

بررسی مناطق آسیب‌پذیر رودخانه کشکان از طریق طبقه‌بندی آبراهه به روش رزگن (مورد مطالعه: بازه پایین دست حوضه شیروآوند)

فاطمه گراوند - دانش آموخته کارشناسی ارشد هیدرولوژی و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران.
سید موسی حسینی* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
منصور جعفر بیگلو - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
پریسا پیرانی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۷/۱۹

چکیده

تاکنون طرح‌های طبقه‌بندی متعددی با توجه به شرایط ژئومورفیک رودخانه انجام شده که نشان دهنده تنوع موقعیت‌های محیطی است. تداوم فراسایش کناره‌ای هر ساله موجب تخریب اراضی کشاورزی، تأسیسات ساخلی، پل‌ها و اماکن مسکونی و عمومی می‌شود. بنابراین جهت سازماندهی و مدیریت رودخانه، بررسی مورفولوژی رودخانه ضروری است. حوضه آبریز رودخانه کشکان واقع در استان لرستان دارای پتانسیل بالای سیل خیزی می‌باشد. در این پژوهش، طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی با استفاده از سیستم طبقه‌بندی رزگن برای بازه‌ای به طول ۱۵ کیلومتر از رودخانه کشکان در سطح I و II انجام شده است. در سطح I، طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، بازدیدهای میدانی و بررسی نقشه‌ها انجام و نهایتاً رودخانه برطبق طبقه‌بندی هشتگانه رزگن طبقه‌بندی شد. در سطح II، برای محاسبه پارامترهای مورفولوژیکی از نقشه رقومی ۱:۱۵۰۰ ابتدا TIN منطقه تهیه و موقعیت رودخانه بر روی آن مشخص شد. مقاطع عرضی و سایر لایه‌های موردنیاز توسط الحاقیه- HEC-geo-RAS ترسیم و به نرم‌افزار HEC-RAS منتقل و با اجرای مدل پارامترهای موردنیاز اندازه-گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بخش ابتدایی بازه داری الگوی شریانی از نوع DA6 می‌باشد که این قسمت از جریان نسبت به افزایش رسوب و تغییر در دبی جریان حساسیت خیلی زیادی داشته و با بیشتر شدن تغذیه رسوبی این حساسیت بالا رفته و باعث ناپایدار شدن الگوی رودخانه و تغییر مورفولوژیکی شدید آن می‌شود که باید اقدامات ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی انجام گیرد. در بعضی مjerها نیز تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه پارامترها وجود داشته که ناشی از شرایط خاص عوامل تأثیر گذار به صورت محلی است. بنابراین برای مدیریت حوضه‌های آبریز باید ریسک استفاده از این روش را مدنظر قرار داد.

واژگان کلیدی: کشکان رود، مدل رزگن، مورفولوژی رودخانه، پایداری آبراهه.

مقدمه

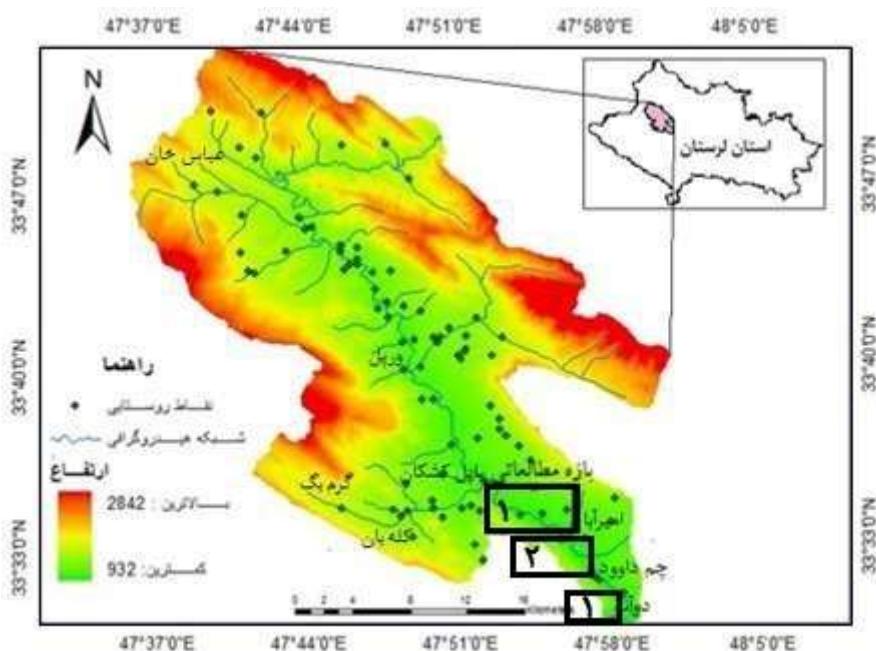
رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند (آب و آبفا، ۱۳۹۱: ۱۲). رودخانه‌ها بر اساس عوامل متعدد به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند. عوامل متعددی از جمله زمان، دبی، بار رسوی و سطح اساس بر آن تأثیرگذار بوده و رودخانه به صورت حفر، رسوب گذاری، تغییر الگو و تغییر شکل مجراء، به آن پاسخ می‌دهد(شوم، ۲۰۰۵: ۷). رودخانه‌ها نسبت به تغییر شرایط جریان یا مشخصات هندسی خود که به طور طبیعی یا مصنوعی (دخلات بشر) ایجاد می‌شوند، حساسیت داشته و واکنش نشان می‌دهند. با شناخت قانونمندی حاکم بر رودخانه، می‌توان رفتار آن را شناخت و تغییرات آن را به طور کیفی و کمی پیش‌بینی کرد. می‌توان با بررسی عکس العمل طبیعی رودخانه، تغییرات طبیعی یا تغییرات ناشی از اقدامات و اجرای طرح‌ها و اصلاح مسیر و حفاظت و تشییت دیواره‌ها را در آینده پیش‌بینی نمود (لایقی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۰). از بین رودخانه‌های دائمی لرستان از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۲ در یک دوره ۵۸ ساله، رودخانه کشکان با ۱۶ سیلان بالای ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه، سیلان خیزترین رودخانه استان است؛ که همه ساله پهنه‌های وسیعی از اراضی مرغوب و حاصلخیز ساحل این رودخانه بر اثر عبور جریان‌های سیلانی فرسایش یافته و تخریب می‌شوند. بزرگ‌ترین سیلان ثبت شده استان، سیلان ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۴ رودخانه کشکان با آبدی پیک ۳۰۹۰ مترمکعب در ثانیه بوده که میزان خسارات ناشی از آن در بخش‌های مختلف معادل ۸۰ میلیارد تومان بوده است(حسینی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۰) حوضه رودخانه کشکان از نظر ژئومورفولوژی به واحدهای کوهستانی مرتفع و کم ارتفاع، تپه‌ها و تراس‌های فوقانی، دشت‌های پایکوهی صاف و هموار تقسیم‌بندی می‌گردد. واحدهای کوهستانی مرتفع با ساختمان سنگی و شیب بسیار زیاد و دیواره‌های قائم به صورت پرتگاه‌های فرسایشی است این سطوح عمدتاً در نواحی شمالی، مرکزی و در امتداد مسیر رود کشکان دیده می‌شوند و سهم بسزایی در رژیم هیدرولوژیکی آن بر جای می‌گذارد و به هنگام بارش‌های جوی، جریان آب سطحی بالا فاصله بر روی دامنه آنها ایجاد می‌شود (سوری نژاد، ۱۳۸۱: ۶۳). از نظر خاکشناسی نیز بیشتر سطح حوضه دارای خاک ریزدانه و نفوذناپذیر رس و سیلت است که پتانسیل تولید رواناب زیادی حین وقوع بارندگی دارند (گراوند، ۱۳۹۴: ۲).

طی صد سال گذشته، بیش از بیست نوع طبقه‌بندی رودخانه انتشار یافته است (هرمان و جنینیگ، ۱۹۹۹). اولین شناخت طبقه‌بندی را دیویس در سال ۱۸۹۹ ارائه کردند. دیویس رودها را در دوره‌های زمانی به رودهای جوان، بالغ و پیر تقسیم کرد. لئوپلد و ولمن (۱۹۵۷) بر اساس دو ضریب خمیدگی (M_c) و ضریب نسبت عرض به عمق (B/D) رودخانه‌ها را از لحاظ ظاهری به سه دسته مستقیم، پیچانرودي و شریانی تقسیم‌بندی کردند. شوم (۱۹۶۳) بر اساس پایداری کanal (پایدار، فرسایشی یا رسوی) و روش حمل رسوب (بار محلوت، بار معلق و بار بستر) رودها را تقسیم‌بندی نمود. خان (۱۹۷۱) یک طبقه‌بندی کمی را برای رودهای با بار بستر ماسه‌ای برای سینوسیته، شیب و الگوی کanal ارائه داد. دیوید رزگن طبقه‌بندی جامعی بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودها ارائه داده است (طالبی و بازیزیدی، ۱۳۸۷: ۴۹۹). رزگن (۱۹۹۴: ۱۹۰) مشاهده کرد که تغییر در هر یک از متغیرهای مورد مطالعه توسط لئوپلد و همکاران باعث یکسری تغییر در تعادل کanal و در نتیجه الگوی رود می‌شود. بر اساس همین مفاهیم، یک سیستم طبقه‌بندی را ارائه داد. سیستم طبقه‌بندی رزگن عموماً به وسیله مدیران زمین گسترش یافته و به طور وسیعی برای مدیریت رود بکار برد شده است. این سیستم طبقه‌بندی به عنوان یک مرجع راهنمایی برای تعدادی آژانس عمومی مثل سرویس جنگل آمریکا (کلاری و ویستر، ۱۹۸۹، مک چاین و همکاران ۱۹۹۰)، دپارتمان ماهیگیری کالیفرنیا (فلوزی و رینولدز ۱۹۹۱)، دپارتمان حیات وحش نوادا (میرز و اسوانسن ۱۹۹۱) و سرویس حیات وحش آمریکا (مک کاندلس و اورت ۲۰۰۲) مورد استفاده قرار گرفته است (به نقل از کنلف و همکاران، ۲۰۰۳: ۳۵۱). سینگ کانک (۲۰۰۷) در مطالعه تأثیر شهرنشینی روی مورفلوژی مجرای سه رودخانه در سنتراال ردید پلینز اوکلاهما، در بخشی از کار خود پس از جمع‌آوری داده‌های مقاطع عرضی و شاخص‌های مورد نیاز، به ارزیابی نوع ماجرا بر اساس طبقه‌بندی

رزنگن پرداختند. گرین و همکاران (۲۰۱۱: ۱۴) در تجزیه و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیکی و سنجش از دور، به ارزیابی ۲۱۴ مایل از رودخانه سوایر در یوتا با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مدل‌های هیدرولیکی مانند HEC-RAS و برآورد بده لبریز رودخانه با پروتکل ارزیابی بصری رودخانه (SVAP2) و ابزار شرایط عملکرد مناسب (PFC) پرداختند و پیش‌بینی طبقه‌بندی رزنگن و نوع دره را با استفاده از رadar تداخل سنجی دیافراگم مصنوعی (IFSAR) با تصدیق میدانی و تجزیه و تحلیل ایستگاه رودخانه انجام دادند. نتایج نشان داده که رتبه‌بندی رودخانه، ابزار تحلیلی مناسبی برای نمایش دینامیک جریان هنگام ورود شاخه بزرگ کنترل نشده به رودخانه بود و اولویت کارهای احیا، از طریق رتبه‌بندی روند و موقعیت جغرافیایی عملکرد صحیح شرایط انجام گرفت. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۴: ۵۴) به بررسی کارایی سیستم طبقه‌بندی رزنگن در رودخانه‌های بابل و تالار در محدوده جلگه ساحلی دریای خزر پرداختند. آنها در این رودخانه دو گروه عمده F و D را در امتداد بستر رود شناسایی کردند. رودخانه‌های نوع D الگوی شریانی داشته و روی مخروط افکنه‌ها جاری هستند و رودخانه‌های نوع F الگوی مناندی داشته و در محدوده جلگه ساحلی جریان دارند. هم چنین نتایج نشان داد که پیش‌بینی نوع رود با استفاده از این روش نمی‌تواند جایگزین تحقیقات واقعی در خصوص رودخانه شود و می‌تواند به شکست طرحهای مدیریتی منجر گردد. طالبی و بایزیدی (۱۳۸۷: ۴۹۸) نیز به بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سبزکوه پرداخته و طبقه‌بندی رزنگن را در سطح I و II انجام دادند. آنها ۴/۷ کیلومتر از رود را از نوع D₃ و ۲ کیلومتر از رود را دارای تیپ B₃ دانستند. ترابی‌زاده و همکاران (۱۳۸۸: ۳۳۲) به ارزیابی مورفولوژیکی محدوده ای از رودخانه زهره با استفاده از طبقه‌بندی رزنگن را در سطح I و II انجام دادند. با توجه به نتایج بررسی‌ها، آنها نوع رودخانه را در این بخش از نوع D₄ دانسته و تفاسیر مدیریتی حاصل از طبقه‌بندی را در پایان ارائه دادند. یمانی و همکاران (۱۳۹۰: ۳) به بررسی علل نایابی‌اری آبراهه‌ها در سطح دلتای رود کل در غرب بندر عباس پرداختند. آنها برای تجزیه و تحلیل، از داده‌هایی چون آثار زمین ساختی، ویژگی‌های رسوی و دینامیک جریان مسیر آبراهه استفاده کردند و برخی شاخص‌های مورفومتریک را نیز به منزله ابزار مفهومی به کار برdenد. آنها در پایان پژوهش نتیجه گرفتند که منطقه مورد مطالعه تا اندازه زیادی از فعالیت‌های زمین‌ساختی کواترنر متاثر شده و میزان این تأثیرگذاری در نقاط مختلف، متفاوت است. یمانی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۸۵) به طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراهه طالقان رود در محدوده شهرک طالقان از طریق روش رزنگن پرداختند. آنها این طبقه‌بندی را در سطح I و II انجام دادند. نتایج نشان داد که در بازه مورد مطالعه، در بالادست پل‌های شهرک دارای الگوی D₃ یا چندشاخدای بوده و در سراسر شهرک تا پل گلینک دارای الگوی D₃ با شکل کلی تک آبراهه‌ای متمرکز است. لایقی و همکاران (۱۳۹۳: ۱۳۲) به طبقه‌بندی هیدرژئومورفولوژیکی رودخانه جاجرود با مدل رزنگن پرداختند. آنها ۲۳ کیلومتر از رودخانه جاجرود، حدفاصل سد لتیان و سد ماملو را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد بخش اعظم بازه مطالعاتی دارای الگوی DA است و بخش کمی از رودخانه دارای الگوی B با وضعیت بسیار نامطلوبی است. در قسمت‌هایی با الگوی جریان D₃ تغییر در دبی رودخانه به نفع آن نمی‌باشد و بایستی تدبیر مدیریتی مناسب مانند مقاوم سازی کناره‌های رودخانه انجام گیرد. در این پژوهش سعی بر آن است که با شناخت مورفولوژی مجرای رودخانه کشکان رود مناطق آسیب‌پذیر رودخانه از طریق طبقه‌بندی رزنگن بررسی شود تا با پیش‌بینی رفتار رودخانه مدیریت بهتری در بحران سیل داشته و تمهیمات لازم را به منظور مدیریت رودخانه اتخاذ نمود تا بدین وسیله از خسارات مستقیم و مل莫斯 و خسارات مربوط به هدر رفت آب، خاک، فرسایش و تخریب پوشش گیاهی ناشی از طغیان و فرسایش کناری رودخانه در پیرامون آبراهه اصلی تا حدودی کاسته شود.

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کشکان با وسعت ۹۲۷۶ کیلومتر مربع تماماً در استان لرستان و در ناحیه‌ی جنوب‌غربی ایران واقع گردیده است. این حوضه بخش مهمی از سرشاخه‌های پرآب رودخانه‌ی کرخه را تشکیل می‌دهد و حدود یک سوم از خاک استان لرستان را در بر می‌گیرد. سیستم اصلی رودخانه‌ی کشکان ابتدا از بهم پیوستن سرشاخه‌ی رودخانه‌های هرو و دواه الشتر تشکیل می‌گردد. که این سرشاخه‌ها از دامنه‌ی کوه‌های مرتفع و برفگیر گرین و میش پور سرچشم می‌گیرند. این رودخانه در محل پل گاویمیشان به رودخانه‌ی سیمره ملحق شده و رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد (سوری‌نژاد، ۱۳۸۱: ۶۱). منطقه مورد مطالعه بخشی از این حوضه آبریز می‌باشد از پل باستانی کشکان تا روستای دواه ویسیان به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر در زیر حوضه شیراوند واقع شده است. مختصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه بین طولهای ۴۷ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرضهای ۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت بازه مورد مطالعه در حوضه رود کشکان

بر اساس آنالیز سری زمانی داده‌های موجود، متوسط دبی سالانه رود کشکان در ایستگاه پل کشکان، واقع در محدوده مورد مطالعه ۳۳/۲ مترمکعب بر ثانیه و میزان دبی ویژه این ایستگاه ۹/۰۲ لیتر بر ثانیه در هر کیلومترمربع می‌باشد (سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۹۲). میانگین بارندگی سالیانه در این نواحی بین ۴۵۰ تا ۶۵۰ میلیمتر است. منطقه مورد مطالعه، دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است و ریش‌های جوی اغلب بصورت باران در فصل زمستان رخ می‌دهد و باعث ایجاد سیلاب‌های شدیدی در منطقه می‌گردد (همان منبع). حوضه رودخانه کشکان از نظر ژئومورفولوژی بدواحدهای کوهستانی مرتفع و کم ارتفاع، تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، دشت‌های پایکوهی صاف و هموار تقسیم‌بندی می‌گردد. واحدهای کوهستانی مرتفع با ساختمان سنگی و شیب بسیار زیاد و دیوارهای قائم به صورت پرتگاههای فرسایشی است این سطوح عمدها در نواحی شمالی، مرکزی و در امتداد مسیر رود کشکان دیده می‌شوند و سهم بسزایی در رژیم هیدرولوژیکی آن بر جای می‌گذارد و به هنگام بارش‌های جوی، جریان آب سطحی بالافاصله بر

روی دامنه آنها ایجاد می‌شود (سوری نژاد، ۱۳۸۱: ۶۳). از نظر کاربری اراضی در این حوضه بیشترین درصد مساحت منطقه (بیش از ۷۰٪) مربوط به مراتع مرغوب و استپی با درخت‌های پراکنده می‌باشد. از نظر خاکشناسی نیز بیشتر سطح حوضه دارای خاک ریزدانه و نفوذناپذیر رس و سیلت است که پتانسیل تولید رواناب زیادی حین وقوع بارندگی دارد (کرمی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۱).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش جهت طبقه بندی رزگن در سطح II، ابتدا با پیمایش در امتداد محدوده مورد مطالعه، بازه در سه بخش بالادست، میانی و پایین دست بازبندی شد. بازه شماره ۱ از پل کشکان تا روستای امیرآباد، بازه شماره ۲ از روستای امیرآباد تا روستای چم داود و بازه آخر از چم دادود تا روستای دواو (شکل ۲). سپس با استفاده از آمار دبی حداقل لحظه‌ای مربوط به دوره آماری ۲۴ ساله ایستگاه پل کشکان به منظور تعیین دوره بازگشت‌های سیلابی استفاده شده است. از داده‌های هندسی مقاطع عرضی و نقشه توپوگرافی ۱:۱۵۰ (نقشه برداری شده توسط شرکت آب منطقه‌ای لرستان) مربوط به مسیر رودخانه، تصاویر ماهواره‌ای و جهت تعیین دانه‌بندی رسوبات و محاسبه ضریب زیری مانینگ و همچنین برای افزایش دقت اطلاعات بازدیدهای میدانی به عمل آمد که، نرم‌افزارهای زیر نیز برای بررسی رودخانه به کار گرفته شد: نرم‌افزار Google Earth برای شناسایی دقیق منطقه، همپوشانی کردن نقشه‌ها و کنترل اطلاعات و شناسایی مشخصات و موقعیت منطقه مورد مطالعه از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS جهت محاسبه پارامترهای مورفولوژیکی مانند نسبت عرض به عمق، شاخص گود افتادگی بستر، مساحت مقطع عرضی در بدله لبریز، عرض بدله لبریز، حداقل عمق، عرض دشت سیلابی و شب سطح آب، همچنین از الحاقیه HEC-geo-RAS به منظور انقال داده‌ها از GIS به RAS و بالعکس، از نرم‌افزار Easy fit برای انجام آنالیز فراوانی بر روی داده‌های حداقل دبی و تعیین مقدار آن در دوره بازگشت‌های مختلف و در نهایت از مدل رزگن برای طبقه‌بندی مورفولوژیکی آبراهه استفاده شده است. که الگوی آبراهه از روی تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث مشخص گردید و برای طبقه‌بندی سطح دو رزگن ساخت Tin منطقه و ایجاد لایه‌های RAS در GIS انجام شد سپس بازخوانی لایه‌های ایجاد شده HEC-RAS در GIS و تکمیل اطلاعات جهت انجام محاسبات پارامترهای مورد نیاز صورت گرفت و نهایتاً نوع رود و درجه پایداری و آسیب‌پذیری رودخانه بر اساس مدل رزگن مشخص شد.

مشخص کردن پلان رودخانه در سطح اطبقه‌بندی رزگن

پلان هر رودخانه، معرف بسیاری از ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و دینامیکی آن است (یمانی و همکاران، ۱۳۸۱: ۱۱۴). پلان‌ها یا الگوی رودخانه به سه نوع اصلی مستقیم، مئاندری و شریانی تقسیم می‌شود. الگوی رودخانه‌ها در اثر عواملی مانند زمین‌شناسی، تکتونیک، توپوگرافی و اقلیم شکل می‌گیرد (ریولینی و پاگنولو، ۲۰۰۷: ۲). به منظور مشخص کردن پلان کلی رودخانه و الگوی کanal از تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث بهره‌جویی گردید. که بر اساس شکل ظاهری رودخانه، بازه مورد مطالعه به سه بخش تقسیم شد. بخش اول از ابتدای بازه اصلی به طول ۴/۵ کیلومتر و بخش دوم از انتهای بازه اول، به طول به طول ۳/۱ کیلومتر و بخش آخر، از انتهای بازه اصلی به طول ۵/۳ کیلومتر واقع شده است (شکل ۲).



شکل ۲: مورفولوژی مسیر آبراهه کشکان در سه بخش از بازه مورد مطالعه (بازه ۱ از پل کشکان تا روستای امیرآباد، بازه ۲ از روستای امیرآباد تا روستای چم داود و بازه آخر از چم داود تا روستای چم داود)

پس از آن الگوی کanal (مستقیم، مئاندري و شرياني) بر اساس اين تصاویر تعين شد. شيب کanal و شكل کanal (باريک يا عريض، عميق يا کم عمق) نيز با توجه به بازدیدهای ميداني و مقاطعی که روی رودخانه در بخش های مختلف با استفاده نقشه رقومی ۱:۱۵۰ ايجاد شده بود، مشخص شد.

بررسی پارامترهای مورد نياز برای طبقه بندی در سطح II

۱. نسبت عرض به عمق (دبی لبریز)^۱: نسبت عرض آبراهه در دبی لبریز به عمق متوسط برای همان دبی است و با نماد (W/D) نشان داده می شود.

۲. نسبت گودافتادگی^۲: اين نسبت در حقیقت عرض سیالاب دشت به عرض سطح آب در حالت دبی لبریز است. برای تعیین عرض سیالاب دشت، از عرض رود در ارتفاعی معادل دو برابر حداکثر عمق آب در دبی لبریز استفاده می شود. اين معیار با نماد ER نشان داده می شود، هرچه اين نسبت افزایش يابد بيانگر پيشرفت رود در سیالاب داشت است.

۳. ضریب انحنای رود (سینو سیته): نسبت طول رودخانه به طول دره آن در امتداد خط تالوگ که از حد فاصل دو نقطه به دست می آيد.

۴. شيب کanal: اين شيب در هر بخش به صورت مجزا با توجه به نيمرخ طولي رود تعين شده است.

۵. مواد بستر: اندازه مواد بستر و کناره های رودخانه که بيانگر درجه پايداري رود است. رزگن مواد بستر را به شش دسته تقسيم کرده است: بستر سنگی (> ۲۰۴۸ mm)، صخره سنگ ($۲۰۴۸-۲۵۶$ mm)، قله سنگ ($۲۵۶-۶۴$ mm)، شن ($۶۴-۲$ mm)، ماسه ($۰/۰-۰۶۲$ mm)، رس ($< ۰/۰$ mm).

به منظور تعیین دبی لبریز برای مقاطع مختلف در هر بخش بازه دبی پیک برای دوره بازگشت ۲ ساله محاسبه شد که برای اين امر لازم است تا آنالیز فراوانی بر روی داده های حداکثر سیالاب لحظه ای ثبت شده در حوضه انجام شود. برای نيل به اين هدف، ابتدا با استفاده از نرم افزار Easy fit بهترین توزيع برازشی به داده های حداکثر دبی لحظه ای بدست

1. Width/Depth ratio (W/D)

2. Entrenchment Ratio (ER)

آمد. پس از بررسی توزیع‌های مختلف آماری بر اساس آزمون نکویی برآش کلموگروف-اسمرینف در سطح اعتماد ۹۵٪ ($\alpha = 0.05$) مشخص شد که بهترین برآش توزیع برای حداکثر دبی لحظه‌ای، توزیع پیرسون تیپ پنج سه‌پارامتری است که تابع چگالی احتمال (PDF) توزیع پیرسون تیپ پنج سه‌پارامتری به قرار زیر می‌باشد:

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{\beta}{x-\gamma}}}{\beta \Gamma(\alpha) \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha+1}} \quad (1)$$

که، α ، β و γ پارامترهای توزیع و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاماست که از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

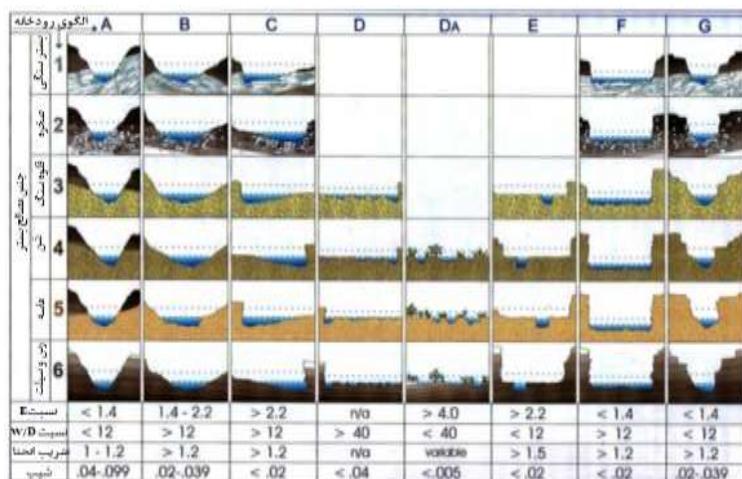
$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (\alpha > 0) \quad (2)$$

که پارامترهای توزیع فوق برابر با $\alpha = 2.33$, $\beta = 410.06$, $\gamma = 21.64\alpha$ بدست آمده است. که پس از تعیین بهترین توزیع برآشی به داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای (Q_{max}), دوره بازگشت ۲ سال (T) این متغیر در نرم افزار Easy fit محاسبه و مقدار آن برابر ۲۲۶ می‌باشد.

برای استخراج پارامترهای مورفولوژیکی مجرای رودخانه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۱۵۰ رودخانه ساخته شد، گام بعدی رودخانه توسط الحاقیه HEC-geo-RAS شبیه‌سازی و لایه‌های RAS در محیط GIS تهیه گردید که این لایه‌ها شامل: مسیر اصلی رود، کناره‌های رود، مسیر جریان و مقاطع عرضی از روی TIN منطقه استخراج و ذخیره شدن. در مرحله بعد اطلاعات حاصل شده در نرم‌افزار HEC-RAS بازخوانی شدند و سپس اطلاعات مشخصات هندسی رودخانه در این محیط تکمیل شد، و مشخصات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان رودخانه مانند سازه‌های مقاطع مسیر، ضرایب افت انرژی، شرایط مرزی، نوع رژیم جریان، دبی رودخانه با دوره بازگشت‌های مختلف و ضریب زبری مانینگ برای تمامی مقاطع به مدل وارد شد. شرایط مرزی نیز برای برقراری سطح آب آغازین با توجه به فوق بحرانی بودن جریان بر اساس عدد فرود محاسبه شده، شرایط مرزی بالا دست به مدل معرفی شد که برای این منظور از شبیه کف رودخانه با استفاده از پروفیل طولی رود استفاده شد. جهت تعیین میزان دبی از مقادیر سیالاب حداکثر لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت متفاوت با استفاده از نرم‌افزار Easy fit و به روش توزیع پیرسون تیپ پنج سه‌پارامتری محاسبه شده، و میزان دبی با دوره بازگشت ۲ ساله به مدل معرفی شد و جهت تعیین ضریب زبری مانینگ که یکی از مهمترین پارامترهای هیدرولیکی در کanal رودخانه‌هاست از روش کاون استفاده گردید و برای تمام مقاطع در ساحل سمت چپ و ساحل سمت راست و کanal اصلی بدست آمد و به مدل وارد گردید و پس از آن مدل اجرا و درنهایت، داده‌های مربوط به مقاطع عرضی و پروفیل‌های سطح آب به دست آمد و متغیرهای مورفولوژیکی مانند، نسبت عرض به عمق، شاخص گود افتادگی بستر، مساحت مقطع عرضی در بدله لبریز، عرض بدله لبریز، حداکثر عمق، عرض دشت سیلابی و شب سطح آب محاسبه شدند. متغیرهای دیگر مانند، عمق متوسط در بدله لبریز، ضریب انحنای مجرأ و قطر اندازه ذرات بستر رودخانه نیز، به طور جداگانه محاسبه شدند. برای محاسبه اطلاعات دانه بندی، طی بازدیدهای میدانی منطقه مطالعاتی به بخش‌های مختلف تقسیم شد و در هر بخش مقطعی مد نظر قرار گرفت. سپس در طول هر مقطع، چندین نمونه از سطح بستر رودخانه و متناسب برای کار مورفومتری برداشت شد و از تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری به عمل آمد و در ادامه با توجه به اندازه رسوبات هر مقطع نوع بافت رسوب هر مقطع مشخص شد.



شکل ۳: دانه بندی رسوبات در سه بخش بازه مطالعاتی



شکل ۴: شاخص های مورد نیاز طبقه بندی رزگن در سطح II (رزگن: ۱۹۹۶)

یافته های پژوهش

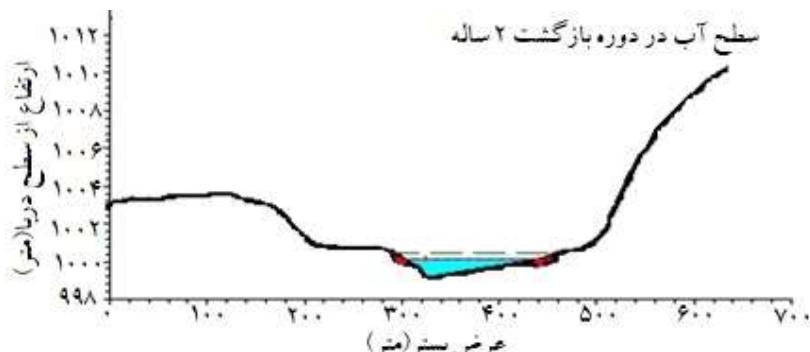
برای طبقه بندی در سطح I نیاز به تعیین الگوی کanal بود که به کمک تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای میدانی از محل، و تصاویر گوگل ارث اطلاعات لازم مربوط به نوع پلان رودخانه به دست آمد. همان گونه که در تصاویر دیده می شود، الگوی کanal در بخش اول از نوع شریانی، در بخش دوم مستقیم و بخش سوم باز الگوی رودخانه از نوع شریانی مشخص شد (با توجه به پلان، نیمرخ طولی و مقاطع عرضی الگوهای رودخانه در سطح I (رزگن: ۱۹۹۶: ۱۸۹). همچنین با بازدیدهای میدانی مشخص شد که شکل کanal در بخش های اول و سوم عریض و کم عمق و در بخش دوم باریک و نسبتاً عمیق است. شب کanal نیز با استفاده از نیمرخ طولی رود محاسبه گردید. برای بررسی پارامترهای مورد نیاز در سطح II، با

استخراج ویژگی‌های هندسی مربوط به مقاطع عرضی در بخش‌های مختلف و اجرای مدل هیدرولیکی HEC-RAS کلیه پارامترهای مورد نیاز جهت طبقه‌بندی و شناسایی ژئومتری مجرأ بdst آمد. پس از محاسبه پارامترهای مورد نیاز از این مقاطع، از نتایج آنها میانگین گرفته شد که نتایج حاصل از میانگین گیری در جدول ۱ آمده است.

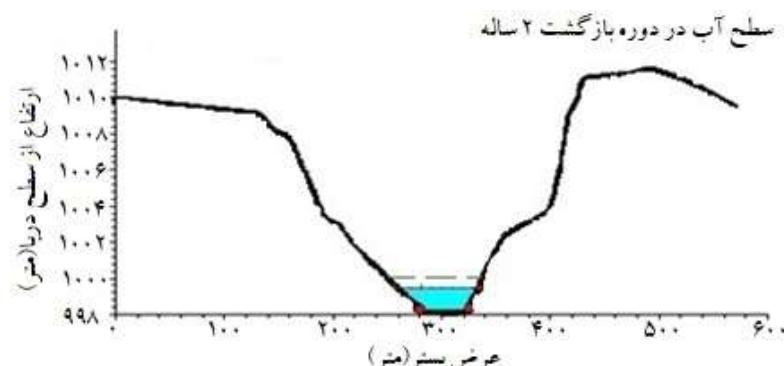
جدول ۱: پارامترهای تعدیل شده مربوط به مورفولوژی مجرای رودخانه جهت طبقه‌بندی رزگن

قطع	بخش اول	بخش دوم	بخش سوم
الگوی رودخانه	شریانی	مستقیم	شریانی
شكل رود	عریض و کم عمق	باریک و نسبتاً عمیق	عریض و کم عمق
شیب رودخانه	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۸
سینوسیته	۱/۲۵	۱/۰۵	۱/۴۵
شاخص گودافتادگی	۳/۰۱	۱/۲	۲/۴۱
نسبت عرض به عمق	۹۲/۵	۲۳/۶	۸۳/۴
جنس مواد بستر	فلوه سنگ	شن و ماسه	رس و سیلت
طبقه‌بندی رزگن	D ₃	A ₄	DA ₆

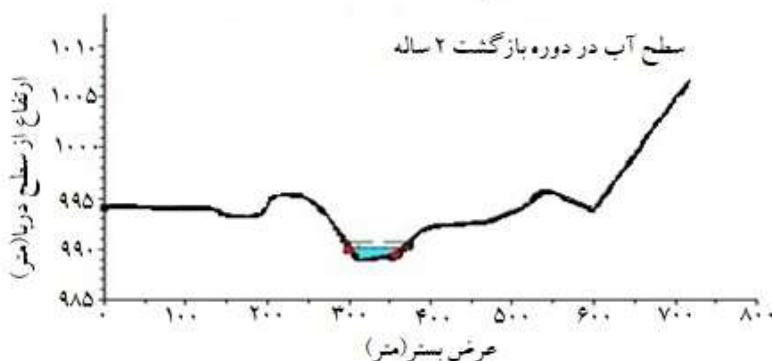
ترسیم مقاطع و پروفیل‌های سطح آب در دبی لبریز و دشت سیلانی، برخی از مجراهای به خوبی با این طبقه‌بندی سازگارند و برخی دیگر این سازگاری را ندارند. شکل‌های ۵ و ۶ و ۷ نمونه‌هایی از پروفیل مقاطع عرضی در بخش‌های مختلف بازه برای مقایسه میزان انطباق آنها با مقاطع عرضی پیشنهادی رزگن را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمونه‌ای از مقاطع عرضی در بخش اول بازه از نوع DA₆



شکل ۶: نمونه‌ای از مقاطع عرضی در بخش دوم بازه از نوع A₄

شکل ۷: نمونه‌ای از مقطع عرضی در بخش سوم بازه از نوع D₃

رزگن برای هر یک از انواع رودخانه، تفاسیر مدیریتی خاصی را بیان داشته است. این تفاسیر انواع رود را بر حسب حساسیت نسبت به تغییر، پتانسیل احیاء آورد رسوی، اثر کنترل پوشش گیاهی و پتانسیل فرسایش پذیری سواحل ارزیابی قرار می‌دهد.

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۲)، درجه حساسیت نسبت به آشفتگی در بخش‌های بازه مورد مطالعه زیاد است که منظور از درجه حساسیت به آشفتگی، آشفتگی ناشی از افزایش حجم و زمان جریان و یا افزایش رسوبات می‌باشد. که الگوی جریان A₄ و D₃ بیشتر تحت تأثیر این آشفتگی هستند و در این بخش‌ها از رودخانه تغذیه رسوی زیاد است یعنی بار کف و بار معلق که از جنس بستر و کناره رودخانه می‌باشد خیلی زیاد است و همچنین پتانسیل فرسایش کناره‌ها نیز خیلی زیاد است و پتانسیل احیاء رودخانه نیز در این بخش‌ها ضعیف است که این بخش‌ها مناطق آسیب‌پذیر بازه محسوب می‌شوند. اما در بخش ابتدایی بازه مطالعاتی با الگوی DA₆ پتانسیل احیاء رودخانه خوب و تغذیه رسوی و پتانسیل فرسایش کناری آن کم است. با توجه به اینکه رودهای شریانی وضعیت پایداری ندارند و جهت جریان و عرض رود پیوسته در حال تغییر است، می‌توان پیش‌بینی کرد که تغییرات احتمالی که در آینده صورت می‌گیرد، در بخش پایانی بازه یعنی محدوده (D₃) خواهد بود که این قسمت از جریان نسبت به افزایش رسوی و تغییر در دهی جریان حساسیت و آسیب‌پذیری خیلی زیادی داشته و با بیشتر شدن تغذیه رسوی این حساسیت بالا رفته و باعث ناپایدار شده الگوی رودخانه و تغییر مورفو‌لوژیکی شدید آن می‌شود لذا ناپایداری بستر رود در این بخش تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت و سازهای اطراف شمرده می‌شود. با توجه به این مسئله لازم است اقدامات ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفو‌لوژیکی انجام گیرد.

جدول ۲ : تفاسیر مدیریتی الگوهای رودخانه کشکان (براساس رزگن، ۱۹۹۴)

الگوی جریان	درجه حساسیت به آشفتگی	پتانسیل احیاء	پتانسیل رسوی	تغذیه	پتانسیل فرسایش کناره‌ها	تاثیر کنترلی پوشش گیاهی
DA ₆	متوسط	خوب	خیلی کم	خیلی کم	خیلی خوب	خیلی خوب
A ₄	بینهایت	خیلی ضعیف	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	ناچیز
D ₃	خیلی زیاد	ضعیف	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	متوسط

نتیجه گیری

در این پژوهش طبقه بندی ژئومورفو‌لوژیکی حدود ۱۵ کیلومتر از رودخانه کشکان در حد فاصل پل کشکان تا روستای دوآب با استفاده از روش رزگن در دو سطح مورد مطالعه قرار گرفت. در سطح یک با استفاده از بازدیدهای صحرایی و نیز

تصاویر ماهواره‌ای، شکل، الگو و شبیب رودخانه، استخراج و به کمک آن‌ها طبقه‌بندی رودخانه دریکی از هشت گروه G تا A ارائه گردید. در سطح دو علاوه بر پارامترهای موجود در سطح یک، با استفاده از پارامترهای مقطع عرضی، و قطر مواد بستر رودخانه، طبقه‌بندی جزئی تکمیل گردید، بر مبنای شاخص‌های مورفولوژیکی، جنس رسوبات و شرایط جریان در سطح دوم رزگن سه تیپ مجارا شامل DA₆ و A₄ و D₃ در محدوده مورد مطالعه شناخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی رودخانه کشکان بر اساس سیستم طبقه‌بندی رزگن در سطح دو نشان داد که الگوهای مجرای موجود در رودخانه و به تبع آن پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراهای با سیستم کلی رزگن مطابقت داشته اما در بعضی مجراهای نیز تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه پارامترها وجود داشته که ناشی از شرایط خاص عوامل تأثیر گذار به صورت محلی است. بر این اساس و با توجه به مشاهده تیپهای این تحقیق با نتایج تحقیقات روستاوی و همکاران و حسین زاده و همکاران که به ترتیب طبقه‌بندی رزگن را برای رودخانه‌های لیقوان و بابل و تالار انجام داده بودند و به این نتیجه رسیدند که تعدادی از مجراهای رودخانه لیقوان به خوبی با این طبقه‌بندی سازگار بوده و تعدادی دیگر این قابلیت را نداشته‌اند و نیز بعضی از مقاطع برداشت شده رودخانه‌های بابل و تالار حتی با وجود پیوستار نیز با جدول تعیین نوع رود رزگن مطابقت نداشته‌اند؛ بنابراین این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از مجرای رود، نمی‌تواند جایگزین تحقیقات واقعی در مورد رودخانه شده و برای مدیریت حوضه‌های آبریز باید رسک استفاده از این روش را مدنظر قرار داد. با این اوصاف از این روش می‌توان برای تنظیم راهنمای مدیریت حوضه آبریز و اطراف رودخانه که شامل فعالیت‌هایی چون کاربری اراضی حاشیه، برداشت شن و ماسه و نیز راهنمای مدیریت ساحلی، مدیریت واریزه، مدیریت سیلالب داشت، آنالیز اثرات تجمعی، تنظیم جریان از سدهای مخزنی و انحرافی به کار رود.

منابع

- ترابی‌زاده، ع.، بینا، م.، و شفاعی‌جستانی، م.، ۱۳۸۸. ارزیابی مورفولوژیکی بازهای از رودخانه زهره با استفاده از طبقه‌بندی رزگن. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، ۶-۸ بهمن، دانشگاه شهید چمران اهواز، صص ۳۴۰-۳۳۱.
- حسین‌زاده، م.، اسماعیلی، ر.، و متولی، ص.، ۱۳۸۴. بررسی کارایی سیستم طبقه‌بندی روزگن (Rosgen) مطالعه موردی طبقه‌بندی رودخانه‌های بابل و تالار در محدوده جلگه ساحلی دریای خزر، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دوم، شماره ۵، بهار ۱۳۸۴، صص ۶۴-۵۱.
- حسینی، س.م.، جعفر بیگلو، م.، یمانی، م.، و گراوند، ف.، ۱۳۹۳. پیش‌بینی سیلالب‌های تاریخی رودخانه کشکان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۴، صص ۱۱۸-۱۳۳.
- رضایی‌مقدم، م.ح.، نیکجو، م.ر.، و یاسی، م.، ۱۳۹۶. تحلیل ژئومورفولوژیکی مجرای رودخانه‌ی قره‌سو با استفاده از مدل سلسه مراتبی رزگن، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۶، صص ۱۴-۱.
- روستاوی، ش.، خورشید دوست، م.ع.، و خالقی، س.، ۱۳۹۲. ارزیابی مورفولوژی مجرای رودخانه لیقوان با روش طبقه‌بندی راسگن، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، بهار ۱۳۹۲، صص ۱-۱۶.
- سوری‌نژاد، ع.، ۱۳۸۱. برآورد حجم رواناب حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۳۸۱، صص ۸۰-۵۷.
- شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۹۲. اطلاعات و مشخصات رودخانه‌های استان لرستان.

- طالبی، ل، و بایزدی، ش.، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی Rosgen (مطالعه موردی: رودخانه سبزکوه)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۱-۲۳ آبان، دانشگاه صنعت آب و برق. صص ۵۰۵-۴۹۷.
- قنواتی نسب، م، شفاعی بجستانی، م، و حسنونی‌زاده، م.، ۱۳۸۵. تعیین دبی غالب در تعدادی از رودخانه‌های استان خوزستان، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید‌چمران اهواز.
- کرمی، ف، شیراوند، ه، و درگاهیان، ف، ۱۳۸۹. بررسی الگوی سینوپتیک سیل بهمن ۱۳۸۴ شهرستان پلدختر. فصلنامه جغرافیایی و مطالعات محیطی، ۲(۴): ۹۹-۱۰۶.
- لایقی، ص، و کرم، ا.، ۱۳۹۳. طبقه‌بندی هیدرولوژیکی رودخانه جاجرود با مدل روزگن، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۴۳-۱۳۰.
- وزارت نیرو دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ۱۳۹۱. راهنمای مطالعات ریخت شناسی رودخانه‌ها، نشریه شماره ۵۹۲، ص ۱۶۶.
- یمانی، م، و تورانی، م.، ۱۳۹۱. طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراهه طالقان‌رود در محدوده شهرک طالقان از طریق روش رزگن، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، سال ۴۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، صص ۱۹۸-۱۸۳.
- یمانی، م، و حسین‌زاده، م.م.، ۱۳۸۱. بررسی تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه ساحلی دریای مازندران، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۴، شماره ۴۳، صص ۱۲۲-۱۰۹.
- یمانی، م، علمی‌زاده، ه.، ۱۳۹۰. بررسی علل ناپایداری آبراهه‌ها در سطح دلتای کل (غرب بندرعباس). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صص ۱۵-۱-۱.
- Acement G.S and Schneider V.R. (1985). Guide for selecting Manning's roughness coefficient for natural channels and Flood plains, Water Resources paper 2339, US Geological survey, Washington DC. (Updated 2002).
- 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.
- Gregory, K. J., 2006. The human role in changing river channels, Journal of Geomorphology, v. 79, p. 84-103.
- Green, Sh., Norm, E., Nathaniel, T., 2011, Geomorphic Indices/Remote Sensing Analysis to Perform Rapid Stream Assessments, Awra 2011 Summer Specialty Conference Snow bird, UT, June 27-29, PP.16.
- Harman, W.A., Jennings, G.D., 1999, Application of the Rosgen Stream Classification System to North Carolina, Published by North Carolina Cooperative Extension Service.
- Hey R. D, and et al, (1986), River Response to hydrologic structure, UNESCO, 115pp. Richards, B.
- Khan, H.R., 1971, Laboratory Studies of Alluvial River Channel Patterns. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Kondolf, G.M., Lisle, T.E. and Wolman, G.M. 2003. Bed sediment measurement, In: Kondolf, G.M. Piegay, H. (eds.), Tools In Fluvial Geomorphology. Wiley. pp.347-397.
- Kondolf, G. Mathias and Piegay, Herve. (2003). Tools in fluvial geomorphology. John Wiley & Sons Ltd. 688 P.
- Leopold, L.B. and Wolman, M.G., 1957, River Channel Patterns: Braided, Meandering, and Straight, U.S. Geological Survey Prof, Government Printing Office.
- 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.

- Petersen. M.S. (1986), *River Engineering*.Prentice- Hall,Englewood Cliffs, NJ. 580 pp.
- Ribolin, A., Pagnolo, M., 2007, *Drainage Network Geometry versus Tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps)*, *Geomorphology*, Vol. 93, No. 3-4,PP.253-266.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. and Bussetti, 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. *Aclassification of natural rivers*, *Catena*, 22:169-199.
- Rosgen, D.L., 1996, *Applied River Morpholog*, *Wild land Hydrology*, Pagosa Springs.
- Singh Kang, R., 2007, *Effects of Urbanization on Channel Morphology of Three Streams in the Central Red bed Plains of Oklahoma*, *Ph.D Thesis*, the Faculty of the Graduate College of Oklahoma State University.
- Schumm, S.A., 2005, *River Variability and Complexity*, First Published, Cambridge University Press, Published in the United States of America.
- Shroder, John F. (2013). *Treatise on geomorphology*, volume 9: *treatise on fluvial geomorphology*. Elsevier Inc. 860p.
- 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.