدار دبی رسوب و فراوانی وقوع بر حسب روز هیستو گرام بار رسوب بر تن نسبت به شاخص کلاس‌ها بدست خواهد آمد. هیستوگرام مواد بار بستر باید یک توزیع پیوسته با یک پیک واحد را نشان دهد. اگر چنین باشد جریان موثر با متوسط دبی برای آن کلاس مطابقت دارد و دبی که حداکثر بار رسوب را در آن دوره زمانی از خود عبور می‌دهد جریان موثر خواهد بود. شکل (۳)



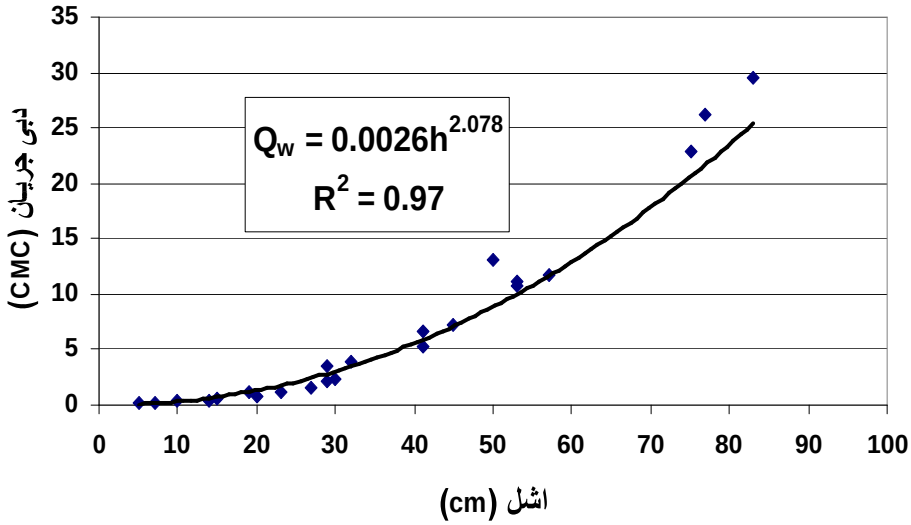
شکل (۳) هیستوگرام مواد بار بستر در ایستگاه آبلو

جریان مقطع پر

با استفاده از نقشه‌برداری و بررسی منطقه و دشت سیلابی در ایستگاه مورد نظر رقوم مقطع پر برای ایستگاه آبلو ۲/۸٤ متر از کف رودخانه اندازه‌گیری شد. داده‌های دبی- اشل بدست آمده از ایستگاه هیدرومتری برای بدست آوردن منحنی دبی – اشل مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطابق شکل (٤) با محاسبه تابع توانی دبی در مقابل رقوم سطح جریان دبی جریان سرازیر بدست می‌آید.

Archive of SID

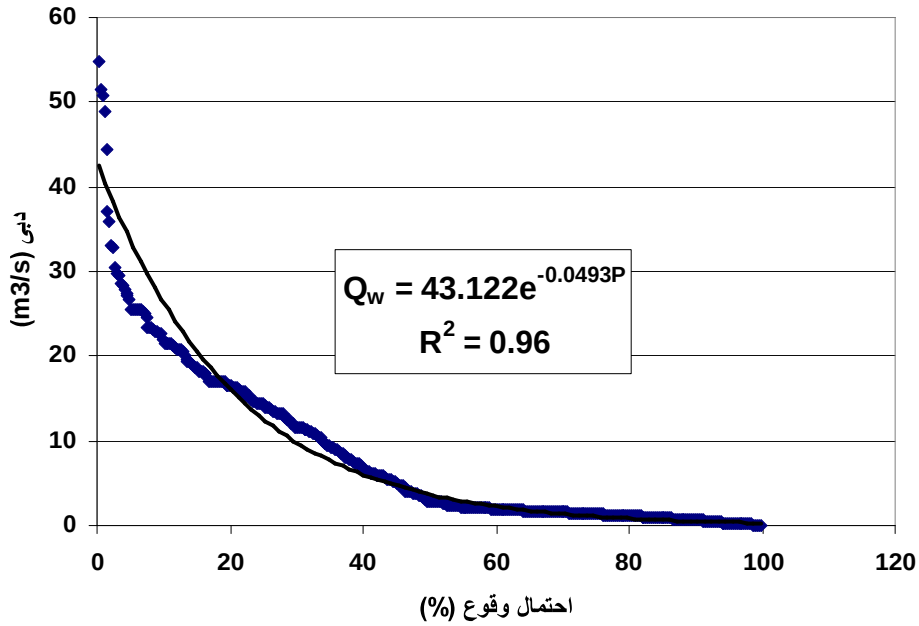
www.SID.ir



شکل (٤) منحنی دبی – اشل در ایستگاه آبلو

محاسبه میانگین سیل سالیانه

برای تعیین میانگین سیل سالیانه ابتدا احتمال وقوع سیل و سپس دوره بازگشت محاسبه شده, و در نهایت با رسم دبی در مقابل دوره‌ی بازگشت سیل, سیلابهایی با دوره بازگشت ۲ سال و یا احتمال وقوع ۵۰٪ بعنوان متوسط سیل سالانه منظور می‌گردد. شکل (۵)



شکل (۵) رابطه دبی - احتمال وقوع در ایستگاه آبلو

www.SID.ir

نتایج و بحث

الف) جریان موثر

با توجه به شکل (۲) توابع توا نی دبی جریان- دبی رسوب برای ایستگاه مورد نظر مطابق جدول (۱) محاسبه شده است.

جدول (۱) معادله دبی جریان در ایستگاه مورد نظر

ایستگاه	معادله دبی جریان – دبی رسوب	R^2
آبلو	$Q_S = 24.66 Q_W^{1.42}$	0.85

با توجه به اینکه مقدار توان رابطه دبی در ایستگاه مورد نظر بزرگتر از یک میباشد می توان نتیجه گرفت که بار رسوب معلق رودخانه زیاد بوده و رودخانه از نوع ماسه‌ای می باشند.

با توجه به هیستوگرام رسوب در ایستگاه مورد نظر, مقدار حداکثر هیستوگرام دبی موثر رودخانه خواهد بود. مقدار رسوب حمل شده در این رودخانه در اثر عبور این دبی در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۲) برآورد رسوب حمل شده توسط جریان موثر

ایستگاه	تعداد سال آماری	جریان موثر (m^3/s)	رسوب (Ton)
آبلو	10	15	107552

چنانچه دبی رسوب را در فراوانی متناظر با آن دبی ضرب نماییم مقدار کل رسوب حمل شده در دوره‌ی آماری بدست خواهد آمد و با تقسیم این مقدار بر سالهای آماری در ایستگاه متوسط سالیانه رسوب عبوری بدست می‌آید که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳) متوسط سالیانه آورد رسوب در ایستگاه مورد نظر

ایستگاه	$\sum Q_S \cdot f(Q)$ (ton)	$\frac{\sum Q_S \cdot f(Q)}{n}$ (ton/year)	مقدار رسوب عبوری Kg/s
آبلو	375634	37563	1.20

Archive of SID

www.SID.ir

شکل (۵) رابطه دبی با احتمال وقوع در رودخانه قره‌سو را نشان می دهد. با قرار دادن دبی موثر در این رابطه مقدار احتمال وقوع دبی جریان موثر بدست می‌آید. سپس با استفاده از رابطه زیر تعداد روزهای وقوع جریان موثر برای رودخانه مورد نظر مطابق جدول (٤) محاسبه می‌شود.

$$n = \frac{P \times 365}{100} \qquad (۳)$$

N = تعداد روز، P = احتمال وقوع بر حسب درصد

جدول (٤) تعداد روزهای وقوع جریان موثر

ایستگاه	معادله دبی – احتمال وقوع	احتمال وقوع جریان موثر	تعداد روزهائی از سال که جریان موثر اتفاق می افتد
آبلو	$Q_W = 43.122e^{-0.0493P}$	21.42	78

ب) جریان مقطع پر

با استفاده از منحنی دبی – اشل برای ایستگاه آبلو و رقوم مقطع پر در این ایستگاه، جریان مقطع پر مطابق جدول (۵) بدست می‌آید.

جدول (۵) دبی مقطع پر برای ایستگاه مورد نظر

ایستگاه	معادله دبی – اشل	R^2	رقوم مقطع پر	دبی مقطع پر (m^3/s)
آبلو	$Q_W = 0.0026h^{2.078}$	0.97	2.84	325.80

ج) میانگین سیل سالیانه

با توجه به شکل (۵) احتمال وقوع ۵۰٪ دبی سیلابی مانند جدول (٦) بدست خواهد آمد.

جدول(٦) احتمال وقوع دبی سیلابی

ایستگاه	احتمال وقوع ٪	دبی سیلابی (m^3/s)
آبلو	50	3.67

با توجه به جداول (۲)، (۵) و (٦) مشاهده می‌شود که در ایستگاه مورد بررسی دبی مقطع پر بیشتر از دبی موثر و دبی موثر نیز بیشتر از دبی سیلابی می‌باشد. دبی‌های کوچک با فراوانی زیاد در یک آبراهه بسیار اتفاق می‌افتند، اما این دبی‌ها فاقد قدرت لازم برای اتقال رسوب هستند از طرفی دبی‌های خیلی بزرگ می‌توانند رسوبات خیلی زیادی را

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال دهند اما این دبی‌ها آنقدر به ندرت اتفاق می‌افتند که نمی‌توانند برای انتقال حجم زیادی از رسوب در یک دوره زمانی موثر باشند. بنابراین باید دبی‌های متوسطی وجود داشته باشند که هم دارای فراوانی و هم دارای قدرت کافی باشند تا بتوانند رسوبات زیادی در طی یک مدت طولانی منتقل نمانید که این دبی متوسط موثر برای انتقال رسوبات همان جریان موثر است که مقدار آن m^3/s ۱۵ می باشد. همچنین با توجه به جدول (٤) جریان موثر در ایستگاه آبلو در ۷۸ روز از سال اتفاق می‌افتد.

منابع

[1] Inglis, C. C. (1941). "Meandering of Rivers", Central Board of Irrigation (India) Publication, No. 24, PP. 98-99.

[2] Inglis, C. C. (1947). "Meanders and their bearing on river training", Institution of Civil Engineers, Martine and Waterways, Paper No. 7, 54 P.

[3] Wolman, M. G. and Miller, J. P. (1960). "Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes". Journal of Geology, No. 68, PP. 54-74.

[4] Wolman, M. G. and Leopold, L. B. (1957). "River Floodplains: Some observations on their formation". US Geological Survey, Professional paper, 282-C, Washington DC.

[٥] توانا، محمدهادی و فریبرز یوسفوند (۱۳۸۵). "بررسی جریان عالب در رودخانه‌ها (مطالعه موردی رودخانه قره‌سو کرمانشاه) "، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران (اهواز)، ۸ صفحه.

[٦] عصاره، علی و احمدعلی توکلی‌زاده (۱۳۸٤). "بررسی جریان عالب در رودخانه‌های کارون، دز و کرخه"، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر (کرمان)، صفحه ٤۰۲-۳۹۵.

Archive of SID

www.SID.ir