هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۱، سال ششم، زمستان ۱۳۹۸، صص ۶۴-۴۳
Hydrogeomorphology, Vol.6, No.21, Winter 2020, pp (43-64)

طبقه‌بندی مورفولوژیکی و ناپایداری مجرای رودخانه‌ی کلیبرچای

محمدمهدی حسین‌زاده[۱]، سمیه خالقی*[۲]، پیام فتح‌اله اتی‌کندی[۳]

۱- دانشیار دانشکده‌ی علوم زمین، ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران
۲- استادیار دانشکده‌ی علوم زمین، ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران
۳-دانش‌آموخته‌ی کارشناس ارشد، ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۲۸ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۰۵

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌های طبیعی پیچیده‌ای هستند لذا طبقه‌بندی رودخانه می‌تواند درک بهتری از مطالعه‌ی فرآیندها و اشکال رودخانه را فراهم آورد. در این پژوهش برای ارزیابی طبقه‌بندی الگوی جریان در رودخانه‌ی کلیبرچای از مدل راسگن در سطح ۱، ۲، ۳ استفاده شده است. بدین منظور یک بازه‌ی ۳ کیلومتری مابین دو روستای پیغام و قشلاق تعیین گردید و سپس ۸ مقطع عرضی در این بازه انتخاب شد. جهت شبیه‌سازی رودخانه و استخراج پارامترهای مورد نیاز از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی استفاده گردید. پس از بازه‌بندی مسیر رودخانه با تکیه بر بازدیدهای میدانی و نقشه‌های توپوگرافی طبقه‌بندی سطح ۱ و ۲ که بر اساس متغیرهای شیب، ضریب انحنا، عرض دبی لبالبی، متوسط عمق دبی‌لبالبی، عرض دشت سیلابی و جنس مصالح بستر است، در ۸ مقطع مورد نظر در رودخانه‌ی کلیبرچای انجام گرفت. بر پایه‌ی تحلیل های صورت گرفته مورفولوژی آبراهه کلیبرچای در بازه‌های ۱، ۳، ۴، ۵ از نوع B، در بازه‌های ۲، ۶، ۷، ۸ از نوع C می‌باشد. نتایج ارزیابی شرایط پایداری در سطح سوم طبقه‌بندی راسگن نیز نشان داد، بازه‌ی ۲ و ۶ هر دو از گروه تیپ C، در وضعیت خوب و پایدار قرار گرفتند، بازه‌های ۱ و ۴ از گروه تیپ B و ۸ از گروه تیپ C، به در وضعیت متوسط ناپایداری محدود و بازه‌ی ۳ و ۵ از گروه تیپ B، ۷ از گروه تیپ C در وضعیت ضعیف و ناپایدار قرار گرفتند. بنابراین سیستم طبقه‌بندی راسگن در ارتباط با شناخت مورفولوژیک رودخانه کلیبرچای و سیستم‌های فلویال مشابه مناسب ارزیابی شده است.

کلمات کلیدی: مدل راسگن، طبقه‌بندی رودخانه، پایداری کانال، رودخانه‌ی کلیبرچای.

* (نویسنده‌ی مسئول) **E-mail:**s_khaleghi@sbu.ac.ir

www.SID.ir

۱- مقدمه

یکی از روش‌هایی که در بررسی رودخانه‌ها استفاده می شود، طبقه‌بندی رودخانه است. هدف اصلی از طبقه‌بندی رودخانه، ساده‌سازی فرایندهای هیدرولیکی و رسوب‌شناسی و در نهایت پیش‌بینی رفتار رودخانه است. تاکنون رودخانه‌ها از دیدگاه‌های مختلفی طبقه‌بندی شده‌اند که از جمله مبانی این طبقه‌بندی‌ها می‌توان به توپوگرافی، شیب، دبی جریان، سن رودخانه و الگو در پلان اشاره کرد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، نشریه ۵۹۲، ۱۳۹۱). اولین طبقه‌بندی به رسمیت شناخته شده توسط دیویس در سال ۱۸۹۹ انجام گرفته است. دیویس رودخانه‌ها را بر اساس مرحله‌ی تکامل و تعدیل آنها به سه دسته‌ی جوان، بالغ و پیر تقسیم‌بندی کرد. لئوپولد و ولمن[1] (۱۹۵۷) بر اساس ضریب سینوزیته و نسبت عرض به عمق، شکل رودخانه‌های آبرفتی را به سه دسته مستقیم، مئاندری و شریانی تقسیم کرده است. یک کلاسه بندی توصیفی توسط شوم[2] (۱۹۶۳) بر اساس دو فاکتور پایداری مسیر رودخانه و انتقال رسوب ارائه شده است. اهداف تحقیق در این پژوهش شناخت عوامل مؤثر بر فرسایش کناره‌ای رودخانه‌ی کلیبرچای، تعیین میزان خسارت‌های وارده در بخش‌های ساختمان‌سازی و راه‌سازی اطراف رودخانه، میزان رواناب و جلوگیری از سیل‌های احتمالی می‌باشد. در این پژوهش سیستم طبقه‌بندی رودخانه بر اساس روش راسگن ارائه شده است. این طبقه‌بندی توسط محقق آمریکایی به نام راسگن[3] (۱۹۹۴) به جامعه مهندسی رودخانه ارائه شده است. راسگن منطق طبقه‌بندی رودخانه‌ها را از حالت صرفاً توصیفی خارج کرده و ضمن بهره‌گیری از مباحث کیفی، معیارهای کمی مهندسی را نیز لحاظ نموده است. لذا با این منطق پیش‌بینی رفتار رودخانه‌ها به صورت مناسب‌تری امکان‌پذیر خواهد شد. روش راسگن کامل‌ترین و جامع‌ترین روش ارائه شده تا کنون بوده و دربرگیرنده بسیاری از خصوصیات سیستم‌های قبلی است. بنابراین در زمینه‌ی طبقه‌بندی و همچنین ارزیابی پایداری رودخانه‌ها پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است. از

1- Leopold and Welman
2- Shumm
3- Rosgen

www.SID.ir

جمله این مطالعات می‌توان به چند موارد اشاره کرد: کوان و سوانسن[1] (۲۰۱۴) به پیش‌بینی فرسایش سالانه کرانه رودخانه با استفاده از مدل راسگن در سطح (III) که شامل شاخص خطر فرسایش کرانه (BEHI) و روش تنش برشی نزدیک کرانه (NBS) برای جنگل ملی سکوایا در کالیفرنیا پرداخته‌اند. کوریت[2] (۲۰۱۴) به تحلیل و ارزیابی کانال با روش پیامدهای منابع غیرنقطه‌ای تولید رسوب (*BANCS*) برای پیش‌بینی فرسایش و پایداری کرانه رودخانه در استونی کلوو کریک در کت اسکیلز پرداخته است. کریشنا[3] و همکاران (۲۰۱۶) به اعتبارسنجی مدل *BANCS* جهت ارزیابی پتانسیل خطر فرسایش کرانه رودخانه بکرشوار در هند شرقی پرداختند. نتایج نشان داد. که *BEHI* و *NBS* برای پیش‌بینی خطر فرسایش کناره‌ای این رودخانه مناسب نبودند. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای به بررسی کارایی سیستم طبقه‌بندی راسگن در رودخانه‌های بابل و تالار در محدوده‌ی جلگه‌ی ساحلی دریای خزر پرداخته‌اند که نتایج این مطالعه نشان داد که پیش‌بینی نوع رود با استفاده از این روش نمی‌تواند جایگزین تحقیقات واقعی در خصوص رودخانه شود و می‌تواند منجر به شکست طرح‌های مدیریتی شود. روستایی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی مورفولوژی مجرای رودخانه‌ی لیقوان با روش طبقه‌بندی راسگن، داده‌های مقاطع عرضی رودخانه و پارامترهای مورفولوژیکی را برای هر بازه‌ی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نتایج نشان داد که رودخانه از نوع سینوسی بوده و بر اساس طبقه‌بندی راسگن بازه‌های مختلف در الگوهای مختلف قرار گرفته است و در نهایت این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از رودخانه می‌تواند در توسعه طرح‌های مهندسی و بحث‌های مدیریتی و احیای رودخانه مورد استفاده قرار گیرد. حسین‌زاده و اسماعیلی (۱۳۹۴) در تحقیقی جهت مقایسه‌ی روش‌های راسگن و استیل رود در طبقه‌بندی رودخانه‌ی کوهستانی حوضه‌ی آبریز لاویج، با استفاده از روش‌های مذکور طبقه‌بندی سطوح را انجام داده‌اند و پارامترهای مربوط به هر دو روش در رودخانه‌ی لاویج مورد بررسی قرار گرفت که بر اساس روش استیل رود، هشت

1- Kwan and Swanson
2- Coryat
3- Krishna

www.SID.ir

استیل در حوضه‌ی آبریز لاویج شناسایی شد و در سیستم طبقه‌بندی راسگن فقط گروه A این روش درست شناسایی شده و بقیه بازه ها در هیچ گروه مشخصی قرار نگرفتند. عامل اصلی این عدم تطبیق پارامترهای شیب و سینوسیته بودند. تکتونیک و اقلیم موجب این پیچیدگی در انواع رود و عدم کارایی این روش در منطقه شده است. خالقی و ملکانی (۱۳۹۳) در پژوهشی برآورد فرسایش کرانه رودخانه‌ی لیقوان چای با استفاده از شاخص تنش برشی نزدیک کرانه راسگن پرداخته‌اند که نتایج نشان داد که در روش (R_c/W_{bkf})، میزان فرسایش‌پذیری کرانه در اکثر مقاطع به جز مقطع ۱۰، کم تا خیلی کم بوده و در روش (d_{nb}/d_{bkf}) در اکثر مقاطع فرسایش‌پذیری کرانه‌ها در حد کم تا متوسط است. کرم و لایقی (۱۳۹۳) در طبقه‌بندی هیدروژئومورفولوژیکی ۲۳ کیلومتر از رودخانه‌ی جاجرود به‌منظور احیاء رود و اقدامات مدیریتی از سیستم طبقه‌بندی مورفولوژیکی راسگن بهره گرفتند. نتایج نشان داد بخش اعظم این بازه‌ی مطالعاتی دارای الگوی DA است و بخش کمی از رودخانه دارای الگوی B با وضعیت بسیار نامطلوبی است. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به برآورد فرسایش کناره‌ای در رودخانه‌ی قرانقوچای هشترود با استفاده از مدل راسگن سطح (I) و سطح (III) پرداختند که نتایج این پژوهش نشان داد که فرسایش کناره‌ای از پدیده‌های غالب و فعال این بازه از رودخانه‌ی قرانقو محسوب می‌شود.

از آنجایی که اجرای هرگونه عملیات جهت اصلاح مسیر، کنترل فرسایش رودخانه، احداث تأسیسات و سازه‌های آب و مانند آن باید مبنی بر شناخت صحیح از رفتار رودخانه، ویژگی‌های مواد بستری و عوامل و مکانیسم‌های مؤثر در فرسایش کناره‌ای صورت می‌گیرد (فاطمی عقدا و همکارن،۱۳۸۰: ۱۶۳). هدف این تحقیق، بررسی مورفولوژی رودخانه‌ی کلیبر چای و ارزیابی پایداری آن در بازه‌های چندگانه است. بدین منظور ابتدا مسیری از رودخانه به طول ۳ کیلومتر انتخاب شد و با انجام عملیات صحرایی، برداشت‌ها و نمونه‌گیری‌ها، طبق روش راسگن در سطح ۱، ۲ و ۳ رودخانه‌ی کلیبرچای مورد مطالعه قرار گرفت.

www.SID.ir

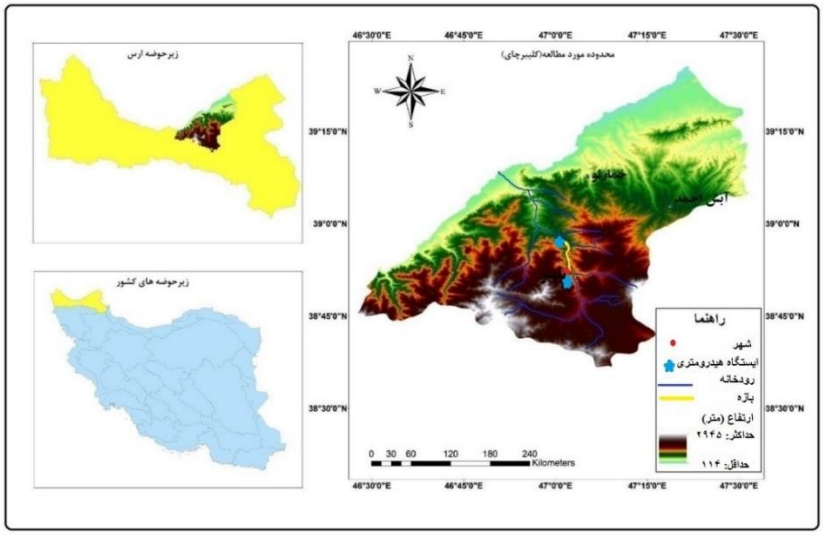
۲- مواد و روش‌ها

- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز کلیبر چای به مختصات جغرافیایی"۴۵/۴۰/۲۵ تا "۴۷/۲۰/۳۵طول شرقی و "۳۸/۴۰/۲۵ تا "۳۹/۱۰/۳۵ عرض شمالی، در زون ساختاری البرز- آذربایجان قرار دارد که اصطلاحاً به کوه‌های قراداغ موسوم است. آبراهه‌ی اصلی کلیبرچای که بازه‌ی مورد مطالعه در آن قرار دارد، از روستای پیغام در جنوب شهر کلیبر شروع می‌شود و تا روستای قشلاق ادامه دارد. رودخانه‌ی کلیبر چای بعد از پیوستن به رودخانه‌ی مرزرود که زهکشی اصلی ارتفاعات قندوان‌باشی و سایگرام‌داغی است، به رودخانه‌ی مرزی ارس می‌ریزد. میانگین بارندگی سالانه در این حوضه ۳۸۶ میلی‌متر گزارش شده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۷). اقلیم منطقه نیمه‌مرطوب است. توجه به وضعیت زمین‌ساخت محدوده‌ی مورد مطالعه که بخشی از ورقه‌ی زمین‌شناسی شهرستان‌های ورزقان، کلیبر و اصلاندوز را شامل می‌گردد آشکار می‌کند که زمان تأثیر نیروهای تغییر شکل‌دهنده‌ی در محدوده‌ی مورد مطالعه همزمان با فازهای کوهزایی آلپی پسین است (نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰کلیبر) (شکل ۱).

یکی از مهم‌ترین ابزار برای بررسی محیط‌های رودخانه‌ای، استفاده از داده‌ها و اطلاعات مربوط به کانال رودخانه است. در پژوهش حاضر، محیط رودخانه اعم از مسیر، بستر و پارامترهای آن مورد بررسی قرار گرفت. برداشت‌های زمینی و محاسبه‌ی پارامترهای ژئومورفیک و هیدرولیک (عمق، مساحت مقطع عرضی، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیک، شیب کانال، عرض کانال و عرض کانال در دبی لبالبی، عمق دبی لبالبی، عرض دره، مساحت حوضه، ضریب مانینگ) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

www.SID.ir



شکل (۱) موقعیت حوضه‌ی کلیبر چای و بازه‌ی مورد مطالعه

Fig (1) Location of the Kaleybarchai catchment and study reach

اندازه‌گیری مقطع دبی لبالبی با توجه به آثار کناره رودخانه از جمله: زیربری رودخانه، تغییرات جنس در کرانه‌ی رودخانه، با توجه به آثار خزه‌ها و گلسنگ‌ها، تغییرات رنگ سنگ‌ها انجام گرفت. در محل‌هایی که دشت سیلابی وجود دارد لبه‌ی دشت سیلابی مبنای تعیین دبی لبالبی یا عرض مقطع پر می‌باشد (خالقی، ۱۳۹۵: ۱۴۳) (شکل ۲).

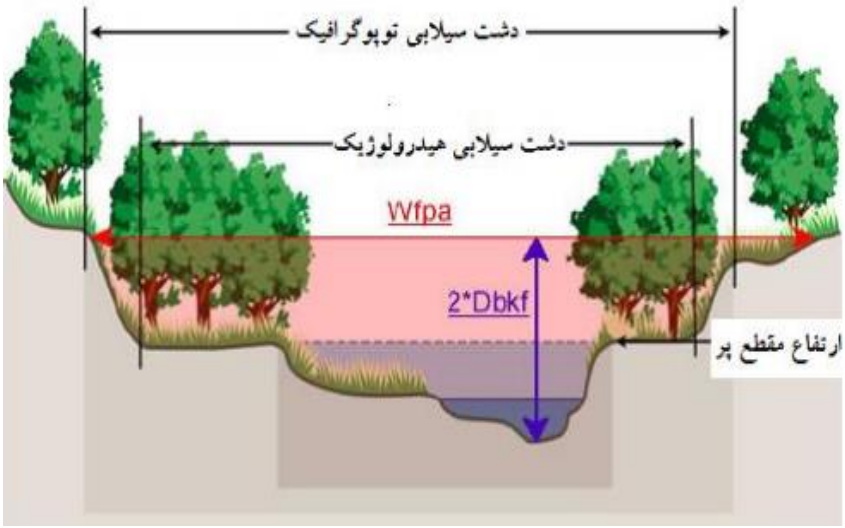
برای اندازه‌گیری عمق، میانگین عمق‌های هر مقطع به‌عنوان عمق متوسط و بیشترین عمق در یک سوم هر دو طرف رودخانه به عنوان حداکثر عمق نزدیک کرانه در نظر گرفته شد. شعاع انحناء برای هر مقطع در محیط اتوکد بر اساس دایره‌ی مماس بر قوس‌های موردنظر اندازه گیری شد. میزان ضریب خمیدگی برای هر بازه نیز بر پایه‌ی تقسیم طول مجرا (SL)، به طول دره (VL) به دست آمد (مورت[1]، ۲۰۰۱: ۶۸).

شاخص گود افتادگی بستر نیز از نسبت عرضی دشت سیلابی به عرض دبی لبالبی به

1- Moret

www.SID.ir

دست می‌آید که برای محاسبه عرض دشت سیلابی می‌توان از عرض پهنه‌ی سیلاب در ارتفاعی معادل دو برابر حداکثر عمق دبی لبالبی استفاده نمود (کانگ[1]، ۲۰۰۷: ۴۱) (شکل ۲).



شکل(۲) روش مورد استفاده برای تعیین عرض دشت سیلابی (کانگ، ۲۰۰۷: ۴۱)
Fig (2) The method used to determine the width of floodplain (Kang, 2007: 41)

- طبقه‌بندی رودخانه بر اساس روش راسگن

بر اساس روش راسگن، خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در چهار سطح مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و به ترتیب از سطح یک که شناخت مشخصات کلی و بر مبنای بررسی سطحی است تا سطح چهار که ارزیابی بسیار دقیق و با جزییات کامل از ویژگی‌های ریخت شناسی رودخانه ارائه می‌دهد انجام می‌شود. در روش راسگن با تعیین نوع رودخانه براساس طبقه‌بندی انواع آن در هر سطح از ارزیابی، خصوصیات ریخت‌شناسی آن پیش‌بینی می‌شود.

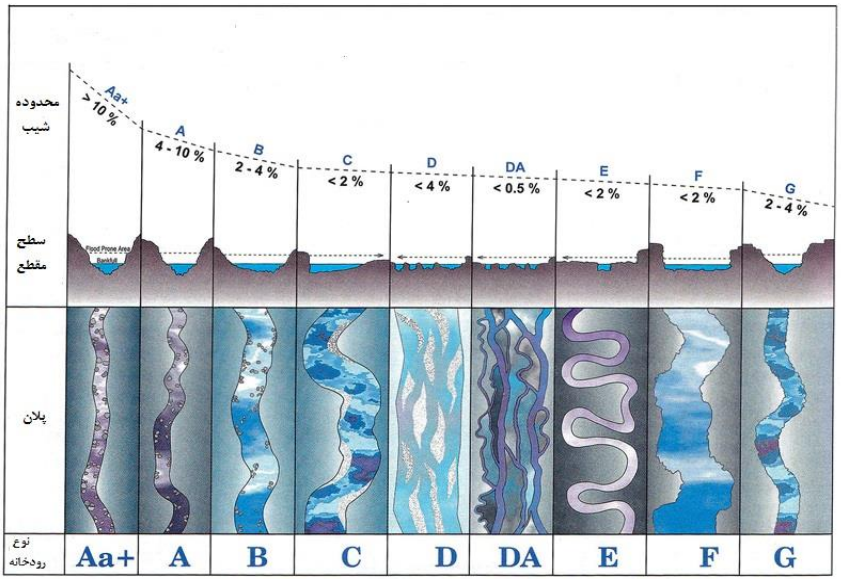
- طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۱ راسگن

در سطح ۱ راسگن با در نظر گرفتن اطلاعات حاصل از نیمرخ رودخانه، عوارض دره، شکل

1- Kang

www.SID.ir

سطح مقطع و الگوی پلان طبقه‌بندی رودخانه‌ها انجام می‌گیرد. در این سطح نوع رودخانه از نوع A تا نوع G که همراه با خصوصیات کلی، شکل سطح مقطع و الگوی شکل سطح جریان است، مشخص می‌گردد (شکل ۳).



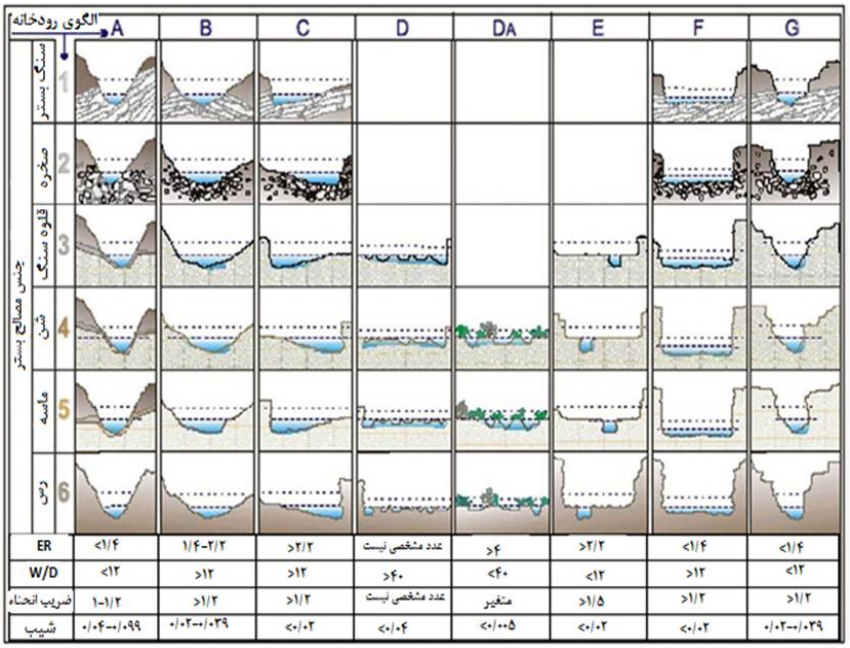
شکل(۳) طبقه‌بندی ژئومورفیکی مجرای رودخانه بر اساس طبقه‌بندی سطح ۱ راسگن (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱: ۱۱۰)

Fig (3) Geomorphic classification of river channel based on Rasgen level I classification (Deputy of Strategic Planning and Supervision, 2012: 110)

- طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۲ راسگن

دومین سطح از تحلیل ریخت‌شناسی رودخانه و خصوصیات رفتاری آن در روش راسگن، توصیف جزیی‌تر و دقیق‌تری از طبقه‌بندی رودخانه‌ها ارائه می‌دهد. در این سطح از تقسیم‌بندی راسگن، پارامترهای بیشتری شامل شیب رودخانه، انواع مصالح بستر رودخانه (از قطعات سنگی تا سیلت)، شاخص گود افتادگی (ER)، نسبت عرض به عمق در حالت دبی لبالبی و ضریب خمیدگی استفاده می‌شود (شکل۴).

www.SID.ir



شکل (۴) طبقه‌بندی ژئومورفیکی مجرای رودخانه بر اساس طبقه‌بندی سطح ۲ راسگن (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱: ۱۱۴)

Fig (4) Geomorphic classification of river channel Based on Rasgen level II classification (Deputy of Strategic Planning and Supervision, 2012: 114)

- طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۳ راسگن

در طبقه‌بندی سطح ۳، مفهوم پایداری و پتانسیل رودخانه مورد توجه قراردارد. پس از طبقه‌بندی در سطح یک از A تا G بسته به نوع مواد رسوبی بستر، بار دیگر به بخش‌های ریزتری شامل بسترهای رسی-سیلتی، بسترهای ماسه‌ای، بسترهای شنی، بسترهای قلوه سنگی، بسترهای سنگی و بسترهای قطعه سنگی طبقه‌بندی می‌شوند. با توجه به جدول (۱)، سه بخش رودخانه شامل بخش بالایی، بخش پایینی کرانه‌ی رودخانه و کف و بستر رودخانه بر اساس ۴۲ پارامتر و شاخص‌های آن همراه با پیمایش‌های میدانی در بازه‌های مورد مطالعه ارزیابی شده و در نهایت شرایط جریان در چهار حالت عالی، خوب، متوسط وضعیف مشخص می‌گردد (حسین‌زاده و اسماعیلی،۱۳۹۴: ۶۴).

www.SID.ir

جدول(۱) معیارهای ارزیابی شرایط پایداری رودخانه در سطح سوم راسگن (راسگن، ۱۹۹۶: ۸۵)

Tab (1) Assessment criteria of river stability based on Rasgen level III classification (Rosgen 1996: 85)

رده			عالی	امتیاز	خوب	امتیاز	متوسط	امتیاز	ضعیف	امتیاز
پخش پالایی کرانه رودخانه	1	شیب لند فرم	گرادیان شیب کمتر از 30 درصد	2	گرادیان شیب 40-30 درصد	4	گرادیان شیب 60-40 درصد	6	گرادیان شیب بیشتر از 65 درصد	8
	2	حرکات توده‌ای	یدون شواهد	3	نادر	6	مکرر یا بزرگ، یاعث رسوب یه‌طور منظم	9	مکرر، یاعث رسوب و خطر یه‌طور منظم	12
	3	پتانسیل ریزش سنگ	اساساً وجود ندارد	4	ریزش کم یا اندازه‌های کوچک	4	متوسط تا سنگین، عمدتاً در اندازه‌های بزرگ	6	متوسط تا سنگین، عمدتاً اندازه بزرگ‌تر	8
	4	پوشش گیاهی سواحل	تراکم پوته 90 درصد و شدید	5	تراکم پوته 90-70 درصد و نسبتاً شدید	6	تراکم پوته 70-50 درصد یا توان رشد کم	9	تراکم پوته کمتر از 50 درصد و توان رشد ضعیف	12
پخش پایینی کرانه رودخانه	5	ظرفیت کانال	زیاد، جریان پیک، نسبت W/D کمتر از 7	1	مناسب، سرریز نادر، نسبت 15-8W/D	2	جریان پیک نادر، نسبت 25-15W/D	3	نامناسب، سرریز معمول، نسبت W/D بیشتر از 25 درصد	4
	6	اندازه سنگ ساحل	تخته‌سنگ‌های بزرگ زاویه‌ای 65 درصد و بیشتر	2	تخته‌سنگ کوچک 65-40 درصد، اندازه 12-6 اینچ	4	قلوه‌سنگ 40-20 درصد، اندازه 6-3 اینچ	6	شن و سنگ بیشتر از 20 درصد، اندازه 3-1 اینچ	8
	7	موانع جریان	سنگ‌ها	2	درحدی که یاعث جریان سایشی شود	4	متوسط حرکت یا جریان یالا	6	کم، پر شدن رسوب گیرها	8
	8	پرش	عدم پرش یا خیلی کم، کمتر از 6 اینچ	4	در حد خمیدگی، 12 اینچ	6	قابل‌توجه، پرش ساحل اولیه 24-12 اینچ	12	تقریباً مداوم، بزرگ‌تر از 24 اینچ	16
	9	رسوب‌گذاری	کم یا یدون پوینت بار	4	مناسب، سرریز نادر، نسبت 15-8W/D	8	متوسط، شن‌های جدید و ماسه دربار رسوب	12	گسترده، دانه‌ریز	16
بستر رودخانه	10	زاویه سنگ	لیه تیز و گوشه‌دار	1	گوشه‌های گرد و لیه‌دار	2	لیه‌ها و گوشه‌ها یه‌خوبی گرد شده	3	در همه ابعاد یه‌خوبی گرد شده	4
	11	روشنایی	سطوح کدر، تاریک	1	سطوح کدر بیشتر، سطوح روشن در حدود 35 درصد	2	ترکیب کدر و روشن بین 65-35 درصد	3	عمدتاً روشن بیشتر از 65 درصد	4
	12	انسجام ذرات	کم، اندازه‌های گوناگون	2	متوسط یا کمی تداخل	4	جورشدگی کم، یدون تداخل	6	یدون جورشدگی مشهود، حرکت آسان	8
	13	ابعاد اندازه بستر	یدون تغییر اندازه مشهود، 100-80 درصد بستر پایدار	4	تغییر اندازه متوسط، 80-50 درصد بستر پایدار	8	تغییر متوسط در اندازه، پایداری بستر 50-20 درصد	12	تغییر زیاد، پایداری بستر کمتر از 20 درصد	16
	14	قرسایش و رسوب	کمتر از 50 درصد کف تحت تاثیر سایش	6	30-5 درصد کف تحت تأثیر قرسایش	12	50-30 درصد کف تحت تأثیر سایش، پرشدگی حوضچه‌ها	18	بیشتر از 50 درصد کف یه‌طور منظم تحت تأثیر سایش قرار دارد	24
	15	پوشش گیاهی آبی	قراوان، خزه	1	معمول، اشکال جلیک	2	نقطه‌ای، در مرداب‌ها، جلیک قصلی	3	کمیاب یا وجود ندارد	4

۳- بحث و نتایج

پس از بازه‌بندی مسیر رودخانه با تکیه بر بازدیدهای میدانی و سپس آنالیز داده‌های خام و محاسبات کلی، ۸ مقطع عرضی از کل مسیر رودخانه در تمام بازه‌های مسیر مورد مطالعه

www.SID.ir

استخراج و کلیه پارامترهای مورد نیاز جهت طبقه‌بندی و شناسایی ژئومتریک مجرا در آن بازه‌ها محاسبه گردید. ابتدا کلیه پارامترهای نسبت عرض به عمق، مساحت مقطع عرضی در دبی لبالبی، عرض دبی لبالبی، حداکثر عمق، عرض دشت سیلابی و شیب سطح آب، ضریب خمیدگی برای همه بازه‌ها و مقاطع عرضی محاسبه گردیدند و سپس پارامترهای گودافتادگی بستر، نسبت عرض به عمق، شیب سطح آب، اندازه متوسط مواد مجرا برای طبقه‌بندی سطح ۲ راسگن مورد استفاده قرار گرفتند. طبق مطالعات میدانی به‌عمل‌آمده، رودخانه کلیبرچای از لحاظ طبقه‌بندی بر اساس جنس رسوبات بستر (سنگی و آبرفتی) در گروه آبرفتی قرار دارد. در فصل تابستان به دلیل کاهش سطح آب، رسوبات ریزدانه بر روی رسوبات درشت‌دانه قرار می‌گیرند، در نتیجه ذرات ماسه بین ذرات شنی گیرکرده و موجب تحکیم بستر می‌شوند، این رسوبات از نوع شنی- ماسه‌ای می‌باشند، ولی در زمستان به دلیل پرآبی، ذرات ریز به همراه جریان تند از جا کنده شده و ذرات درشت در کف بستر باقی می‌مانند؛ بنابراین نوع رسوبات موجود در کف رودخانه کلیبرچای از نوع شنی و قلوه‌سنگی می‌باشند. برای به دست آوردن اندازه متوسط مواد کانال، در مسیر رودخانه در فواصل مختلف تعداد ۱۶ نمونه برداشت شد و در آزمایشگاه دانه سنجی گردیدند (جدول۲). طبق داده‌های به‌دست‌آمده بیشترین درصد ذرات در طول مسیر رودخانه را شن متوسط به میزان ۲۶/۶ درصد و قلوه‌سنگ به میزان ۱۴/۷ درصد تشکیل می‌دهند که برای طبقه‌بندی راسگن ملاک ارزیابی قرار گرفتند.

جدول (۲) توزیع اندازه ذرات رسوبات بستر رودخانه کلیبرچای

Tab (2) The grain size distribution of Kaleybrachai bed sediments

نام ذرات	قطر ذرات(م.متر)	درصد ذرات	درصد تجمعی
رس	۰/۰۰۴۰۹	۰/۵	۰/۵
سیلت	۰/۰۴۰۹	۱/۹	۲/۴
ماسه خیلی ریز	۰/۱۱۸	۳/۲	۵/۶
ماسه ریز	۰/۲۰۷	۸/۶	۱۴/۲
ماسه درشت	۰/۵۸۹	۱۳/۶	۲۷/۸
شن بسیار ریز	۲/۳	۲۱/۹	۴۹/۷
شن متوسط	۱۳	۲۶/۶	۶۷/۳
شن درشت	۲۹	۸/۹	۸۵/۲
قلوه‌سنگ	۶۶.۸	۱۴/۷	۹۹/۹

www.SID.ir

برای مشخص نمودن نوع کانال در سطح ۱ راسگن، پس از به دست آوردن شیب رودخانه‌ی کلیبرچای در محدوده‌ی مورد مطالعه، با توجه به شیب‌های به‌دست‌آمده از مقاطع مختلف و مشاهدات میدانی از سطح مقطع و پلان رودخانه، و با ملاحظه طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس شیب‌های مختلف (شکل ۵) طبقه‌بندی اولیه و سطح ۱ راسگن انجام و مقاطع مورد نظر در گروه B تا C این طبقه‌بندی قرار گرفته اند که در چهار مقطع الگوی رودخانه از نوع B و چهار مقطع از نوع C می باشند (جدول۳).

جدول(۳) نوع الگوی رودخانه کلیبرچای در سطح ۲ طبقه بندی راسگن

Tab (3) The type of Kaleybrachai River based on Rosgen level II classification

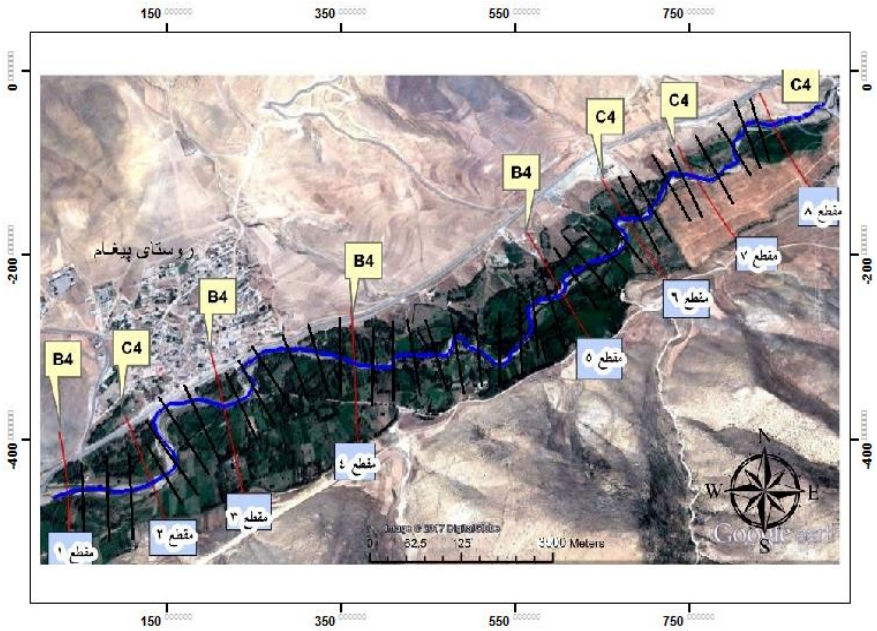
مقاطع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
الگوی جریان	B4	C4	B4	B4	B4	C4	C4	C4

در ادامه با توجه به ویژگی‌های هندسی مقاطع عرضی و همچنین کارآیی مدل راسگن ضمن تشریح مجاری مشخص‌شده در آن، رودخانه‌ی کلیبرچای به صورت بازه‌ای در ارتباط با مدل راسگن مورد بررسی، شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند. طبقه‌بندی فوق برای هریک از مقاطع بر روی شکل (۵) نشان داده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده، کل بازه‌های مسیر مورد مطالعه در گروه B و C قرار گرفتند. شاخصی گود افتادگی نشان‌دهنده‌ی وضعیت شکل مقطع از جهت فرورفتگی عمقی بستر (کف کنی) و یا گسترش در دشت سیلابی هست. این شاخص در B بین ۱/۴ تا ۲/۲، در C و E بزرگ‌تر از ۲/۲ بوده و در D عدد مشخصی در نظر گرفته نشده است. نسبت عرض به عمق عبارت است از نسبت عرض سطح آب در دبی لبالبی به متوسط عمق آب متناظر در دبی لبالبی، این شاخص معرف شکل رودخانه است (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱). دامنه‌ی تغییرات نسبت عرض به عمق در E کمتر از ۱۲، در D بزرگ‌تر از ۴۰ و در نوع C و B بزرگ‌تر از ۱۲ است. اندازه‌ی شاخص ضریب انحنا برای رودخانه‌های مستقیم کمتر از ۱/۰۵، برای رودخانه‌های سینوسی بین ۱/۰۵ تا ۱/۵ و برای رودخانه‌های پیچان‌رودی بیشتر از ۱/۵ است (مورت به نقل از مونت، ۲۰۰۱: ۶۹). در زیر

www.SID.ir

ویژگی هر کدام از تیپ‌ها آمده است.



شکل(۵) طبقه‌بندی بازه‌های محدوده مورد مطالعه بر اساس روش راسگن

Fig (5) The classification of the study reaches based on Rosgen method

تیپ B: عمدتاً دارای نسبت ER متوسط و شیبی کمتر از تیپ A (۴ درصد) هستند. بستر این مجاری ترکیبی از تند آب‌ها یا حوضچه‌های فرسایش نامنظم است. بستر و کناره‌ها نسبتاً پایدارند و سیستم حمل رسوب محدودی دارند. چهره‌ی غالب نواحی دارای این تیپ با ناهمواری متوسط و دره‌های باریک با شیب تدریجی است. بازه‌های ۱ و ۳ (شکل ۶) و ۴ در قسمت بالادست و ۵ در پایین‌دست میسر مورد مطالعه در این گروه قرار دارند.

www.SID.ir

شکل(۶) بازه شماره ۳
Fig (6) The cross-section 3

شکل(۷) مقطع شماره ۶ با وضعیت پایداری خوب
Fig (7) The cross-section 6 with good stability condition

تیپ C: دارای ER نسبی و شیب متوسط هستند. سیستم‌های پیچانرودی تشکیل شده با دشت سیلابی توسعه‌یافته همراه با موانع حاشیه‌ای (پوینت بار) است. در این گروه کانال پایدار بوده و دارای بار رسوب و حمل محدودی هستند. اگر بستر شنی و ریزتر و مواد کناری داشته باشند، مستعد به شستشو، فرسایش و جابه‌جایی پیچانرود هستند. همچنان که مواد بستر و کناره‌ها ریزتر می‌شود، درصد بیشتری از بار رسوب به‌صورت بار معلق درمی‌آید. چهره‌ی مورفولوژیک غالب بازه‌های دارای این تیپ، دره‌های وسیع با تراس‌های آبرفتی مرتبط با دشت سیلابی است. بازه‌ی ۲ در بالادست و بازه‌های ۶ (شکل ۷) و ۷ و ۸ در پایین‌دست مسیر مورد مطالعه در این نوع از طبقه‌بندی جای گرفته‌اند. الگوی رودخانه در این بازه از نوع سینوسی می‌باشد.

در سطح ۳ از مدل راسگن، وضعیت موجود یا حالت جریان و آبراهه از جهت پایداری، قابلیت به‌روز رفتار عکس‌العمل رودخانه توصیف می‌گردد. در این سطح عوامل میدانی بیشتری از رودخانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این عوامل بر روی وضعیت جریان مؤثر خواهد بود. به‌عنوان‌مثال پوشش گیاهی، پایداری آبراهه، فرسایش کناری و وجود تلاطم و آشفتگی جریان مورد توجه قرار می‌گیرد. معیارهای ارائه‌شده در سطح دو ارزیابی مورفولوژی، در واقع قالب فیزیکی آبراهه را معرفی می‌کند که نمود کاملی از وضعیت موجود و روند مورفولوژی آن است. عوامل متعددی در رابطه با مسائل هیدرولوژی، زیستی،

www.SID.ir

اکولوژی و انسانی بر روی وضعیت موجود مورفولوژی رودخانه تأثیرگذار است. سطح سه تأثیر جمعی عوامل فوق را بر قالب مورفولوژی مورد تحلیل قرار می‌دهد.

عکس‌العمل و پاسخ رودخانه در برابر دگرگونی‌های ایجادشده بستگی به نوع رودخانه دارد. هر نوعی از رودخانه مطابق با دسته‌بندی‌های سطح یک و دو در برابر آشفتگی‌های ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، رفتار و پاسخی خاص و منحصر به خود را ارائه می‌دهد. ارزیابی سطح سه مورفولوژی به توصیف شرایط رودخانه در رابطه با سه عامل پایداری، پتانسیل و عملکرد منجر می‌شود. نتایج ارزیابی سطح سوم راسگن برای محدوده مورد مطالعه در جداول ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. در این ارزیابی، مجموع امتیازات هر چه کمتر باشد، رودخانه پایدارتر و هرچه بیشتر باشد ناپایدارتر است (راسگن، ۱۹۹۶: ۱۳۶).

جدول (۴) مجموع امتیازها در روش رتبه‌بندی پایداری کانال رودخانه

Tab (4) Sum of the scores based on the river channel stability classification

بازه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
جمع کل امتیازات	۷۸	۸۷	۹۱	۷۱	۸۱	۸۵	۱۱۱	۹۴

بعد از امتیازدهی به هر یک از بازه‌های مورد مطالعه و مجموع امتیازات حاصل از محاسبه پارامترها، تحلیل هریک از بازه‌ها انجام گرفته است. در جدول (۵) می‌توان محدوده‌ی امتیازات در وضعیت‌های مختلف و حساس به فرسایش را مشاهده کرد و طبق اعدادی که مشخص‌شده میزان فرسایش‌پذیری هر بازه مشخص گردید.

جدول(۵) رتبه‌بندی پایداری کانال رودخانه

Tab (5) The classification of river channel stability

نوع رودخانه	خوب (پایدار)	متوسط (ناپایداری محدود)	ضعیف (ناپایدار)
B4	۴۰-۶۴	۶۱-۷۸	+۷۹
C4	۷۰-۹۰	۹۱-۱۱۰	+۱۱۱

با توجه به جدول (۶)، از مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده در سطح سوم راسگن، در منطقه‌ی موردمطالعه، بازه ۲ و ۶ هر دو از گروه تیپ C۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای

www.SID.ir

۸۷ و ۸۵ در وضعیت خوب و پایدار قرار می‌گیرند، بازه‌های ۱ و ۴ از گروه تیپ B ۴ و ۸ از گروه تیپ C۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای ۷۸ و ۷۱ و ۹۹ در وضعیت متوسط ناپایداری محدود هستند و بازه ۳ و ۵ از گروه تیپ B۴، ۷ از گروه تیپ C۴ به ترتیب با مجموع امتیازهای ۹۱ و ۸۱ و ۱۱۱ در وضعیت ضعیف و ناپایدار قرار دارند.

جدول (۶) رتبه‌بندی پایداری کانال رودخانه کلیبرچای در بازه‌های مورد مطالعه

Tab (6) The classification of the Kaleybrachai River channel stability in the study reaches

بازه	نوع رودخانه	مجموع امتیاز	وضعیت
۱	B4	۷۸	متوسط (ناپایداری محدود)
۲	C4	۸۷	خوب (پایدار)
۳	B4	۹۱	ضعیف (ناپایدار)
۴	B4	۷۱	متوسط (ناپایداری محدود)
۵	B4	۸۱	ضعیف (ناپایدار)
۶	C4	۸۵	خوب (پایدار)
۷	C4	۱۱۱	ضعیف (ناپایدار)
۸	C4	۹۹	متوسط (ناپایداری محدود)

۴- نتیجه‌گیری

بر مبنای شاخص‌های مورفولوژیکی، جنس رسوبات و شرایط جریان در سطح ۱، ۲ و ۳ راسگن دو تیپ مجرا شامل B و C در محدوده‌ی موردمطالعه شناخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی مورفولوژیکی مجراهای نوع B در ارتباط با ارزیابی میزان مطابقت و کارایی مدل راسگن نشان داد که مورفولوژی غالب آن‌ها متشکل از دره‌های باریک و با پهنای نسبتاً کم و الگوی سینوسی با شیب متوسط و کرانه‌های نسبتاً پایدار است. این فرایند و فرم‌ها در سطح بازه‌های از این نوع نشان داد که مدل راسگن و طبقه‌بندی بر اساس آن با وجود تفاوت‌های جزئی در پارامتر شیب، طبقه بندی مناسبی است.

کانال‌های نوع C، الگوی جریانی بینابینی دارند که شواهد مورفولوژیک غالب آن همچون بسترهای پیچانرودی با سینوسیتی بالا، دره‌های همراه با دشت سیلابی و نیز

www.SID.ir

سطوح پوینت باری در دامنه‌ی شیب کمتر از سایر بازه‌ها، تائیدکننده‌ی کارایی مدل راسگن در این بازه‌ها است. ناپایداری زیاد بستر رودخانه در محدوده‌ی بازه‌های ۳، ۵، ۷، تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت‌وسازهای اطراف است. با توجه به این‌که رودخانه‌های شریانی وضعیت پایدار و ثابتی ندارند و جهت جریان و موقعیت جزایر رسوبی و عرض رودخانه‌ها پیوسته در حال تغییر و تحول است، لازم است اقدامات مدیریتی و ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی و شرایط جریان انجام گیرد.

همچنین وضعیت‌های بازه‌های مورد مطالعه از نظر حساسیت به فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه، بازه ۲ و ۶ از گروه تیپ C۴، در وضعیت خوب و پایدار قرار می‌گیرند، بازه‌های ۱ و ۴ از گروه تیپ B۴ و ۸ از گروه تیپ C۴، در وضعیت متوسط ناپایداری محدود هستند و بازه ۳ و ۵ از گروه تیپ B۴، ۷ از گروه تیپ C۴ در وضعیت ضعیف و ناپایدار قرار دارند.

برای تشخیص دلیل ناپایداری بیشتر در بازه‌های ۳، ۵ و ۷ ، متغیرهای مورد مطالعه در مقاطع مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که در مقاطع فوق تراکم ریشه‌ها و عمق ریشه‌ها کمتر از نواحی دیگر بوده است. در واقع پوشش گیاهی هر سه فرآیند فرسایشی کناره (فرسایش هیدرولیک رودخانه، حرکات توده‌ای و تنش برشی مکانیکی و هیدرولیکی مواد کناره) که توسط لاولر[1] (۱۹۹۵) بیان شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وین و مستقیمی[2] (۲۰۰۶) مشخص کرده‌اند که تراکم ریشه تأثیر قابل‌توجهی بر روی فرسایش کناره در جنوب غربی ویرجینیای آمریکا دارد. مطالعات قبلی نشان می‌دهد، پوشش گیاهی درختی نرخ فرسایش را از طریق افزایش زبری و مقاومت کششی ناشی از افزایش چسبندگی به وسیله ترکیب ریشه و خاک کاهش می‌دهد (گورنیل[3]، ۱۹۹۷ : ۲۱۹؛ گنت و همکاران[4]، ۲۰۰۵: ۱ و پولین[5]، ۲۰۰۷: ۱۹۷). در واقع ناپایداری کانال در بازه‌های مختلف رودخانه‌ی کلیبرچای بیشتر در بخش هایی وجود دارد که پوشش گیاهی وجود ندارد.

1- Lawler
2- Wynn and Mostaghimi
3- Gurnell
4- Genet et al.,
5- Pollen

www.SID.ir

متغیر دیگر مؤثر در تفاوت ناپایداری کانال، ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده‌ی کناره (خاک) است. در واقع مواد کناره‌ای مختلف، حساسیت های متفاوتی را در مقابل فرسایش ایجاد می‌کنند. به‌عنوان مثال کناره‌های رسی به علت چسبندگی نسبت به کناره‌های ماسه ای و شنی به آهستگی و در زمان طولانی فرسایش پیدا می کنند. وین و مستقیمی (۲۰۰۶) دریافته‌اند که وزن مخصوص ظاهری خاک یک فاکتور خیلی مهم مؤثر بر فرسایش کناره است؛ در واقع خاک با وزن مخصوص ظاهری بالاتر منجر به کاهش فرسایش‌پذیری خاک می‌شود (شوم، ۱۹۷۳: ۲۹۹). خاک غنی از رس، معمولاً وزن مخصوص ظاهری بالاتری دارد همچنین رس تمایل به چسبندگی بیشتر با یکدیگر داشته و آستانه شکست آن خیلی بالاتر است. دانه‌سنجی رسوبات کناره‌ی کلیبرچای نشان داد که در بازه‌های ۱، ۲ و ۸ درصد رسوبات ریزدانه سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است. در مقابل در بازه‌ی ۵ در کناره‌ی راست و چپ، بازه‌ی ۷ در کناره‌ی چپ، مواد کناره به‌طور عمده از ماسه، شن و قلوه‌سنگ تشکیل شده که باعث افزایش حساسیت کناره به فرسایش شده است.

نتایج ارزیابی رودخانه‌ی کلیبرچای بر اساس سیستم طبقه‌بندی راسگن در سطح ۱ و ۲ و ۳ نشان داد که الگوهای مجرای موجود در رودخانه‌ی کلیبرچای و به‌تبع آن پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراها با سیستم راسگن مطابقت دارند. با این اوصاف تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه‌ی پارامترها وجود دارد که ناشی از شرایط خاصی عوامل تأثیرگذار به‌صورت محلی هستند. در مقایسه با طبقه‌بندی رود در حوضه‌ی آبریز لاویج بر اساس راسگن توسط حسین‌زاده و اسماعیلی(۱۳۸۴) که نشان داده‌اند که وضعیت تکتونیکی و اقلیمی منطقه بر طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارد به طوری که نیمی از مقاطع مورد مطالعه در هیچ گروهی از طبقه‌بندی انواع رود راسگن قرار نگرفتند. از این رو روش مذکور در منطقه‌ی مورد مطالعه کارآیی لازم را ندارد و قادر به تحلیل فرایندهای رودخانه‌ای نخواهد بود. در پژوهشی که روستائی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی رودخانه‌ی لیقوان با روش طبقه‌بندی راسگن انجام گرفت، تعدادی از مجراها به‌خوبی با این طبقه‌بندی سازگار بوده و تعدادی دیگر این قابلیت را نداشته‌اند.

www.SID.ir

با تمامی این موارد سیستم راسگن در ارتباط با شناخت مورفولوژیک رودخانه‌ی کلیبرچای و سیستم‌های فلویال مشابه پاسخگو است که از دلایل این امر می‌توان به شرایط اقلیمی پویای منطقه و داخل کردن پارامترهای تأثیرگذار متعدد در مدل راسگن در بررسی رودخانه‌ها اشاره کرد.

www.SID.ir

۵- منابع

-Reference

Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Allan, J.D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Oodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G. M., Lake, P. S., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T. K., Pagano, L., Powell, B. & Sudduth, E. (2005). Synthesizing U. S. river restoration efforts, *Science*, *308*, 636–637.

Coryat., M. (2014). Analysis of the Bank Assessment for Non-point Source consequences of Sediment (BANCS) Approach for the Prediction of Streambank Stability and Erosion along stony Clove Creek in the Catskills, Master Theses, Syracuse University.

Deputy of Strategic Planning and Supervision. (2012). *Handbook of river Geomorphological Studies. 529*, 166 p.

Fatemi Aghda, M., Fayazi, F., & Alipour, D. (2001). Engineering Geology Survey in a Part of Karkheh River (Abdulkhan to Elhaei Village), *Journal of Tarbiat Moallem University of Science*, *3 and 6*, 163-179.

Genet, M., Stokes, A., Salin, F., Mickovski, S. B., Fourcaud, T., Dumail, J.F., et al. (2005). The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. *Plant and Soil, 278*, 1-9.

Gurnell, A. (1997). The hydrological and geomorphological significance of forested floodplains. *Global Ecology and Biogeography Letters*, *6*, 219-229.

Hosseinzadeh, M.M., Esmaili, R. (2015). *River Geomorphology. Concepts, Forms, and Processes*. Tehran, Shahid Beheshti University Press.

Hosseinzadeh, M.M., Esmaili, R. (2015). Comparison of Rosgen and Steel River Methods in Classification of Mountain Rivers, Case Study of North Alborz, Lavij Catchment. *Earth Science Researches, 21*, 64-79.

Hosseinzadeh, M.M., Esmaili, R., & Motavoli, F. (2005). An Examination of the Rosgen Classification System Efficiency Case Study. Classification of Babol and Talar rivers on the Caspian coastal plain zone. *Territory*, *5*, 61-51.

www.SID.ir

Hosseinzadeh, M.M., Khaleghi, S., Vahedifar, F. & Rostami, M. (2016). Estimation of lateral erosion in Qaranqu Chai of Hashtrood River using Rasgen Model, National Conference of Iranian Association of Geomorphology, Tehran.

Hosseinzadeh, M.M., Khaleghi, S., & Vahedifar, F. (2017). Evaluation of Morphological Changes and Stability of the Qaranqu Chai of Hashtrood River Using the BEHI Model. *Hydrogeomorphology*, *1*, 145-164.

Kang, R.S. (2007). Effects of urbanization on channel morphology of three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma. ProQuest. Ph.D thesis. Faculty of the Graduate College. Oklahoma State University.

Karam, A., Layeghi, S. (2014). Hydrogeomorphological Classification of Jajrood River with Rosgen Model, *Quantitative Geomorphological Research, 3*, 14-130.

Khaleghi, S. (2016). Determination of Bankfull Discharge and Stream Power of Lighvan Chai River Based on Channel Morphometric Characteristics, *Earth Science Researches, 28*, 152-139.

Khaleghi, S., Malekani, L. (2015). Estimation of Bank Erosion of Lighvan Chai River Using Rasgen Near Bank Shear Stress Index, Third International Congress of Geography and Sustainable Development, Tehran.

Krishna, G. G. Pal, S., & Mukhopadhyay, S. (2016). Validation of BANCS model for assessing stream bank erosion hazard potential (SBEHP) in Bakreshwar River of Rarh region, Eastern India. Model. *Earth Syst. Environ*., 2:95, 1-15. DOI 10.1007/s40808-016-0172-0.

Kwan, H. Swanson, S.N. (2014). Prediction of Annual Streambank Erosion for Sequoia National Forest, California, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 50*: 1439–1447. doi.org/10.1111/jawr.12200

Lawler, D. M. (1995). The impact of scale on the processes of channel-side sediment supply: a conceptual model. *Effects of Scale on Interpretation and Management of Sediment and Water Quality, 226*, 175-184.

Leopold, L.B., Wolman, M.G. (1957). River Channel Patterns, Braided, Meandering and Straight. U.S. *Geological Survey Professional Paper. 282-B*, 283-300.

www.SID.ir

Moret, S.L., (2001). Predicting Channel Stability in Colorado Mountain Streams Using Hydrobiogeomorphic and Land Use Data: A Cost-Sensitive Machine Learning Approach to Modeling Rapid Assessment Protocols, Doctor of Philosophy, Oregon State University.

Pollen, N. (2007). Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: Accounting for soil shear strength and moisture. *Catena, 69,* 197-205.

Rezaei Moghaddam, M.H., Servati, M.R. & Asghari Saraskanrood, S. (2012). Stability Analysis of Ghezel Ouzan River Channel Using Shear Stress Methods, Relative Resistance Index and Field Studies. *Quantitative Geomorphological Research, (1) 1*, 46-33.

Roostaei, S., Khorshiddoust, A.M., & Khaleghi, S. (2013). Evaluation of Lighvan Chai River Morphology by Rosgen Classification. *Quantitative Geomorphological Research, 4*, 1-16.

Rosgen, D.L. (1994). A classification of natural rivers. *Catena, 22*: 169-199.

Rosgen, D.L. (1996). *Applied River Morphology*. Colorado, Wildland Hydrology, Pagosa Springs.

Rosgen, D.L. (2001). A Strem Channel Stability Assessment Methodology, Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference.

Rostami, M. (2015). Analysis of Slope Instability and Estimation of Bank Erosion in Galali River, MSc Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran.

Schumm S.A. (1963). *A tentative classification of alluvial river channels.* US, Geol Survey Circular.

Schumm, S. A. (1973). *Geomorphic thresholds and complex response of drainage Systems. Fluvial Geomorphology*, In: M. Morisawa (Editor), New York, Binghamton, 299-310

Wynn, T. M. and Mostaghimi, S. (2006). The effects of vegetation and soil type on streambank erosion, Southwestern Virginia, USA. *Journal of the American Water Resources Association. 42 (1),* 69-82.

www.SID.ir