تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶
Volume 13, No. 3, Fall 2017 (IR-WRR)
۱۸۱-۱۸۶

یادداشت فنی

# بررسی و برآورد رسوبگذاری رودخانه قزل اوزن در مخزن سد سفیدرود با استفاده از مدل HEC-RAS

میرماکان رودباری موسوی[۱]، ابراهیم امیری[۲*] و حسین جاماسبی[۳]

## چکیده

سدها از مه ترین بناهای آبی هستند و تخمین حجم رسوبات ورودی به مخزن و نحوه توزیع آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رودخانه قزل‌اوزن نقش مهمی در تأمین آب و رسوبگذاری مخزن سد سفیدرود دارد. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های DEM منطقه و اطلاعات دبی جریان و رسوب رودخانه قزل اوزن در ایستگاه گیلوان و آمار رسوبات خروجی از سد در ایستگاه رودبار با طول آماری ۳۰ ساله، به شبیه‌سازی هیدرولیک جریان و رسوب در ۱۴ کیلومتر پایانی رودخانه قزل اوزن منتهی به مخزن سد سفیدرود به کمک مدل HEC-RAS و در نتیجه به محاسبه ظرفیت انتقال رسوب رودخانه پرداخته شد. همچنین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار SMADAمحاسبه و مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسباتی بیانگر این است که رابطه ایکرز- وایت با داشتن کمترین خطا نسبت به سایر روابط انتقال رسوب برآورد بهتری دارد. همچنین بررسی وضعیت فرسایش و رسوبگذاری رودخانه قزل اوزن با استفاده از معیارهای هالستروم و شیلدز نشان می‌دهد، در مقاطع نمونه‌برداری شده وضعیت هیدرولیکی جریان به گونه‌ای است که رودخانه در وضعیت فرسایش قرار دارد.

***کلمات کلیدی:*** هیدرولیک جریان و رسوب، مدل HEC-RAS، روابط انتقال رسوب، رودخانه قزل اوزن.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۸/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران
۲ - استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران
۳ - مربی و عضو هیأت علمی گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان اسفند ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

Technical Note

# Study and Estimation of Ghezel-ozan River Sedimentation in Sefidroud Dam Reservoir by HEC-RAS

*M. Roudbari Mousavi[1], E. Amiri[2]* and H. Jamasbi[3]*

## Abstract

Dams are the most important water structures and estimating the volume of sediment input to the reservoir and its distribution is important in their operation. Ghezel-ozan River plays an important role in supply of water to the Sefidroud Dam Reservoir as well as the sediment input to it. In this study HEC-RAS mathematical model was used to simulate the hydraulic flow and the sediment in the final 14 kilometers of the Ghezel-ozan River leading to the Sefidroud Reservoir. DEM maps and the Ghezel-ozan flow and sediment data at Gilvan station and the sediment output statistics from the dam at Roudbar station in the period of 30 years were used as inputs to the model and the river sediment transport capacity was calculated. Also various return periods of river discharge were calculated with SMADA software and were used in the study. Comparing the measured and calculated data indicated that Ackers-White equation had the lowest error estimate compared to the other transport functions. In addition, Hjulstrom and Shields criteria have been utilized to investigate the erosion and sedimentation status of Ghezel-ozan River which showed the erosion status at the sampled river's sections based on the hydraulic condition of the river.

***Keywords:*** Flow and Sediment, HEC-RAS, Sediment Transport Functions, Ghezel-ozan River

Received: October 23, 2016
Accepted: January 20, 2017

1- M.Sc. Student of Engineering and Water Resources Management, Civil Engineering Department, Islamic Azad University Lahijan Branch, Lahijan, Iran
2- Professor, Water Engineering Department, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran. Email: eamiri57@yahoo.com
3- Instructor, Civil Engineering Department, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran
*- Corresponding Author

## ۱- مقدمه

به منظور تأمین آب مورد نیاز شهرها، مراکز صنعتی و کشاورزی، کنترل سیلاب و تأمین الکتریسیته نیاز به طراحی و ساخت سازه‌های آبی و سدها می‌باشد. با توجه به اینکه این سازه‌های هیدرولیکی در مسیر رودخانه بنا می‌شوند، بنابراین تعادل طبیعی حاکم بر رژیم جریان در بالادست و پایین دست سد را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه سرعت جریان آب کاهش یافته و حجم زیادی از رسوبات در مخزن ته نشین می‌شود و در دراز مدت موجب تغییرات ریخت شناسی رودخانه و مخزن سد می‌گردد. طراحی بهینه و عملکرد مناسب سازه‌های آبی نیازمند تخمین دقیق بار رسوبی است. کاهش سالانه توانایی ذخیره سدهای جهان به دلیل ته نشین شدن رسوبات ۰/۵ تا ۱ درصد حجم مخزن می‌باشد که در بسیاری از سدها این مقدار بیشتر از چهار تا پنج درصد بوده و در نتیجه اغلب سدهای جهان قسمت اصلی توانایی ذخیره آب خود را در طول ۲۵ تا ۳۰ سال از دست می‌دهند (Verstraeten and Poesen, 2001). اهمیت بررسی رسوبگذاری نه تنها قبل از ایجاد سدها، بلکه در دوران بهره‌برداری از مخازن نیز امری ضروری است. بنابراین لازم است که روش‌های مختلفی برای بررسی چگونگی توزیع رسوب در مخازن، کنترل رسوب ورودی و رسوب‌زدایی مورد مطالعه قرار گیرد. در این پژوهش به جهت تحلیل هیدرولیکی جریان و رسوب رودخانه قزل اوزن و بررسی وضعیت فرسایش و رسوبگذاری از مدل HEC-RAS 4/1 استفاده شده است.

مطالعات متعددی با استفاده از این مدل ریاضی به منظور بررسی وضعیت فرسایش و رسوبگذاری رودخانه ها و مخازن سدها انجام پذیرفته است که از جمله آن مطالعه Ghimire and DeVantie (2016) است که با استفاده از قابلیت مدلسازی شبه غیر ماندگار یک بعدی نرم‌افزار HEC-RAS به پیش‌بینی تجمع رسوب در منطقه ساخت سد در رودخانه اوهایو پرداختند. همچنین Shelley et al. (2015) با استفاده از تحلیل سیستم رودخانه با HEC-RAS نسخه ۵ مدلسازی رسوب و جریان غیر ماندگار یک بعدی را برای دریاچه تاتل کریک مورد بررسی قرار دادند. Ochiere et al. (2015) به مطالعه شبیه‌سازی انتقال رسوب در طرح آبیاری در جنوب غربی کانوی کنیا با استفاده از HEC-RAS پرداختند و در تحلیل ویژگی های انتقال رسوب از معادله انتقال ایکرز- وایت استفاده نمودند. Karsheva (2015) در پژوهشی انتقال رسوب و تغییر ساختار در منطقه الهوو بلغارستان را با HEC-RAS مدلسازی نمود و با استفاده از داده‌های ورودی به پیش‌بینی شرایط هیدرودینامیکی محتمل آینده پرداخت. همچنین محققین در ایران نیز از این مدل استفاده نمودند که برای نمونه، مطالعه Naserinia et al. (2015) می‌باشد که به بررسی چگونگی تغییرات پروفیل طولی و عرضی بستر رودخانه پرداختند و با استفاده از مدل HEC-RAS میزان ته‌نشست رسوب ورودی از شاخه یالفان در مقطع مجاور بدنه سد اکباتان را محاسبه نمودند. Aghakhani et al. (2014) در بازه‌ای از رودخانه شیرین دره، با استفاده از معادلات انتقال رسوب و روش ون راین برای محاسبه سرعت سقوط ذرات به مطالعه پرداختند. مقایسه بین نتایج داده‌های به دست آمده و اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که معادله ایکرز- وایت با داشتن خطای کمتر برآورد قابل قبولی نسبت به سایر معادله ها داشته است.

در پژوهش حاضر از مدل ریاضی HEC-RAS به منظور برآورد دبی انتقال رسوب در رودخانه قزل اوزن منتهی به مخزن سد سفیدرود استفاده گردید و با استفاده از داده‌های صحرایی اندازه‌گیری شده توانایی مدل مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۲- روش تحقیق

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

سد سفیدرود در مجاورت شهر منجیل و در پایین دست محل تلاقی دو رودخانه قزل اوزن و شاهرود قرار گرفته است. رژیم رودخانه قزل اوزن بارانی بوده و شدیداً تحت تأثیر بارندگی‌های بهاره قرار دارد. سیلاب‌های عمده و در نتیجه رسوبات عمده ورودی به مخزن سد از طریق قزل اوزن وارد می‌شود. با توجه به نتایج پژوهش Torkamanzad et al. (2014) که نشان دادند حجم آب و وزن رسوبات ورودی از رودخانه قزل اوزن به مخزن سد به مراتب بیشتر از رودخانه شاهرود است، لذا در این تحقیق به مطالعه حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن پرداخته شد. طول رودخانه مورد مطالعه، ۱۴ کیلومتر پایانی رودخانه قزل اوزن منتهی به مخزن سد سفیدرود و دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۳-۱۳۶۲ الی ۱۳۹۳-۱۳۹۲) مدنظر می‌باشد. با توجه به داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه، هیدروگراف جریان ورودی رودخانه قزل اوزن به مخزن سد و تغییرات رسوبات ورودی و خروجی سد سفیدرود مورد استفاده قرار گرفت. همچنین میزان بار رسوب خروجی تجمعی اندازه‌گیری شده از بازه مورد مطالعه در طول دوره آماری ۷۹۳/۳۵۷ میلیون تن می‌باشد.

### ۲-۲- مدل یک بعدی HEC-RAS

مدل یک بعدی HEC-RAS، تغییرات سرعت را در طول رودخانه در نظر می‌گیرد و قادر به شبیه‌سازی در عرض یا عمق رودخانه نمی‌باشد و به دلیل آن که در مخزن سدها نسبت طول مخزن به عمق آن زیاد

است، از این‌رو نتایج حاصل از این مدل با تقریب نسبتاً خوبی، قابل استفاده می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه اطلاعات صحرایی مورد نیاز برای ارضای شرایط مرزی قابل دسترس بوده و مدت زمان اجرای آنها نیز کمتر است، گزینه مناسبی به نظر می‌رسد. این نرم‌افزار امکان انجام محاسبات هیدرولیک رودخانه در جریان ماندگار و غیرماندگار را به کاربر می‌دهد. قابلیت اتصال این مدل به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) موجب افزایش محبوبیت این مدل در بین متخصصین علوم آب شده است. بخش رسوب این نرم‌افزار این قابلیت را دارد که با استفاده از چهار روش سرعت سقوط ذرات و هفت تابع انتقال رسوب به تخمین میزان ظرفیت انتقال رسوب حوضه های آبریز بپردازد. این مدل بر اساس معادلات جریان و انتقال رسوب و معادله پیوستگی در شرایط یک بعدی و جریان شبه غیرماندگار توسعه یافته است (Lorang and Aggett, 2005).

### ۲-۳- مدلسازی هیدرولیک جریان رودخانه

پلان رودخانه به همراه مقاطع عرضی حوضه با استفاده از نقشه های DEMمخزن سد و رودخانه قزل اوزن، در نرم‌افزار ArcMap تهیه و به کمک بسته الحاقی HEC-GeoRAS به مدل HEC-RAS وارد گردید. همچنین برای ارزیابی افت انرژی که به علت وجود بازشدگی و تنگ شدگی در جریان رخ می‌دهد، از ضرایب همگرایی و واگرایی استفاده می‌شود. با توجه به تغییرات طبیعی مقاطع رودخانه قزل اوزن و مقادیری که برای شرایط مختلف به وسیله انجمن مهندسین ارتش امریکا پیشنهاد شده است در مطالعه حاضر ضرایب همگرایی و واگرایی به ترتیب ۰/۱ و ۰/۳ در نظر گرفته شد.

تعیین ضریب زبری مانینگ مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به مطالعه Ramezani and Ghomeishi (2011) ضریب مانینگ ۰/۰۲۳ در طول بازه رودخانه مورد استفاده قرار گرفت. برای پیش‌بینی مشخصه‌های جریان نیز نیاز به تعریف شرایط مرزی منطبق با طبیعت می‌باشد که برای انجام محاسبات، تراز عمق نرمال با شیب ۰/۰۰۲ به عنوان شرایط مرزی بالادست و مقادیر دبی- اشل برای شرایط مرزی پایین‌دست رودخانه قزل اوزن در نظر گرفته شده است. همچنین با اجرای مدل SMADA و استفاده از روش توزیع لوگ پیرسون، مقادیر حداکثر دبی سالانه برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و به مدل HEC-RAS وارد گردید. این مدل برای دبی‌های ارائه شده در جدول ۱ اجرا شد و با توجه به اهمیت دبی طراحی (دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله)، شرایط جریان طبیعی رودخانه در این دبی بررسی و مقادیر جدول ۲ حاصل گردید.

### ۲-۴- مدل‌سازی هیدرولیک رسوب رودخانه

اطلاعات مورد نیاز جهت شبیه‌سازی انتقال رسوب و فرسایش رودخانه شامل دانه‌بندی مصالح بستر رودخانه، سری زمانی رسوب به عنوان شرط مرزی رسوب بالادست رودخانه، انتخاب نوع معادله انتقال رسوب، انتخاب روش مرتب‌سازی مصالح بستر و انتخاب نوع معادله سرعت سقوط ذرات رسوب می‌باشد. یکی از داده‌های مهم مدل‌های رسوبی، تعیین شرایط مرزی رسوب است که در این تحقیق سری زمانی رسوب رودخانه بدون وابستگی به دبی جریان وارد شده است. برای محاسبه بار کل رسوب، با توجه به اینکه رودخانه مورد مطالعه فاقد آمار برداری بار بستر می‌باشد و از آنجا که به طور معمول بار بستر بین ۱۰ تا ۵۰ درصد بار معلق (Alizadeh, 2010) را تشکیل می‌دهد، لذا مقدار بار بستر ۲۰ درصد بار معلق پیشنهاد می‌شود.

جهت تعیین جریان شبه غیرماندگار، شرایط مرزی بالادست رودخانه به صورت سری زمانی جریان برای دوره زمانی ۳۰ ساله با اختصاص زمان تداوم و گام محاسباتی و سری زمانی تراز سطح آب به عنوان شرط مرزی پایین دست با اختصاص زمان تداوم به مدل معرفی گردید.

**Table 1 - Maximum annual estimated flow with different return periods**

**جدول ۱- حداکثر دبی سالانه برآورد شده با دوره بازگشت‌های مختلف**

| Return period (yr) | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximum annual flow ($m^3/s$) | 476.32 | 999.99 | 1415.44 | 1991.04 | 2443.9 | 2909.29 | 3384.96 |

**Table 2 - The results of hydraulic calculations for design flow at different sections**

**جدول ۲- نتایج محاسبات هیدرولیکی در دبی طراحی در مقاطع مختلف**

| Parameter | Flow level ($m^2$) | Water surface width (m) | Flow rate (m/s) | Energy slope (m/m) | Froude number |
|---|---|---|---|---|---|
| Parameter range | 270.99- 804.67 | 123.41- 1295.25 | 2.47-7.35 | 0- 0.01 | 1- 1.62 |

به دلیل ارائه سه رابطه متفاوت بر اساس قطر ذرات توسط ون راین، از این رابطه در تعیین سرعت سقوط ذرات رسوبات استفاده شده است. همچنین به منظور ورود اطلاعات مربوط به مواد رسوبی رودخانه، در چند مقطع از رودخانه نمونه‌گیری انجام و پس از تعیین دانه‌بندی رسوب، اطلاعات حاصله به مدل معرفی گردید.

## ۳- نتایج و تحلیل نتایج

پس از ورود داده‌های جریان شبه غیرماندگار و اطلاعات رسوب رودخانه، در هر مرحله با انتخاب یکی از توابع انتقال رسوب (یانگ، ایکرز- وایت، انگلند- هانسن، لارسن، میر- پیتر- مولر، توفالتی و ویلکوک) مدل اجرا گردید. پس از هفت مرتبه اجرای مدل، نتایج حاصل نشان می‌دهد که ظرفیت حمل رسوب با انتخاب روابط مختلف متفاوت می‌باشد. همچنین مقایسه دبی رسوب اندازه‌گیری شده و محاسباتی با استفاده از توابع انتقال رسوب بیانگر این است که رابطه ایکرز- وایت با کمترین درصد خطا نسبت به سایر توابع برآورد بهتری دارد. شکل ۱ میزان خطای هر یک از مقادیر محاسباتی روابط انتقال رسوب در مقایسه با رسوب تجمعی خروجی اندازه‌گیری شده را نمایش می‌دهد.

سرعت ته نشینی ذرات رسوب یا سرعت حد، تابعی از عدد رینولدز است و با توجه به اندازه و وزن مخصوص ذرات و ضریب لزجت سینماتیک سیال محاسبه می‌شود. در حالت کلی برای ذرات کوچک و با فرض جریان آرام می‌توان مقدار آن را با قانون استوکس محاسبه کرد و برای ذرات بزرگتر، سرعت ته‌نشینی از قانون درگ آشفته محاسبه می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است سرعت ته نشینی ذرات در ابتدای بازه مورد مطالعه بیشتر از انتهای بازه است و این امر به دلیل وجود ذرات درشت دانه و ریزدانه در ابتدای بازه بدیهی به نظر می‌رسد و در انتهای بازه با توجه به ریز دانه بودن ذرات رسوب از سرعت ته نشینی کاسته می‌شود. همچنین استفاده از تنش برشی روش مرسومی برای تعیین نقطه آغاز حرکت است و فاکتور دیگری که نقش مهمی در شروع و تداوم تعلیق ذرات دارد سرعت برشی بستر می‌باشد که جایگزین اندازه‌گیری نوسانات آشفته در تراز بستر می‌شود و آگاهی از آن در پیش‌بینی تغییرات هندسی مقطع رودخانه نیز ضروری است. تغییرات اندازه‌گیری در شکل ۳ ناشی از وجود ذرات درشت دانه در بستر، تغییر در عرض رودخانه می‌باشد. رقوم سطح بستر رودخانه متناسب با حجم رسوب ورودی و سرعت ته‌نشینی ذرات رسوب تغییر می‌کند و با توجه به اینکه بار بستر با ضریبی از سرعت جریان، روی بستر رودخانه منتقل می‌شود در نتیجه نقش مؤثری در شکل‌دهی بستر رودخانه و تغییرات رقوم سطح بستر رودخانه دارد. نظر به اینکه سرعت ته نشینی ذرات در ابتدای بازه مورد مطالعه تا انتهای بازه روند نزولی دارد بنابراین تغییرات رقوم سطح بستر در ابتدای بازه مورد مطالعه بیشتر از انتهای بازه می‌باشد که شکل ۴ این‌روند را نمایش می‌دهد. پس از بررسی و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی، شکل ۵ میزان حجم و تناژ رسوبات خروجی در طول بازه رودخانه در دوره شبیه‌سازی با استفاده از تابع انتقال رسوب ایکرز- وایت را نمایش می‌دهد. نتایج بیانگر این است که در طی این دوره، حجم رسوب تجمعی خروجی محاسبه شده با روش ایکرز- وایت ۶۹۰/۷۲۴ میلیون تن می‌باشد.

برای تعیین وضعیت فرسایش، رسوبگذاری و یا تعادل رودخانه معیارهای متعددی ارائه شده است. به این منظور از نمودار هالستروم مطابق شکل ۶ که در آن سرعت جریان در برابر اندازه ذرات ترسیم می‌شود، استفاده گردید.

**Fig. 1- Error percentage of computational values associated to measured values**

**شکل ۱- درصد خطای مقادیر محاسباتی با مقدار اندازه‌گیری شده**

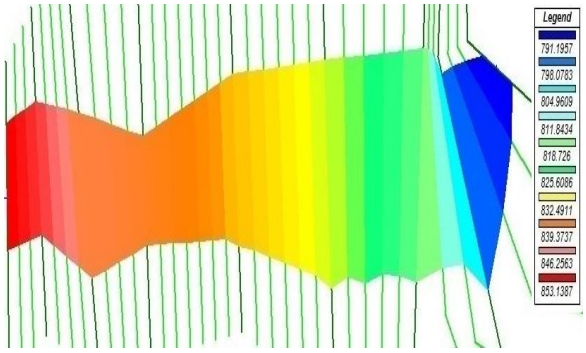


**Fig. 4- Reservoir bed level variation**

**شکل ۴- تغییرات سطح بستر مخزن**

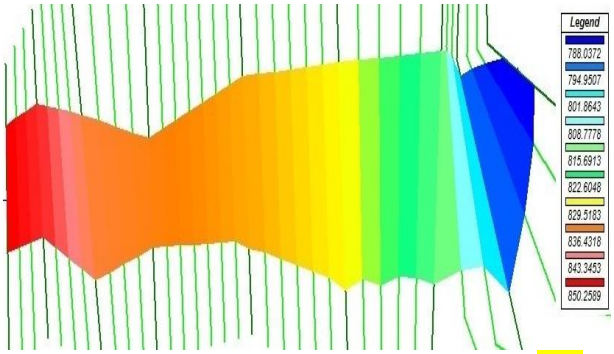


**Fig. 2- Changes in particles' sedimentation rate**

**شکل ۲- تغییرات سرعت ته نشینی ذرات**

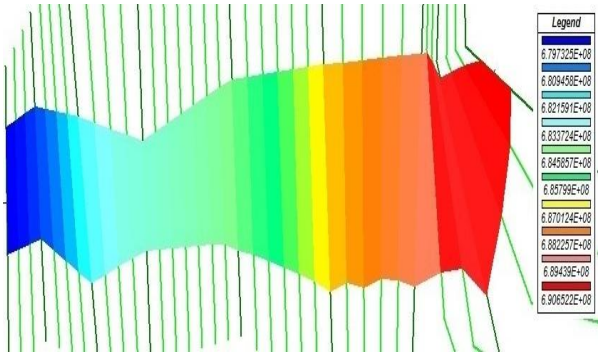


**Fig. 5- Sediment volume leaving the river reach**

**شکل ۵- حجم رسوب خروجی از بازه رودخانه**

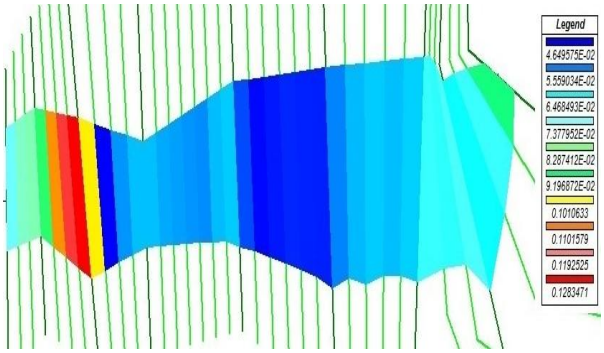


**Fig. 3- Shear velocity in the studied range**

**شکل ۳- سرعت برشی در بازه مورد مطالعه**

ترسیم نقاط بر روی منحنی نشان می‌دهد در مقاطع نمونه‌برداری شده وضعیت جریان به گونه‌ای است که رودخانه در وضعیت فرسایش قرار دارد. همچنین بررسی وضعیت با معیار شیلدز نیز نشان می‌دهد که در مقاطع مورد نظر مقدار عدد رینولدز برشی بزرگتر از ۴۰۰ و مقدار پارامتر شیلدز بزرگتر از ۰/۰۵۶ می‌باشد، به عبارتی بر اساس معیار شیلدز نیز مقاطع مورد نظر رودخانه در حالت فرسایش می‌باشند.

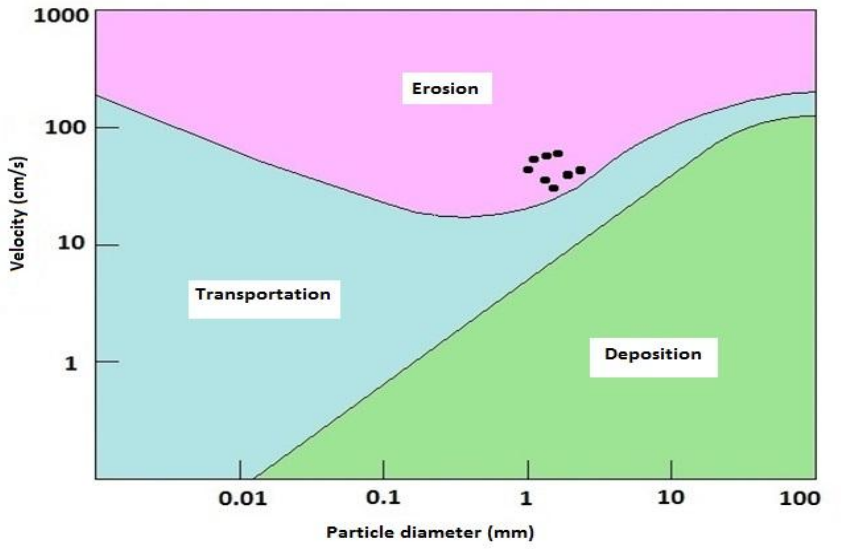


**Fig. 6- Erosion and sedimentation of the river using Hjulstrom criteria**

**شکل ۶- بررسی وضعیت فرسایش و رسوبگذاری رودخانه با استفاده از معیار هالستروم**

## ۴- خلاصه و جمع بندی

بسیاری از معادلات انتقال رسوب را می‌توان به عنوان یک برآورد در پیش‌بینی رسوب‌دهی حوضه‌های آبریز مورد استفاده قرار داد که شرایط مربوط به مسائل هیدرولیکی و رسوب حوضه، تأثیر زیادی بر میزان برآورد رسوب دارند. در این پژوهش با استفاده از نتایج اندازه‌گیری شده و مشاهداتی در رودخانه مذکور به بررسی میزان دقت و کارایی مدل HEC-RAS پرداخته شد و نتایج زیر حاصل گردید:

با توجه به نتایج این پژوهش و پژوهش‌های مشابه انجام شده می‌توان عنوان نمود که معادله انتقال رسوب ایکرز- وایت با متوسط خطای کم در شرایط مختلف حوضه‌های آبریز، کاربرد و عمومیت بیشتری دارد. بررسی هفت تابع انتقال رسوب یانگ، ایکرز- وایت، انگلند- هانسن، لارسن، میر- پیتر- مولر، توفالتی و ویلکوک در رودخانه نشان می‌دهد که ظرفیت حمل رسوب در بازه مورد مطالعه بر اساس توابع مختلف، متغیر می‌باشد.

بررسی وضعیت فرسایش، رسوبگذاری و تعادل رودخانه قزل اوزن با استفاده از معیارهای هالستروم و شیلدز نشان می‌دهد، در مقاطع نمونه‌برداری شده وضعیت هیدرولیکی جریان به گونه‌ای است که رودخانه در وضعیت فرسایش قرار دارد. نظر به اینکه سرعت ته نشینی ذرات در ابتدای بازه مورد مطالعه تا انتهای بازه به دلیل اندازه ذرات روند نزولی دارد بنابراین تغییرات رقوم سطح بستر در ابتدای بازه مورد مطالعه بیشتر از انتهای بازه می‌باشد. با توجه به اینکه در این پژوهش فقط آورد رسوب رودخانه قزل اوزن به مخزن سد سفیدرود بررسی شده است، پیشنهاد می‌گردد در مطالعه مشابه دیگری آورد رسوب رودخانه‌های قزل اوزن و شاهرود به مخزن سد مورد تحلیل قرار گیرد.

## ۵- مراجع


Aghakhani A, Hassanzadeh A, Alami M (2014) Numerical modeling of sediment transport, erosion and deposition status using the numerical model hec-ras (case study shirindareh river). In: Proc. of Thirteenth Iranian Hydraulic Conference (IHC13), Faculty of Agriculture university of Tabriz, 12-14 Nov, Tabriz, Iran, 1552-1560 (In Persian)

Alizadeh A (2010) Principles of applied hydrology. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran, 811p (In Persian)

Ghimire G, De Vantier B (2016) Sediment modeling to develop a deposition prediction model at the olmsted locks and dam area. In: Proc. of World Environmental and Water Resources Congress (EWRI2016), 22-26 May, Florida, USA, 410-420

Karsheva K (2015) Hec-ras sediment transport modeling at the elhovo structural decline in the area of the elhovo town. In: Proc. National Conference with International Participation (Geosciences 2015), Bulgarian Geological Society, 10-11 Dec, Sofia, Bulgaria, 133-144

Lorang MS, Aggett G (2005) Potential sedimentation impacts related to dam removal: icicle creek, washington, USA. Geomorphology 71(1-2):182-201

Naserinia S, Alvankar S, Rabeefar H (2015) Modeling the input deposition from the yalfan branch into the ekbatan dam adjacent section by hec-ras. In: Proc. of The International Conference on Environmental Science Engineering and Technologies (CESET), Faculty of Environment University of Tehran, 5-6 May, Tehran, Iran, 4268-4279 (In Persian)

Ochiere HO, Onyando JO, Kamau DN (2015) Simulation of sediment transport in the canal using the hec-ras (hydrologic engineering centre-river analysis system) in an underground canal in southwest kano irrigation scheme - kenya. International Journal of Engineering Science Invention 9(4):15-31

Ramezani Y, Ghomeishi M (2011) Evaluation of effect of turbidity currents on sedimentation process in sefidrood reservoir. Journal Water and Soil 25(4):874-880 (In Persian)

Shelley J, Gibson S, Williams A (2015) Unsteady flow and sediment modeling in a large reservoir using hec-ras 5 beta. In: Proc. of Tenth Federal Interagency Sedimentation Conference (10th FISC), 19-23 Apr, Reno, Nevada, USA, 318-328

Torkamanzad N, Mohammadnezhad B, Behmanesh J (2014) Dam bottom outlet valves opening effect on the outflow of muddy (case study sepidroud dam). Journal of Civil and Environmental Engineering 44(1):25-40 (In Persian)

Verstraeten G, Poesen J (2001) Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. Geomorphology 40(1-2):123–144