طبقه‌بندی مورفولوژیکی آبراهه رودخانه تلوار بر اساس روش رزگن و کارایی آن (حد فاصل روستای کچی‌گرد تا حسن‌خان)

مجتبی یمانی [۱*]، مهران مقصودی [۲]، شیرین محمدخان [۳]، انور مرادی [۴]

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۴/۱۰

چکیده

در این پژوهش مورفولوژی رودخانه تلوار یکی از سرشاخه‌های اصلی رود قزل اوزن با روش‌های مختلف استخراج و بر اساس مدل رزگن در سطح دوم و سوم مورد ارزیابی و طبقه‌بندی قرار گرفت. هدف اصلی با توجه به جامعیت مدل، طبقه‌بندی و ارزیابی بازه‌های آبراهه محدوده مورد مطالعه و در نتیجه درک فرآیندهای موجود و شناخت مورفولوژیک آن است. در این تحقیق جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات در خصوص موضوع مورد مطالعه به طور کلی به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی انجام شد. جهت شبیه‌سازی رودخانه و استخراج پارامترهای مورد نیاز از دو دسته ابزارهای فیزیکی شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و کاربری‌اراضی و ابزارهای مفهومی از جمله نرم‌افزارهای ARC GIS10، WMS9.1، HEC-RAS استفاده گردید. در نهایت به ارزیابی و طبقه‌بندی رودخانه بر اساس مدل رزگن در سطح دوم و سوم با توجه به منظر ژئومورفولوژیکی و میدانی آن برای رودخانه تلوار پرداخته شد. نتایج ارزیابی در سطح دوم مدل رزگن نشان داد که آبراهه مورد مطالعه دارای مقادیر مختلفی از منظر پارامترهای مؤثر در مدل شامل پارامترهای نسبت گودافتادگی بستر، ضریب خمیدگی، نسبت عرض به عمق و اندازه مواد بستر است. به صورتی که مورفولوژی آبراهه در بازه‌های مسیر بالادست از نوع B، C و E، در میانی از نوع B، C، D و E و در پایین‌دست از نوع B، C و D می‌باشد. نتایج ارزیابی شرایط پایداری در سطح سوم نیز نشان داد که بخش‌های میانی رودخانه از لحاظ پایداری در سطح ضعیف و سایر بخش‌ها در سطح متوسط و خوب قرار دارند. همچنین الگوهای مجرای موجود در رودخانه تلوار و به تبع آن پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراها با مدل رزگن مطابقت دارند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه تلوار، مورفولوژی رودخانه، طبقه‌بندی آبراهه، مدل رزگن.

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲ Email: myamani@ut.ac.ir

مقدمه

از مباحث کلیدی و عمده در علم ژئومورفولوژی، مهندسی و مدیریت رودخانه‌ای موضوع مورفولوژی کانال‌های رودخانه‌ای است که به کمک آن می‌توان به مجموعه اطلاعات مفیدی درباره شکل هندسی، فرم بستر، پروفیل طولی، مقاطع عرضی و تغییر شکل و مکان آن‌ها در طول زمان دست یافت. (بریج، ۲۰۰۸). امروزه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به عرصه جدیدی وارد شده و به عنوان پایه‌ای برای مطالعه تغییرات محیطی درآمده که برای مدیریت مجراهای رودخانه‌ای به‌کار می‌رود (گرگوری و همکاران، ۲۰۰۷).

پایداری و ناپایداری رودخانه تحت تأثیر مؤلّفه‌های درونی و خارجی سیستم رودخانه‌ای است. مؤلّفه-های خارجی شامل متغیرهای اقلیم، پوشش-گیاهی، فعالیت‌های انسانی و شیوه یخزدن و ذوب-شدن است (برترند و پاپانیکولاو،۲۰۰۹) و مؤلّفه‌های داخلی نیز شامل مورفولوژی رودخانه، مانند انواع الگوهای رودخانه (مئاندری، شریانی و مستقیم) ویژگی‌های هندسی و هیدرودینامیکی قوس‌های رودخانه‌ای، مواد بستر و کناره‌های رودخانه، متغیرهای هیدرولوژیکی جریان و عامل تنش‌برشی است (توکالندنی و همکاران، ۲۰۰۷). ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه، به دلیل تأثیرگذاری بر میزان فرسایش و ویژگی‌های مجاری رودخانه‌ها، در گسترش پهنه سیلابی و مدیریت منابع آب اهمیت دارد (مینگوی و همکاران، ۲۰۱۰).

رودخانه‌ها بر اساس عوامل متعدد تاریخی، تکتونیکی، لیتولوژی، اقلیمی و انسانی به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند. عوامل متعددی ازجمله زمان، دبی، بار رسوبی و سطح اساس بر آن تأثیرگذار بوده و رودخانه به صورت حفر، رسوب-گذاری، تغییر الگو و تغییر شکل مجرا، به آن پاسخ می‌دهد (شوم، ۲۰۰۵). مجرای رودخانه بازتابندهٔ ویژگی‌های حوضه آبریز مانند شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، اقلیم و فعالیت‌های کاربری‌اراضی در حوضه است. مورفولوژی مجرای رودخانه (ژئومتری) توسط دبی شکل‌دهنده به مجرا (بده مقطع پر یا بده لبریز رودخانه) مشخص می‌شود (کریستنر جی .آر. ، ۲۰۰۹). بنابراین دبی‌های سیلابی بزرگ، عامل اصلی شکل‌گیری مجرا و الگوی جریان هستند، اما بسامد رخداد سیلاب‌های بزرگ، پایین است و اثر آنها به وسیله جریان‌های کوچکتر محو می‌شود. دبی که بیشترین اثر را روی فرسایش و رسوب‌گذاری و مورفولوژی و شکل مقاطع عرضی دارد، بده لبریز رودخانه (بده مقطع پر) نام دارد. برای بیشتر رودخانه‌ها بده لبریز، هنگامی رخ می دهد که تمام مقطع عرضی رودخانه پر از آب شود. بده لبریز، توان لازم برای فرسایش و رسوب‌گذاری و تغییر سطح مقطع مجرا را دارد و دوره بازگشت آن به اندازه کافی کوتاه است تا اثرات آن به وسیله جریان‌های ضعیف‌تر اما با فراوانی وقوع زیادتر، پوشیده نشود. (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۲).

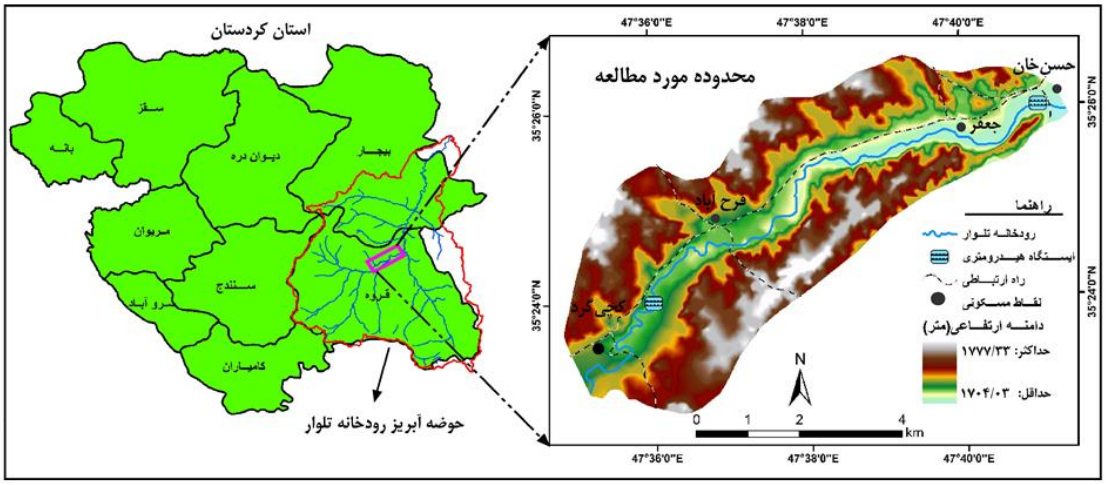
شمار زیادی از ژئومورفولوژیستها، جغرافی‌دانان و مهندسان روش‌های جامعی برای طبقه بندی رودخانه‌ها ارائه داده‌اند که یکی از آنها روش رزگن است که مبنایی برای احیای رودخانه‌ها است (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۲). به گفته رزگن (۱۹۹۴) نخستین بار دیویس در سال ۱۸۹۹ رودخانه‌ها را بر اساس مرحله تحول به سه دسته جوان، بالغ و پیر تقسیم‌بندی کرد و لئوپولد و ولمن در سال ۱۹۵۷ طبقه‌بندی دیگری ارائه دادند که شامل الگوی رودخانه‌های مستقیم، مئاندری و شاخه شاخه بود و همچنین شوم در سال ۱۹۶۳ طبقه‌بندی کیفی و تفسیری از رودخانه‌ها ارائه داد که بر اساس پایداری مجرا (ثابت، رسوب گذاری، فرسایشی) و ساختار رسوب‌های حمل شده (بار

بستری، بار معلق یا مخلوطی از هر دو) بود. رودخانه تلوار به دلیل این که سرشاخه‌های مهم و پرآبی را در نواحی بالادست ازجمله قروه و دهگلان دریافت می‌کند، یکی از رودخانه‌هایی است که همواره سیل‌خیز بوده و همه ساله خسارت‌هایی را متوجه زمین‌های کشاورزی اطراف بستر خود می‌کند. این رودخانه با تغییر مسیر خود در بستر و ایجاد فرسایش کناری زمین‌های اطراف بستر را در معرض نابودی قرار می‌دهد و با توجه به اینکه کشاورزان منطقه از آب رودخانه برای کشاورزی استفاده می‌کنند از لحاظ اقتصادی برای آن‌ها اهمیت زیادی دارد. بنابراین طبقه‌بندی و تعیین حریم حدود بستر رودخانه و درنتیجه درک فرآیندهای موجود و شناخت مورفولوژیک آن ضروری می‌باشد. در زمینه مطالعه و بررسی مجرای رودخانه و طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس ویژگی-های مورفولوژیکی، پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: بورگ (۲۰۰۴) در مقاله خود رابطه بین الگوهای رودخانه‌ای و ویژگی‌های درونی کانال را در رودخانه رنوس در کانادا بررسی کرد. نتایج کار او نشان داد که مشخصه‌های رودخانه‌های چند کاناله متفاوت از رودخانه‌های تک کانال هستند. سینگ کانگ (۲۰۰۷) در مطالعهٔ تأثیر شهرنشینی روی مورفولوژی مجرای سه رودخانه در سنترال ردبد پلینزاوکلاهاما، در بخشی از کار خود پس از جمع‌آوری داده‌های مقاطع عرضی و شاخص‌های مورد نیاز، به ارزیابی نوع مجرا بر اساس طبقه‌بندی رزگن پرداختند. زاویجسکا و وایزگا (۲۰۱۰) به بررسی تغییرات کانال در قرن۲۰ در رودخانه دوناجک در جنوب لهستان پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که رودخانه در قسمت‌های پایین در فاصله اوایل قرن ۲۰ بسیار تنگ شده بود. ضمن آن اختلافات قابل ملاحظه‌ای در مسیر کانال تحت‌تأثیر اثرات انسانی، شرایط ژئومورفولوژیکی و اکولوژیکال محلی به وجود آمده است. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم‌آباد با استفاده از Auto Cad، RS وGIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که درمحدوده مورد مطالعه تعداد ۱۷ مئاندر از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۷۷ حذف شده و تعداد مئاندرها از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۴ از ۵۱ به ۵۳ افزایش یافته است. طالبی و بایزیدی (۱۳۸۷) نیز به بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانهٔ سبزکوه پرداخته و طبقه بندی رزگن را در سطوح یک و دو انجام دادند. آنها ۴/۷ کیلومتر از رود را از نوعD۳ و ۲ کیلومتر از رود را دارای تیپ B۳ دانستند. یمانی و تورانی (۱۳۹۳) به طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراههٔ طالقان رود در محدودهٔ شهرک طالقان از طریق روش رزگن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در بازهٔ مورد مطالعه، در بالادست پل-های شهرک دارای الگویD۳ بوده و در سراسر شهرک تا پل گلینک دارای الگویB۳C می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعات قبلی در سطح اول و دوم مدل رزگن انجام شده در این پژوهش مورفولوژی آبراهه رودخانه تلوار در بازه‌های مختلف توسط روش‌های مختلف استخراج و بر اساس مدل رزگن در سطح دوم و سوم مورد طبقه‌بندی و ارزیابی قرار گرفته است. هدف اصلی با توجه به جامعیت مدل، شناسایی و طبقه‌بندی بازه‌های مجرای رودخانه تلوار بر اساس آن و در نتیجه درک فرآیندهای موجود و شناخت مورفولوژیک آن است. ترانشه‌های رودخانه، ابعاد، الگو و مقاطع طولی و عرضی و مواد بستر در این سطح، به صورت کمی و در قالب نوع و شرایط جریان ارائه می‌شود.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه تلوار از سر شاخه‌های اصلی و مهم رودخانه قزل‌اوزن است که از تلاقی تعدادی رودخانه بزرگ

و کوچک واقع در نواحی قروه، دهگلان و بیجار کردستان و کبودرآهنگ همدان، تشکیل می‌گردد. شاخه‌های اولیه آن به نام‌های دهگلان، چلیک و هلیزآباد در جنوب روستای تلوار واقع در ۸ کیلومتری شمال شرق بخش دهگلان بهم پیوسته و این رودخانه را تشکیل می‌دهند سپس در جهت شمال شرق جریان یافته وضمن پیوستن رودخانه-های مهم دیگر به آن، وارد رودخانه قزل‌اوزن می-شود. آبدهی سالیانه آن در یک دوره ۲۳ ساله به طور متوسط ۲۵۸/۵ میلیون متر مکعب در سال بوده است. پهنه مورد مطالعه به طول ۱۵/۱ کیلومتر بخشی از رودخانه تلوار واقع در شرق استان کردستان است که در طول جغرافیایی۴۷ درجه، ۳۴ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۴۷درجه،۴۱دقیقه و ۳۰ثانیه شرقی و در عرض جغرافیایی۳۵درجه، ۲۲دقیقه و ۵۰ثانیه تا ۳۵درجه،۲۶دقیقه و۳۲ثانیه شمالی در حدفاصل روستاهای کچی‌گرد و حسن‌خان قرار گرفته است. در این محدوده دو ایستگاه هیدرومتری به نام‌های فرح‌آباد-باتیر و حسن‌خان وجود دارد که دارای آمار ۲۶ ساله هستند. در شکل۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان کردستان و حوضه آبریز رودخانه تلوار

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جهت طبقه‌بندی مورفولوژیکی رودخانه تلوار، ابتدا با پیمایش در امتداد محدوده مورد مطالعه مجموعه‌ای تقریبا یکنواخت از واحدهای ژئومورفیک مورد شناسایی و سپس با استفاده از GPS در سه مسیر بالادست، میانی و پایین‌دست محدوده مورد مطالعه بازه‌بندی شدند. سپس با استفاده از داده‌های دبی ایستگاه هیدرومتری حسن‌خان و فرح‌آباد-باتیر (دوره آماری ۲۶ساله) اقدام به محاسبه دوره‌های بازگشت سیلاب با فرمول تجربی فولر و نرم افزار Smada گردید. ضریب مانینگ بستر اصلی و سیلاب دشتها نیز پس از انجام عملیات میدانی و بازدیدهای صحرایی برای هر مقطع با استفاده از روش کاون تعیین شد. در این روش فرمولی که پیشنهاد شده به صورت زیر می باشد (تلوری، ۱۳۸۳):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, n_5$$

در این رابطه n ضریب زبری مانینگ، n_0 مقدار n برای کانال‌های مستقیم، یکنواخت و صاف، n_1مقدار تصحیح برای نامنظمی سطح کانال، n_2 مقدار تصحیح برای تغییرات در شکل و اندازه مقطع جریان، n_3 مقدار تصحیح برای موانع که در مسیر جریان قرار دارند، n_4 مقدار تصحیح برای تأثیر گیاه در سرعت جریان، n_5مقدار تصحیح برای

مئاندر در مسیر کانال. برای به دست آوردن قطر متوسط ذرات بستر رودخانه در بازه‌های مختلف، تعداد ۱۵ نمونه رسوب برداشت شد و در آزمایشگاه به روش الک دانه‌سنجی گردیدند. پس از اتمام دانه-سنجی و محاسبه مقادیر باقی مانده روی هر الک، درصد آنها نسبت به وزن کل نمونه سنجیده شد و نتایج آن برای طبقه‌بندی رزگن مورد استفاده قرار گرفت. ضریب خمیدگی نیز برای هر بازه از تقسیم طول مجرا (SL) به طول دره (VL) با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر گوگل ارث با دقت بالایی محاسبه گردید.

در مرحله بعد جهت شبیه سازی رودخانه و استخراج مشخصات مورفولوژیکی، ابتدا فایل اتوکدی پلان رودخانه با منحنی میزان‌های یک متر تهیه و در محیط اتوکد اقدام به تصحیح و انجام اصلاحات لازم بر روی آنها گردید سپس با فرمت شیپ(shp) در محیط نرم‌افزار ARC GIS10 باز شده و لایه TIN و DEM محدوده مطالعه تهیه گردید. آنگاه در محیط نرم افزار wms9.1 لایه TIN ، لایه رقومی مسیر رودخانه و کاربری‌اراضی باز شده و با دقت بسیار بالایی اقدام به استخراج مشخصات رودخانه شامل خطوط مقاطع عرضی، ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست، شیب و طول بازه‌ها گردید. برای تعیین دبی لبریز بازه‌ها، دبی با دوره بازگشت‌های مختلف بدست آمده از رابطه فولر و نرم افزار smada همراه با مقاطع تهیه شده به نرم افزار HEC-RAS داده شد و سپس بر اساس یکی از روش‌های تعیین بده مقطع پر(ترازی که در آن نسبت عرض به عمق در مقابل عمق در یک دستگاه متعامد به حداقل خود برسد) اقدام به تعیین دبی لبریز گردید. بر این اساس در هر مقطع عرضی منحنی تغییرات نسبت عرض به عمق جریان در مقابل عمق برای هر مقطع ترسیم و نقطه مینیمم بر روی منحنی به عنوان دبی مقطع پر انتخاب شد.

پس از تعیین این دبی در هر مقطع عرضی، با استفاده از آنالیز فراوانی، دبی مقطع پر برای کل رودخانه تعیین گردیده است. در نهایت با معرفی مشخصات جریان، مشخصات هندسی و ضریب مانینگ هر مقطع در نرم‌افزار HEC-RAS، شبیه-سازی جریان انجام گرفت و داده‌های مربوط به مقاطع عرضی و پروفیل‌های سطح آب شامل نسبت عرض به عمق، شاخص گود افتادگی بستر، مساحت مقطع عرضی در بده لبریز، عرض بده لبریز، حداکثر عمق، عرض دشت سیلابی و شیب سطح آب و ... محاسبه شدند. مراحل اجرای مدل HEC-RAS در شکل۳ نشان داده شده است.

طبقه‌بندی رودخانه بر اساس روش رزگن: طبقه-بندی رزگن به چهار سطح تقسیم می‌شود:

سطح یک (طبقه‌بندی کلی): خصوصیات مورفولوژی رودخانه را که از تلفیق اطلاعات مربوط به عوارض حوضه آبریز، لندفرم و مورفولوژی دره به دست می-آید بیان می‌کند. در این سطح، ابعاد و الگوها و نیمرخ‌های طولی و عرضی رودخانه‌ها برای ارائه مورفولوژی رودخانه در مقیاس کلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سطح دو (طبقه‌بندی توصیفی): در این سطح توصیف دقیق‌تری از مورفولوژی و نوع رودخانه که از اطلاعات صحرایی به دست آمده، ارائه می‌دهد. ترانشه‌های رودخانه، ابعاد، الگو و مقاطع طولی و عرضی و مواد بستر در این سطح به صورت کمی و در قالب نوع جریان ارائه می‌گردد. در این سطح، یک ارزیابی منطقی و کمی مورفولوژی به همراه اطلاعات ریزتر و دقیق‌تری برای کاربردهای مدیریتی مهیا می‌سازد.

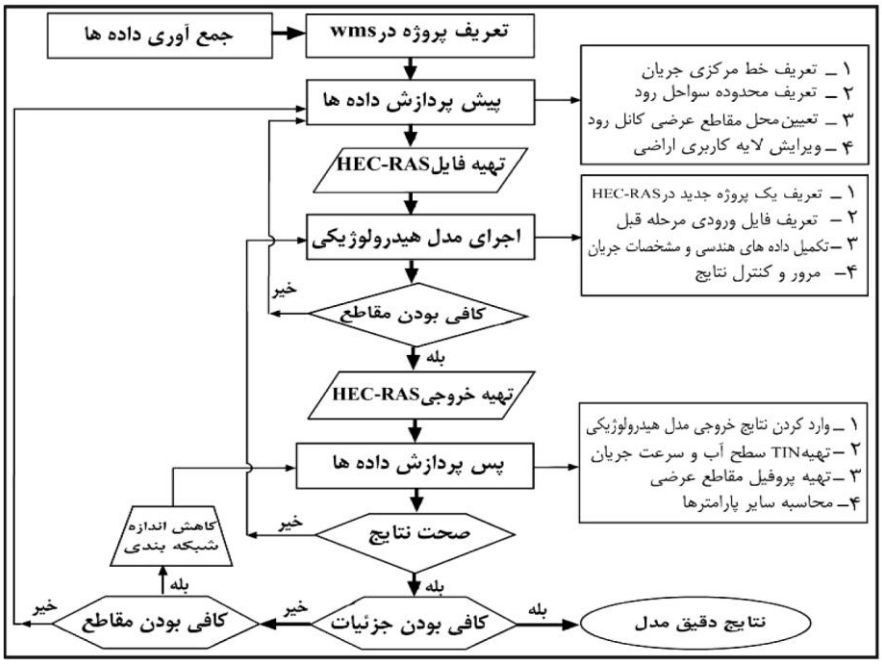
سطح سه (ارزیابی شرایط و حالت جریان): در این سطح، وضعیت موجود یا حالت جریان و آبراهه از جهت پایداری، قابلیت به روز رفتار عکس‌العملی رودخانه توصیف می‌گردد. در این سطح عوامل

میدانی بیشتری از رودخانه مورد ارزیابی قرار می-گیرد.

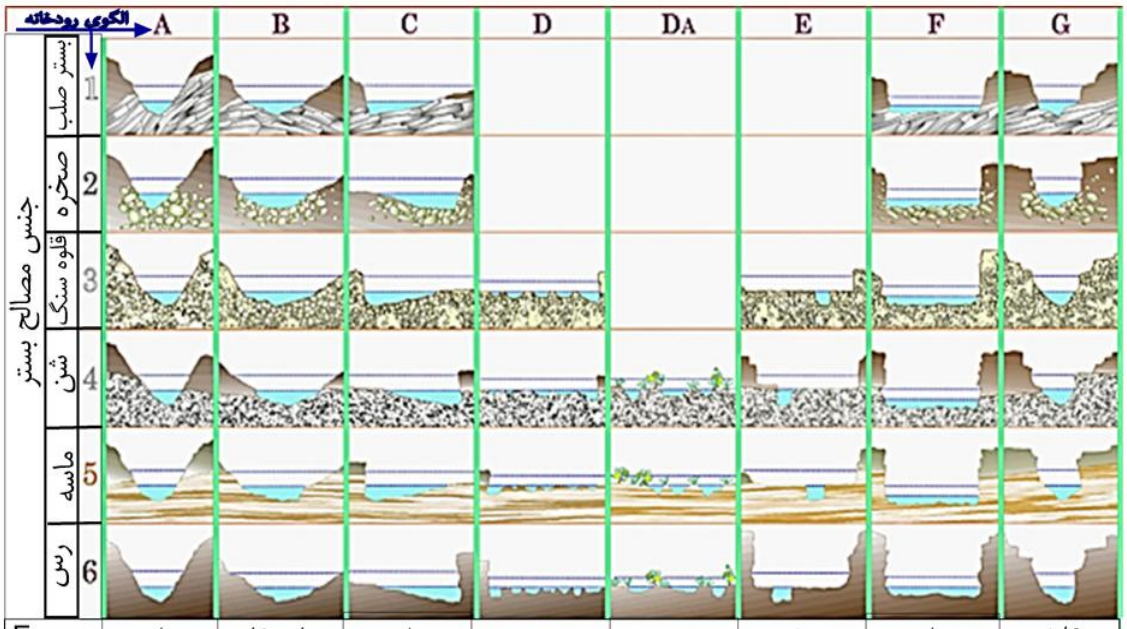
سطح چهار(تصدیق اطلاعات صحرایی): در این سطح اندازه‌گیری‌هایی برای تصدیق و تایید روابط مورفولوژی که از مرحله قبل استنباط شده، به کارگرفته می‌شود. در این صورت روابطی تجربی برای پیش‌بینی خصوصیات مورفولوژی مهیا می-گردد. (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱).

در این پژوهش ابتدا همه متغیرها بر اساس طبقه-بندی سطح دوم رزگن برای هر مقطع عرضی مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۴). با توجه به شکل شماره ۴، رودخانه‌ها در طبقه‌بندی سطح دوم به انواعی از A تا G بر اساس هفت ویژگی مجرا، شامل عمق متوسط بده لبریز، حداکثر عمق بده لبریز، عرض بده لبریز، عرض دشت سیلابی، ضریب انحنای مجرا، شیب متوسط مجرا (یا شیب سطح آب) و اندازه متوسط ذرات مجرا نام‌گذاری شده‌اند. پس از طبقه بندی از A تا G بسته به نوع مواد رسوبی بستر، بار دیگر به بخش‌های ریزتری شامل بسترهای رسی- سیلتی، بسترهای ماسه‌ای، بسترهای شنی، بسترهای قلوه‌سنگی، بسترهای سنگی و بسترهای قطعه‌سنگی طبقه‌بندی می-شوند. مراحل مختلف تعیین نوع رودخانه در سطح دو در شکل۲ نشان داده شده است. در ادامه نیز شرایط و حالت جریان در سطح سوم رزگن (جدول۱) برای تمام بازه‌ها ارزیابی گردید. با توجه به جدول۱، سه بخش رودخانه شامل سواحل بالایی، سواحل پایینی و کف رودخانه بر اساس ۱۵ پارامتر و شاخص‌های آن همراه با پیمایش‌های میدانی در بازه‌های مورد مطالعه ارزیابی شدند و در نهایت شرایط جریان در چهار حالت عالی، خوب، متوسط و ضعیف مشخص گردید.

شکل۲: مراحل تعیین نوع رودخانه در سطح دو رزگن



شکل۳: مراحل اجرای مدل HEC-RAS



	A	B	C	D	DA	E	F	G
نسبتE	<۱/۴	۱/۴-۲/۲	>۲/۲	n/a	>۴	>۲/۲	<۱/۴	<۱/۴
نسبت عرض به عمق	<۱۲	>۱۲	>۱۲	>۴۰	<۴۰	<۱۲	>۱۲	<۱۲
ضریب انحنا	۱-۱.۲	>۱/۲	>۱/۲	n/a	متغیر	>۱/۵	>۱/۲	>۱/۲
شیب	۰/۰۴-۰/۰۹۹	۰/۰۲-۰/۰۳۹	<۰/۰۲	<۰/۰۴	<۰/۰۰۵	<۰/۰۲	<۰/۰۲	۰/۰۲-۰/۰۳۹

شکل۴: طبقه‌بندی مورفولوژیکی مجرای رودخانه بر اساس طبقه‌بندی سطح دو رزگن (Rosgen, 1994)

جدول۱: معیارهای ارزیابی شرایط پایداری رودخانه در سطح سوم رزگن (Rosgen,1996)

امتیاز	خوب	امتیاز	عالی	رده		
۴	گرادیان شیب ۴۰-۳۰ درصد	۲	گرادیان شیب کمتر از۳۰درصد	۱	شیب لندفرم	Upper banks
۶	نادر	۳	بدون شواهد	۲	حرکات توده ای	
۴	ریزش کم با اندازه های کوچک	۴	اساسا وجود ندارد	۳	پتانسیل ریزش سنگ	
۶	تراکم بوته ۹۰-۷۰ درصد ونسبتا شدید	۵	تراکم بوته ۹۰درصد و شدید	۴	پوشش گیاهی سواحل	
۲	مناسب، سر ریز نادر، نسبت W/D ۱۵-۸	۱	زیاد، جریان پیک، نسبت W/D کمتر از۷	۵	ظرفیت کانال	Lower banks
۴	تخته سنگ کوچک ۶۵-۴۰ درصد، اندازه ۱۲-۶ اینچ	۲	تخته سنگ های بزرگ زاویه ای ۶۵ درصد و بیشتر	۶	اندازه سنگ ساحل	
۴	درحدی که باعث جریان سایشی شود	۲	سنگها	۷	موانع جریان	
۶	درحد خمیدگی، ۱۲ اینچ	۴	عدم برش یا خیلی کم، کمتر از۶ اینچ	۸	برش	
۸	کم، همراه با کمی شن درشت	۴	کم یا بدون پوینت بار	۹	رسوبگذاری	
۲	گوشه های گرد و لبه دار	۱	لبه تیز و گوشه دار	۱۰	زاویه سنگ	Bottom
۲	سطوح کدر بیشتر، سطوح روشن درحدود ۳۵ درصد	۱	سطوح کدر، تاریک	۱۱	روشنایی	
۴	متوسط با کمی تداخل	۲	کم، اندازه های گوناگون	۱۲	انسجام ذرات	
۸	تعیر اندازه متوسط، ۸۰-۵۰ درصد بستر پایدار	۴	بدون تغییر اندازه مشهود، ۱۰۰-۸۰ درصد بستر پایدار	۱۳	ابعاد اندازه بستر	
۱۲	۳۰-۵ درصدکف *تحت تاثیر سایش*	۶	کمتر از ۵۰ درصد کف *تحت تاثیر سایش*	۱۴	فرسایش و رسوب	
۲	معمول، اشکال جلبک	۱	فراوان، خزه	۱۵	پوشش گیاهی آبی	
امتیاز	**ضعیف**	**امتیاز**	**متوسط**	**رده**		
۸	گرادیان شیب بیشتر از ۶۵٪	۶	گرادیان شیب ۶۰-۴۰ درصد	۱	شیب لندفرم	Upper banks
۱۲	مکرر، باعث رسوب و خطر به طور منظم	۹	مکرر و یا بزرگ، باعث رسوب به طور منظم	۲	حرکات توده ای	
۸	متوسط تا سنگین، عمدتا اندازه بزرگتر	۶	متوسط تا سنگین، عمدتا در اندازه های بزرگ	۳	پتانسیل ریزش سنگ	
۱۲	تراکم بوته کمتر از ۵۰درصد و توان رشد ضعیف	۹	تراکم بوته ۷۰-۵۰ درصد با توان رشد کم	۴	پوشش گیاهی سواحل	
۴	نامناسب، سرریز معمول، نسبت W/D بیشتر از ۲۵ درصد	۳	جریان پیک نادر ، نسبت W/D ۲۵-۱۵	۵	ظرفیت کانال	Lower banks
۸	شن و سنگ بیشتر از ۲۰درصد، اندازه ۳-۱ اینچ	۶	قلوه سنگ ۴۰-۲۰ درصد، اندازه ۶-۳ اینچ	۶	اندازه سنگ ساحل	
۸	کم، پر شدن رسوب‌گیرها	۶	متوسط، حرکت با جریان بالا	۷	موانع جریان	
۱۶	تقریبا مداوم. بزرگتر از ۲۴ اینچ	۱۲	قابل توجه، برش ساحل اولیه ۲۴-۱۲ اینچ	۸	برش	
۱۶	گسترده، دانه ریز	۱۲	متوسط، شن های جدید و ماسه در بار رسوب	۹	رسوبگذاری	
۴	در همه ابعاد به خوبی گرد شده	۳	لبه ها و گوشه ها به خوبی گرد شده	۱۰	زاویه سنگ	Bottom
۴	عمدتا روشن. بیشتر از ۶۵٪	۳	ترکیب کدر و روشن بین ۶۵-۳۵ درصد	۱۱	روشنایی	
۸	بدون جورشدگی مشهود، حرکت آسان	۶	جورشدگی کم، بدون تداخل	۱۲	انسجام ذرات	
۱۶	تغییر زیاد، پایداری بستر کمتر از ۲۰ درصد	۱۲	تغییر متوسط در اندازه ه، پایداری بستر ۵۰-۲۰ درصد	۱۳	ابعاد اندازه بستر	
۲۴	بیشتر از۵۰درصد کف به طور منظم تحت تاثیر سایش قرار دارد	۱۸	۵۰-۳۰ درصد کف *تحت تاثیر سایش*، پرشدگی حوضچه ها	۱۴	فرسایش و رسوب	
۴	کمیاب یا وجود ندارد	۳	نقطه ای، در مرداب‌ها، جلبک فصلی	۱۵	پوشش گیاهی آبی	

نتایج

پس از بازه‌بندی مسیر رودخانه با تکیه بر بازدیدهای میدانی و سپس ورود داده‌های مورد نیاز به محیط نرم‌افزارهای WMS9.1 و HEC-RAS و اجرای مدل هیدرولوژیکی، ویژگی‌های هندسی۳۰ مقطع عرضی از کل مقاطع در تمام بازه‌های مسیر مورد مطالعه استخراج و کلیه پارامترهای مورد نیاز جهت طبقه‌بندی و شناسایی ژئومتری مجرا در آن بازه‌ها محاسبه گردید (جداول ۳،۴و۵). ابتدا کلیه پارامترهای شاخص گودافتادگی بستر(نسبت E)،

نسبت عرض به عمق، مساحت مقطع عرضی در بده لبریز، عرض بده لبریز، 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 دو رزگن مورد استفاده قرار گرفتند (جداول ۳،۴و۵). طبق مطالعات میدانی به عمل آمده رودخانه تلوار 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 درشت دانه قرار می‌گیرند، در نتیجه ذرات ماسه بین ذرات شنی گیر کرده و موجب تحکیم بستر می‌گردند، این رسوبات از نوع ماسه‌ای می‌باشند ولی در زمستان به دلیل وجود سیلاب، ذرات ریز به همراه سیل از جا کنده شده و ذرات درشت در کف بستر باقی می‌مانند بنابراین نوع رسوبات موجود درکف رودخانه تلوار از نوع شنی-ماسه‌ای می‌باشند. برای به دست آوردن اندازه متوسط مواد مجرا، در مسیر رودخانه در فواصل مختلف تعداد ۱۵ نمونه برداشت شد و در آزمایشگاه دانه‌سنجی گردیدند (جدول۲). طبق داده‌های بدست آمده بیشترین درصد ذرات در طول مسیر رودخانه را شن دانه درشت به میزان ۳۴/۱ و شن دانه ریز به میزان ۲۵/۶ تشکیل می‌دهند که برای طبقه‌بندی رزگن ملاک ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به نتایج به دست آمده در جداول مذکور، کل بازه‌های مسیر مورد مطالعه در یکی از انواع B، C، D و E قرار گرفتند. شاخص گودافتادگی نشان‌دهنده وضعیت شکل مقطع از جهت فرورفتگی عمقی بستر و یا گسترش در سیلابدشت می‌باشد و این شاخص به صورت نسبت عرض پهنه سیلاب در ارتفاعی معادل عمق دو برابر حداکثر عمق بده لبریز به عرض سطح آب متناظر بده لبریز تعریف می‌شود (معاونت برنامه-ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱). 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 بده لبریز به متوسط عمق آب متناظر در بده لبریز، این شاخص معرف شکل رودخانه است (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱) دامنه تغییرات نسبت عرض به عمق در E کمتر از ۱۲، درD بزرگتر از ۴۰ و در نوعC و B بزرگتر از ۱۲ است. اندازه شاخص ضریب انحنا برای رودخانه-های مستقیم کمتر از ۱/۰۵، برای رودخانه‌های سینوسی بین ۱/۰۵ تا ۱/۵ و برای رودخانه‌های پیچانرودی بیشتر از ۱/۵ است (مونت، ۲۰۰۱). با توجه به این مطلب، کل بازه‌های رودخانه تلوار در رده سینوسی و پیچانرودی قرار می‌گیرند.

جدول۲: نتایج دانه‌سنجی رسوبات بستر رودخانه تلوار

نام ذرات	قطر ذرات	درصد ذرات	درصد تجمعی
ماسه خیلی ریز و سیلت	۱۴۹میکرون	۴/۱	۴/۱
ماسه ریز	۲۱۰ میکرون	۹/۵	۱۳/۶
ماسه درشت	۵۹۵ میکرون	۱۵/۲	۲۸/۸
شن ریز	۲/۳ میلی متر	۲۵/۶	۵۴/۴
شن درشت	۷/۶ میلی متر	۳۴/۱	۸۸/۵
قلوه سنگ	۵۰/۸ میلی متر	۱۱/۳	۹۹/۸

جدول۳: ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه تلوار در مسیر بالادست محدوده مورد مطالعه

مسیر رودخانه	بازه	شماره مقاطع نقشه	فاصلا از پایین دست km	دبی لبریز	مساحت بده لبریز	عرض بده لبریز	حداکثر عمق	متوسط عمق	عرض دشت سیلابی	نسبت E	نسبت عرض به عمق	ضریب خمیدگی	شیب	طبقه-بندی رزگن
بالا-دست	۱	۴	۱۴/۹۰	۳/۵۸	۲/۰۴	۶/۲	۰/۴۷	۰/۳	۲۲	۲/۳۷	۲۰/۶	۱/۳۱	۰/۰۱۶	C4
	۲	۱۲	۱۴/۴۱	۵/۶۲	۲/۹۸	۸/۶۵	۰/۳۹	۰/۲۱	۱۹	۱/۹۱	۴۱/۱	۱/۴۴	۰/۰۱۸	B4c
	۳	۲۷	۱۳/۹۰	۹/۱۲	۴/۱۱	۱۰/۳	۱/۳۶	۰/۹۸	۱۵	۲/۲۸	۱۰/۵	۱/۵۳	۰/۰۱۷	E4
	۴	۳۵	۱۳/۳۸	۲/۳۶	۱/۸۸	۹/۴۱	۰/۸۵	۰/۶۱	۴۶	۲/۷۶	۱۵/۸	۱/۴۷	۰/۰۱۴	C4
	۵	۴۳	۱۲/۸۸	۱۱/۲	۵/۶۶	۱۴/۳۵	۰/۶۳	۰/۴۶	۵۷	۳/۱	۳۱/۱	۱/۴۱	۰/۰۲۲	C4b
	۶	۵۶	۱۲/۴۲	۱۸/۲۴	۷/۹	۱۷/۵۴	۰/۷۱	۰/۵۴	۱۵	۱/۱۷	۳۲/۴	۱/۲۳	۰/۰۱۸	B4c
	۷	۶۲	۱۱/۸۶	۱۹/۳۲	۹/۰۲	۱۵/۲۷	۰/۵۸	۰/۴۱	۷۲	۲/۶	۳۷/۲	۱/۳۷	۰/۰۲	C4b
	۸	۷۷	۱۱/۳۷	۲۰/۲۴	۹/۳۶	۱۴/۷۷	۰/۸۲	۰/۶۵	۴۸	۲/۷۵	۲۲/۷	۱/۳۱	۰/۰۱۱	C4
	۹	۸۴	۱۰/۸۶	۶/۳۲	۳/۴۱	۴/۸۹	۰/۳۵	۰/۱۸	۲۵	۲/۴۶	۴۳/۸	۱/۴۶	۰/۰۱۳	C4
	۱۰	۹۵	۱۰/۳۵	۱/۲۵	۰/۸۷	۲/۳	۰/۴۲	۰/۲۵	۳۱	۲/۲۲	۹/۲	۱/۵۳	۰/۰۱۲	E4

جدول۴: ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه تلوار در مسیر میان‌دست محدوده مورد مطالعه

مسیر رودخانه	بازه	شماره مقاطع نقشه	فاصلا از پایین دست km	دبی لبریز	مساحت بده لبریز	عرض بده لبریز	حداکثر عمق	متوسط عمق	عرض دشت سیلابی	نسبت E	نسبت عرض به عمق	ضریب خمیدگی	شیب	طبقه-بندی رزگن
میان-دست	۱۱	۱۰۶	۹/۸۷	۸/۲۷	۳/۶۹	۳/۹۸	۰/۳۷	۰/۲	۳۸	۲/۶۸	۱۹/۹	۱/۲۴	۰/۰۱۷	C4
	۱۲	۱۱۸	۹/۳۶	۱۴/۹	۶/۳۲	۱۵/۸۹	۱/۱	۰/۹۳	۵۳	۳/۹۲	۱۷/۰۸	۱/۳۶	۰/۰۲	C4b
	۱۳	۱۲۵	۸/۸۴	۱۵/۳۲	۶/۵۷	۸/۳	۱/۳	۰/۸۹	۴۹	۳/۱۵	۹/۳۲	۱/۴۹	۰/۰۲۷	E4b
	۱۴	۱۳۳	۸/۳۶	۸/۵۷	۴/۱۲	۵/۱۱	۰/۶۹	۰/۵۲	۶۴	۲/۳۱	۹/۸	۱/۴۵	۰/۰۱	E4c
	۱۵	۱۴۸	۷/۸۲	۹/۱	۴/۰۹	۱۰/۸	۰/۸۱	۰/۶۴	۲۹	۲/۳۲	۱۶/۸	۱/۲۷	۰/۰۱۹	C4
	۱۶	۱۵۹	۷/۳۳	۱۷/۵۸	۷/۲۱	۷/۴۷	۱/۰۲	۰/۵۵	۴۳	۲/۲۶	۱۳/۵	۱/۳	۰/۰۰۷	B4c
	۱۷	۱۶۷	۶/۸۵	۱۲/۰۴	۵/۸۹	۶/۳۲	۰/۶۸	۰/۵۱	۳۶	۲/۸	۱۲/۳	۱/۳۵	۰/۰۱۲	C4
	۱۸	۱۷۶	۶/۳۴	۱۸/۰۲	۸/۲	۹/۰۵	۰/۷۸	۰/۶۱	۶۳	۲/۲۴	۱۴/۸	۱/۵۷	۰/۰۰۹	E4
	۱۹	۱۸۳	۵/۸۷	۲۶/۳	۱۱/۲۵	۱۴/۵۶	۱/۴۲	۰/۳۶	۶۵	۱/۴۱	۴۰/۴	۱/۵	۰/۰۰۴	D4
	۲۰	۱۹۴	۵/۳۷	۶/۴۱	۳/۲	۶/۳۱	۰/۴۶	۰/۲۹	۲۹	۲/۸۲	۲۱/۷	۱/۲۱	۰/۰۱۱	C4

جدول۵: ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه تلوار در مسیر پایین‌دست محدوده مورد مطالعه

مسیر رودخانه	بازه	شماره مقاطع نقشه	فاصلا از پایین دست km	دبی لبریز	مساحت بده لبریز	عرض بده لبریز	حداکثر عمق	متوسط عمق	عرض دشت سیلابی	نسبت E	نسبت عرض به عمق	ضریب خمیدگی	شیب	طبقه-بندی رزگن
پایین-دست	۲۱	۲۰۸	۴/۸۴	۲۷/۱۴	۱۱/۶۳	۸/۶۵	۰/۹۴	۰/۶۷	۲۶	۲/۷۶	۱۲/۹	۱/۳۲	۰/۰۰۶	C4
	۲۲	۲۱۴۴	۴/۲۹	۴۴/۲	۱۵/۴	۲۶/۲۹	۱/۰۹	۰/۶۳	۱۰۲	۲/۵۹	۴۱/۷	۱/۳۱	۰/۰۰۷	D4c
	۲۳	۲۲۳	۳/۷۸	۱۹/۳	۹/۳۲	۸/۲۴	۰/۵۵	۰/۳۸	۵۹	۳/۳۷	۲۱/۶	۱/۱۹	۰/۰۱۱	C4
	۲۴	۲۳۷	۳/۲۷	۲۲/۰۱	۱۰/۰۱	۱۲/۹۸	۱/۱۸	۰/۳۱	۱۱۳	۲/۲	۴۱/۸	۱/۲۳	۰/۰۱۲	D4c
	۲۵	۲۴۴	۲/۷۶	۲۴/۱	۱۰/۶۳	۱۴/۶۴	۱/۳۲	۰/۸۵	۹۰	۲/۶۴	۱۷/۲	۱/۲۶	۰/۰۰۸	C4c
	۲۶	۲۵۳	۲/۲۲	۳۶/۱	۱۴/۲۶	۱۳/۵۸	۰/۴۷	۰/۶۱	۴۸	۲/۰۴	۲۲/۲	۱/۲۸	۰/۰۰۹	B4c
	۲۷	۲۶۶	۲/۷۱	۳۲/۹	۱۳/۲	۱۷/۲۸	۰/۹۱	۰/۷	۷۹	۲/۴۷	۲۴/۶	۱/۳	۰/۰۱۱	C4
	۲۸	۲۷۳	۲/۱۸	۴۷/۸	۱۶/۳۸	۲۹/۷	۰/۸۸	۰/۷۲	۹۴	۲/۹۱	۴۱/۲	۱/۲۷	۰/۰۰۸	C4b
	۲۹	۲۸۱	۰/۶۲	۲۵/۳	۱۰/۸۵	۱۰/۰۸	۱/۱۴	۰/۵۶	۵۴	۲/۲۹	۱۸	۱/۲۴	۰/۰۰۹	C4
	۳۰	۲۸۹	۰/۱۶	۵۱/۰۲	۱۷/۸۶	۳۰/۲۷	۱/۲۱	۰/۷۸	۱۱۴	۲/۲۷	۳۸/۸	۱/۳۳	۰/۰۰۸	C4

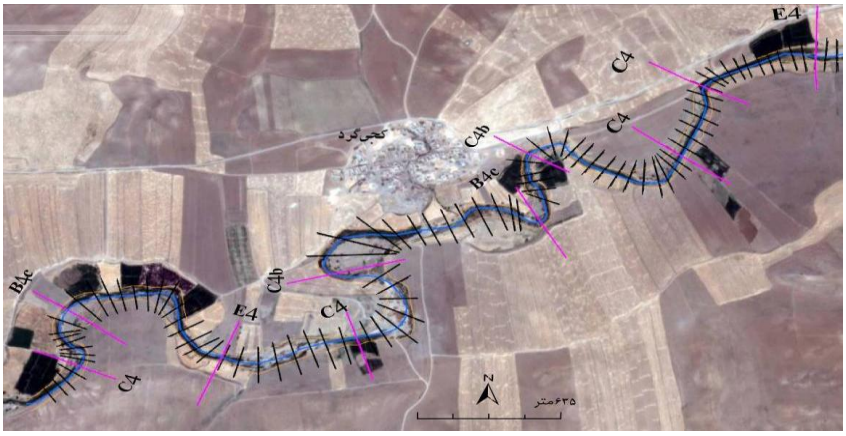
در ادامه با توجه به ویژگی‌های هندسی مقاطع عرضی و همچنین کارآیی مدل رزگن ضمن تشریح مجاری مشخص شده در آن، رودخانه تلوار و مجراهای مورد مطالعه آن به صورت بازه‌ای در ارتباط با مدل رزگن مورد بررسی، شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند و در شکل‌های ۵، ۶ و۷ با همپوشانی روی تصاویر Google Earth نشان داده شده‌اند.

تیپB: عمدتا دارای نسبت ER متوسط و شیبی کمتر از A هستند. بستر این مجاری ترکیبی از تندآب‌ها یا حوضچه‌های فرسایش نامنظم است. بستر (پروفیل) و کناره‌ها نسبتا پایدارند و سیستم حمل رسوب محدودی دارند. چهره غالب نواحی دارای این تیپ با ناهمواری متوسط و دره‌های باریک با شیب تدریجی است. بازه‌های ۲ و ۶ در بالادست، ۱۶ در قسمت میانی و ۲۶ در پایین دست مسیر مورد مطالعه دراین نوع از رودخانه‌ها قرار دارند.

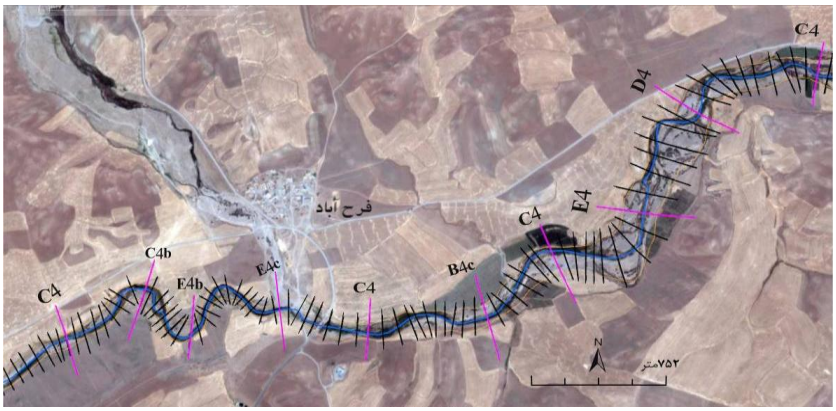
تیپC: دارای **ER** نسبی و شیب متوسط هستند. سیستم‌های مئاندری شکل داده شده با دشت سیلابی توسعه داده شده و نیز دارای پوینت‌بار است. آنها پایداراند و دارای بار رسوب و حمل محدودی هستند. اگر بستر شنی و ریزتر و مواد کناری داشته باشند، مستعد به شستشو، فرسایش و جابه‌جایی مئاندر هستند. همچنان که مواد بستر و کناره‌ها ریزتر می‌شود، درصد بیشتری از بار رسوب به صورت بار معلق در می‌آید. چهره مورفولوژیک غالب نواحی دارای این تیپ، دره‌های وسیع با تراس‌های آبرفتی مرتبط با دشت سیلابی است. بازه‌های ۱، ۴، ۵، ۷، ۸ و۹ در بالادست، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ در قسمت میانی و ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۲۸ و۳۰ در پایین دست مسیر مورد مطالعه دراین نوع از رودخانه‌ها جای گرفته‌اند.

تیپD: رودخانه‌های شریانی شده هستند که عمدتا سنگ بستر یا قطعات سنگی در بستر ندارند. این مجاری در امتداد دامنه وسیعی از شرایط مورفولوژیک و توپوگرافیک همچون مخروط‌های آبرفتی در دره‌های آبرفتی وسیع یا دره‌های آبرفتی با ناهمواری‌کم شکل می‌گیرند. مجاری آن دارای کرانه‌های فرسایش‌پذیر و بار سوب بالا هستند. چهره مورفولوژیک غالب نواحی دارای این تیپ دره-های وسیع با مخروط‌های آبرفتی و کلوویال است. بازه‌های ۱۴ در قسمت میانی و ۲۹ و ۲۴ در پایین دست مسیر مورد مطالعه دراین نوع از رودخانه‌ها جای گرفته‌اند.

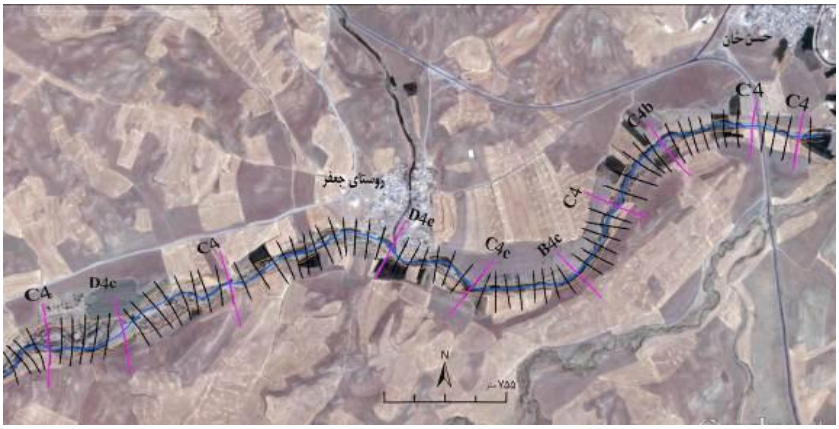
تیپE: این مجراها میزان بالایی از سینوسیتی را نشان می‌دهند و نسبت عرض به عمق پایینی دارند. این رودخانه‌ها پایدارند و یکی از دلایل آن، توسعه در دشت سیلابی با پوشش علفی متراکم در ساحل عمودی مجرا است. چهره مورفولوژیک غالب این نواحی تیپ دره‌های وسیع با چمنزار است. بازه‌های ۳ و۱۰ در بالادست، ۱۳، ۱۸ و ۱۹ در قسمت میانی مسیر مورد مطالعه دراین نوع از رودخانه‌ها قرار دارند.



شکل۵: طبقه‌بندی مقاطع و بازه‌های محدوده مورد مطالعه در مسیر بالادست بر اساس روش رزگن



شکل۶: طبقه‌بندی مقاطع و بازه‌های محدوده مورد مطالعه در مسیر میانی بر اساس روش رزگن



شکل۷: طبقه‌بندی مقاطع و بازه‌های محدوده مورد مطالعه در مسیر پایین دست بر اساس روش رزگن

معیارهای ارائه شده در سطح دو ارزیابی مورفولوژی، در واقع قالب فیزیکی آبراهه را معرفی می‌کند که نمود کاملی از وضعیت موجود روند مورفولوژی آن می‌باشد. عوامل متعددی در رابطه با مسایل هیدرولوژی، زیستی، اکولوژی و انسانی بر روی وضعیت موجود مورفولوژی رودخانه تاثیرگذار است. سطح سه تاثیر جمعی عوامل فوق را بر قالب مورفولوژی مورد تحلیل قرار می‌دهد. برای تشریح سطح سه، مفهوم پایداری و پتانسیل رودخانه را باید مورد توجه قرار داد. پایداری یک آبراهه از نظر

مورفولوژی، توانایی آبراهه در حفظ شرایط موجود و باقی ماندن بر آن در طی زمان و از جمله حفظ ابعاد، الگو و مقاطع آن می‌باشد، به نحوی که رودخانه نه رسوب گذار و نه در حالت کف‌کنی باشد. رودخانه پایدار قادر به حمل رسوب بدون ایجاد اثرهای نامطلوب بر جریان و رسوب حوضه است. پتانسیل رودخانه، شرایط مطلوب رودخانه و روند عملکرد آن را دگرگون می‌سازد. تغییر در بده جریان، رژیم جریان، کاربری اراضی درداخل حوضه آبریز و احداث سازه‌های رودخانه‌ای از مهم‌ترین عوامل دگرگونی پایداری می‌باشد. عکس‌العمل و پاسخ رودخانه در برابر دگرگونی‌های ایجاد شده بستگی به نوع رودخانه دارد. هر نوعی از رودخانه مطابق با دسته بندی‌های 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 رزگن برای محدوده مورد مطالعه در جداول ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است. در این ارزیابی، مجموع امتیازات هرچه کمتر باشد رودخانه پایدارتر و هرچه بیشتر باشد ناپایدارتر است (رزگن،۱۹۹۶). با توجه به جدول شماره ۶، در مسیر بالادست محدوده مورد مطالعه بازه ۱۰ در سطح عالی و بازه‌های ۱، ۲، ۴، ۷ و ۸ در سطح خوب دارای شرایط پایدارتری نسبت به سایر بازه‌ها هستند و مجموع امتیازهایی که کسب کرده‌اند به ترتیب ۴۲ و ۷۴ می‌باشد. شرایط جریان در بازه‌های ۳، ۶ و ۹ در سطح متوسط و در بازه ۵ نیز در سطح ضعیف می‌باشد که دارای شرایط ناپایدارتری هستند. در مسیر میان دست محدوده مورد مطالعه که نتایج ارزیابی آن در جدول ۷ ارایه شده، بازه ۱۲ درسطح خوب و پایدارتر است و بازه-های ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۶ و ۱۷ در سطح متوسط هستند که پایداری کمتری دارند. بازه‌های ۱۵، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ نیز در سطح ضعیف و شرایط ناپایدار می-باشند. در مسیر پایین‌دست محدوده مورد مطالعه نیز (جدول۸) بازه‌های ۲۱ و ۲۳ در سطح ضعیف و شرایط ناپایداری هستند. بازه‌های ۳، ۶ و ۹ در سطح متوسط و بازه‌های ۲۵، ۲۶، ۲۷ و۳۰ نیز در سطح خوب و دارای شرایط پایدارتری هستند.

جدول۶: نتایج ارزیابی شرایط پایداری بازه‌های مسیر بالادست محدوده مورد مطالعه در سطح سوم رزگن

مسیر رودخانه	بازه	شرایط پایداری					مجموع امتیازات	بازه	شرایط پایداری					مجموع امتیازات
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف				عالی	خوب	متوسط	ضعیف		
بالادست	۱		*				۷۸	۶			*			۸۸
	۲		*				۷۴	۷		*				۷۶
	۳			*			۹۴	۸		*				۸۲
	۴		*				۸۲	۹			*			۹۴
	۵				*		۱۲۲	۱۰	*					۵۲

جدول۷: نتایج ارزیابی شرایط پایداری بازه‌های مسیر میان‌دست محدوده مورد مطالعه در سطح سوم رزگن

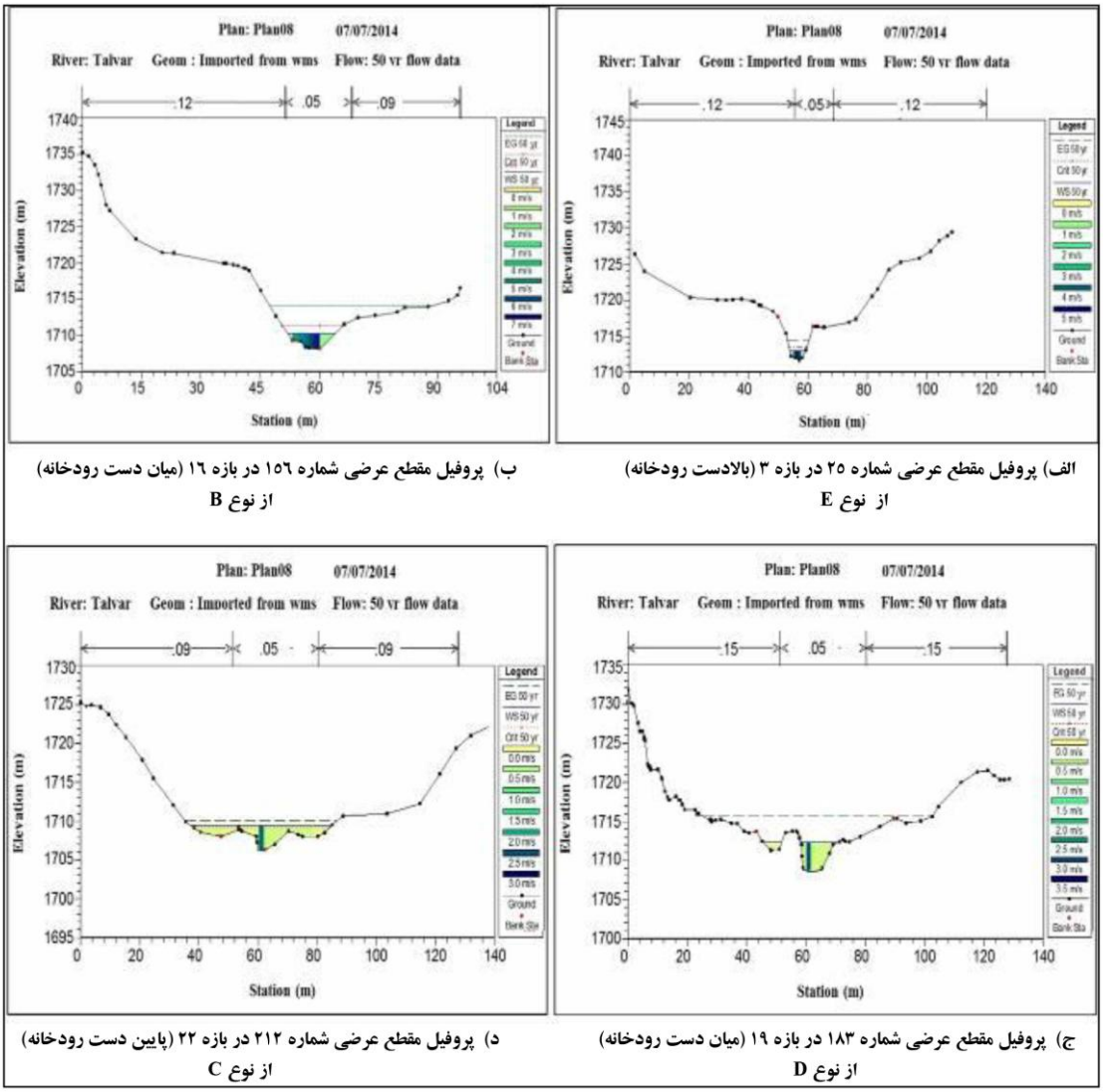
مسیر رودخانه	بازه	شرایط پایداری					بازه	مجموع امتیازات	شرایط پایداری					مجموع امتیازات
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف				عالی	خوب	متوسط	ضعیف		
میان-دست	۱۱			*			۱۶	۱۱۲			*			۱۱۴
	۱۲		*				۱۷	۷۶			*			۱۱۷
	۱۳			*			۱۸	۱۱۸				*		۱۳۹
	۱۴			*			۱۹	۱۲۶				*		۱۴۶
	۱۵				*		۲۰	۱۳۰				*		۱۲۸

جدول۸: نتایج ارزیابی شرایط پایداری بازه‌های مسیر پایین‌دست محدوده مورد مطالعه در سطح سوم رزگن

مسیر رودخانه	بازه	شرایط پایداری					بازه	مجموع امتیازات	شرایط پایداری					مجموع امتیازات
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف				عالی	خوب	متوسط	ضعیف		
پایین-دست	۲۱				*		۲۶	۱۳۶				*		۸۶
	۲۲				*		۲۷	۱۲۴				*		۸۹
	۲۳			*			۲۸	۱۰۸			*			۱۱۲
	۲۴			*			۲۹	۱۰۳			*			۱۰۲
	۲۵		*				۳۰	۷۹		*				۹۲

بر طبق گفته وارد (۲۰۰۸) ممکن است مجرایی کاملاً با داده‌های طبقه‌بندی رزگن مطابقت نداشته باشد. مقاطع عرضی انواع مختلف بازه‌های رودخانه و طبیعت آنها در طبقه‌بندی رزگن، نشان می‌دهد که به طور کلی پس از ترسیم مقاطع و پروفیل‌های سطح آب در دبی لبریز و دشت سیلابی، بیشتر مجراها به خوبی با این طبقه‌بندی سازگارند و در تعداد کمی نیز تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه پارامترها وجود دارد که ناشی از شرایط خاص عوامل تاثیرگذار به صورت محلی هستند. شکل۸ پروفیل تعدادی از مقاطع عرضی و میزان انطباق آن‌ها با مقاطع عرضی پیشنهادی رزگن را نشان می‌دهد. در مقطع عرضی (الف) الگوی جریان از نوع E، نسبت گودافتادگی زیاد است و نسبت عرض به عمق خیلی کم است. دارای درجه حساسیت به آشفتگی زیاد، پتانسیل احیای خوب و پتانسیل فرسایش کناره‌ها زیاد است. در مقطع عرضی (ب) الگوی جریان از نوع B، نسبت گود افتادگی بستر و نسبت عرض به عمق در حد متوسط است. همچنین درجه حساسیت به آشفتگی، پتانسیل احیا و پتانسیل فرسایش کناره‌ها نیز در حد متوسط است. در مقطع عرضی (ج) الگوی جریان از نوع D، نسبت عرض به عمق زیاد و نسبت گودافتادگی بستر متغیر است. دارای درجه حساسیت به آشفتگی خیلی زیاد، پتانسیل احیای کم و پتانسیل فرسایش کناره‌ها زیاد است. و در مقطع عرضی (د)

الگوی جریان از نوع C، نسبت گودافتادگی بستر زیاد و نسبت عرض به عمق خیلی زیاد است. دارای درجه حساسیت به آشفتگی زیاد، پتانسیل احیای خوب و پتانسیل فرسایش کناره‌ها خیلی زیاد است. در نتیجه می‌توان پیش‌بینی کرد که تغییرات احتمالی که درآینده صورت می‌گیرد، بیشتر در محدوده بازه‌های ازنوع C و D خواهد بود. با توجه به اینکه اطراف این منطقه را زمین‌های کشاورزی پوشانده و ساخت و سازهای روستاییان در حریم رودخانه رو به افزایش است، لذا ناپایداری بستر رودخانه در این بخش تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت وسازهای اطراف شمرده می‌شود. با توجه به این مسئله لازم است اقدامات ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی انجام گیرد.



الف) پروفیل مقطع عرضی شماره ۲۵ در بازه ۳ (بالادست رودخانه) از نوع E

ب) پروفیل مقطع عرضی شماره ۱۵۶ در بازه ۱۶ (میان دست رودخانه) از نوع B

ج) پروفیل مقطع عرضی شماره ۱۸۳ در بازه ۱۹ (میان دست رودخانه) از نوع D

د) پروفیل مقطع عرضی شماره ۲۱۲ در بازه ۲۲ (پایین دست رودخانه) از نوع C

شکل ۸: نمونه‌هایی از مقاطع عرضی رودخانه تلوار در بازه‌های مختلف محدوده مورد مطالعه

نتیجه گیری

بر مبنای شاخص‌های مورفولوژیکی، جنس رسوبات و شرایط جریان در سطح دوم و سوم رزگن چهار تیپ مجرا شامل B، C، D و E در محدوده مورد مطالعه شناخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفتند. مجراهای مورد مطالعه دارای مقادیر مختلفی از منظر پارامترهای مؤثر در مدل شامل پارامترهای نسبت گودافتادگی بستر، ضریب خمیدگی، نسبت عرض به عمق و اندازه مواد مجرا و.. است. بررسی مورفولوژیکی مجراهای نوع B در ارتباط با ارزیابی میزان مطابقت و کارایی مدل رزگن 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 رزگن و طبقه‌بندی بر اساس آن با وجود تفاوت‌های جزئی در پارامتر شیب مناسب است. مجراهای نوع C، الگوی جریانی بینابینی دارند که شواهد مورفولوژیک غالب آن همچون بسترهای مئاندری با سینوسیتی بالا، دره‌های سیلاب دشتی و نیز سطوح پوینت‌بار در دامنه شیب کمتر از سایر بازها، تاییدکننده کارایی مدل رزگن در این بازه‌ها است. مجراهای نوع D تعدد شریان و نیز پوشش گیاهی به ویژه در محدوده‌هایی چشمگیر بوده و مواد بستر و کرانه‌ها فرسایش پذیرند. خصوصیات این بازه‌ها نشان دهنده مطابقت آن‌ها با مدل رزگن است. در مجراهای نوع E نیز دره‌های وسیع با مصالح آبرفتی، مجرای پایدار و پوشش علفی متراکم نشان‌دهنده مطابقت آن‌ها با مدل رزگن است. ناپایداری زیاد بستر رودخانه در محدوده بازه-های ازنوع C وD تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت و سازهای 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. نتایج ارزیابی رودخانه تلوار بر اساس سیستم طبقه‌بندی رزگن در سطح دو و سه نشان داد که الگوهای مجرای موجود در رودخانه تلوار و به تبع آن پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراها با سیستم رزگن مطابقت دارند. با این اوصاف تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه پارامترها وجود دارد که ناشی از شرایط خاص عوامل تاثیرگذار به صورت محلی هستند. با تمامی این موارد سیستم رزگن در ارتباط با شناخت مورفولوژیک رودخانه تلوار و سیستم‌های فلویال مشابه پاسخگو است که از دلایل این امر می‌توان به شریط اقلیمی پویای منطقه و داخل‌کردن پارامترهای تاثیرگذار متعدد در مدل رزگن در بررسی رودخانه‌ها اشاره کرد. بنابراین این مدل توانایی پیش بینی کمی ژئومورفیکی رودخانه تلوار و رودخانه‌های با شرایط مشابه را دارد. این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از مجرای رودخانه، می‌تواند در توسعه طرح‌های مهندسی، بحث‌های مدیریتی و احیای رودخانه مورد استفاده قرار گیرد. در واقع طبقه‌بندی رودخانه تلوار در محدوده مورد مطالعه بر اساس سیستم طبقه‌بندی سطح دو و سه رزگن، یک ارزیابی منطقی است که اطلاعات ریزتر و دقیق‌تری را برای کاربردهای مدیریتی فراهم می‌کند.

منابع

-بریچ، ج. اس.، ۱۳۸۷. رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی، جلد اول، دینامیک و فرآیندها، ترجمه محمد حسین رضایی مقدم و مهدی ثقفی، تهران، انتشارات سمت، ۴۷۴ص.

-تلوری، ع.، ۱۳۸۳. اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، پژوهشکده حفاظت خاک و آب خیزداری (وزارت جهاد کشاورزی)، ۴۵۴ص.

-طالبی، ل. و بایزیدی، ش.، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از طبقه-بندی Rosgen (مطالعه موردی رودخانه سبزکوه)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه صنعت آب وبرق، ص ۱-۹.

-معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی.،۱۳۹۱. راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها، نشریه شماره ۵۹۲، ص ۱- ۶۶.

-معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی.، ۱۳۹۲. راهنمای شکل هندسی مقطع و راستای رودخانه، نشریه شماره ۶۴۳، ص۱-۱۲۰.

- مقصودی، م.، شرفی، س. و مقامی، ی.، ۱۳۸۹. روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم آباد با استفاده از RS، GIS و Auto Cad، مدرس علوم انسانی-برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۳ (پیاپی۶۸)، ص۲۷۵-۲۹۴.

-یمانی، م. و تورانی، م.، ۱۳۹۳. طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراههٔ طالقان‌رود در محدودهٔ شهرک طالقان از طریق روش رزگن، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، ص۱۸۳-۱۹۸.

-Bertrand, F. and Papanicolaou, A. N., 2009. Effects of Freezing and Thawing Process on Bank Stability, World Environmental and Water Resources Congress, Great Rivers, New Mexico, v. 42, p. 63-74.

-Burge, M. L., 2004. Testing links between river patterns and inchannel characteristics using MRPP and ANOVA, Gomorphology, v. 63, p. 115-130.

-Christner, T. W., 2009. An Assessment of Land Use Impacts on Channel Morphology in a Western Minnesota Watershed, ProQuest, A Ph.D Thesis, Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota, 182 p.

-Gregory, K. J., 2006. The human role in changing river channels, Journal of Geomorphology, v. 79, p. 84-103.

-Minghui, Y., Hongyan, W., Yanjie, L. and Chunyan, H., 2010. Study on the Stability of Noncohesive River Bank, International Journal of Sediment Research, v. 25(4), p. 391–398.

-Mount, J. F., 1995. California Rivers and Streams- The Conflict between Fluvial Process and Land Use, University of California Press, Berkeley, California, p. 218-241.

-Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. and Bussettini, M., 2012. A method for the Assessment and Analysis of the Hydromorphological Condition of Italian Streams, The Morphological Quality Index (MQI), Geomorphology, v. 180, p. 96-108.

-Rosgen, D. L., 1994. A Classification of Natural Rivers, Catena, v. 22, p.169-199.

-Rosgen, D. L., 1996. Applied River Morphology, Wildland Hydrology Books, Pagosa Springs, Colorado, p. 1-486.

-Schumm, S. A., 2005. River Variability and Complexity, First Published, Cambridge University Press, Published in the United States of America, 469 p.

-Singh Kang, R., 2007. Effects of Urbanization on Channel Morphology of Three Streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma, Ph.D Thesis, the Faculty of the Graduate College of

Oklahoma State University, 234 p.
-Tokaldany, E. A., Darby, S. E. and Tosswell, P., 2007. Coupling Bank Stability and Bed Deformation Models to Predict Equilibrium Bed Topography in River Bends, Journal of Hydraulic Engineering, v. 133(10), p. 1167-1170.
-Ward, A., D'Ambrosio, J. L. and Mecklenburg, D., 2008. Stream Classification, The Ohio State University, Fact Sheet Agriculture and Natural Resources, 445 p.
-Zawiejskam, J. and Wyzga, B., 2010. Twentieth-century channel change on the Dunajec river southern Poland, pattern causes and controls, Geomorphology, v. 117, p. 234-246.