

## طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراهه طالقان رود در محدوده شهرک طالقان از طریق روش رزگن

مجتبی یمانی\* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
مریم تورانی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۴      تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۳/۱۳

### چکیده

طالقان رود به لحاظ قرارگیری در مجاورت استان البرز و منتهی شدن به سد طالقان و نیز، به دلیل استقرار مناطق مسکونی زیادی در حاشیه، یکی از رودخانه‌های مهم کشور محسوب می‌شود. در این پژوهش، طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی در مسیری به طول ۷/۳ کیلومتر از رودخانه طالقان در محدوده پل وشته واقع در شهرک طالقان با استفاده از روش طبقه‌بندی رزگن انجام شده است. این طبقه‌بندی در سطح I و II صورت گرفته است. در سطح I، طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی و بررسی نقشه‌ها انجام گرفت و اطلاعات مورد نیاز برای این سطح، شامل پلان (نوع رود از A تا G)، شیب کانال (جوان، بالغ، پیر)، الگوی کانال (تک‌رشته‌ای، چندرشته‌ای، سینوسی و...) و شکل کانال (باریک-عمیق، عریض-کم عمق)، به دست آمد و در نهایت رود در هشت کلاس A تا G طبقه‌بندی شد. در سطح II با استفاده از یکسری توصیفات ژئومورفولوژیکی، شامل شاخص گودافتادگی، نسبت عرض به عمق، ضریب سینوسیته و جنس مواد کف و بستر، طبقه‌بندی کامل شدند. نتایج نشان می‌دهد که در بازه مورد مطالعه، در بالادست پل‌های شهرک دارای الگوی D<sub>۲</sub> یا چندشاخه‌ای بوده و در سراسر شهرک تا پل گلینک دارای الگوی B<sub>۳c</sub> با شکل کلی تک‌آبراهه‌ای متمرکز است.

کلیدواژه‌ها: روش رزگن، طالقان رود، طبقه‌بندی رودخانه، مورفولوژی رودخانه.

### مقدمه

رودخانه‌ها نسبت به تغییر شرایط جریان (دبی و...) یا مشخصات هندسی خود که به‌طور طبیعی یا مصنوعی (دخالت بشر) ایجاد می‌شوند، حساسیت داشته و واکنش نشان می‌دهند. با شناخت قانونمندی حاکم بر رودخانه، می‌توان رفتار آن را

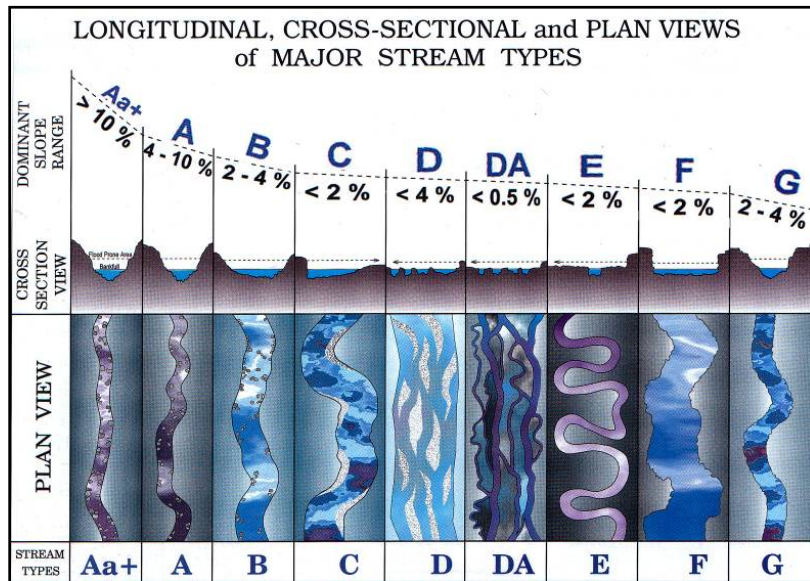
شناخت و تغییرات آن را به‌طور کیفی و کمی پیش‌بینی کرد. طبقه‌بندی کانال‌های طبیعی کار تازه‌ای نیست؛ طی صد سال گذشته، بیش از بیست نوع طبقه‌بندی رودخانه انتشار یافته است (هرمان و جینیگ، ۱۹۹۹). اولین شناخت طبقه‌بندی را دیویس در سال ۱۸۹۹ ارائه کرد. دیویس رودها را در دوره‌های زمانی به رودهای جوان، بالغ و پیر تقسیم کرد. سیستم طبقه‌بندی دیویس بین سال‌های ۱۸۹۹ تا ۱۹۷۰، بزرگترین توصیف کیفی شکل رودخانه‌ها و لندفرم‌ها بوده است.

لئوپلد و ولمن (۱۹۵۷) رودها را به مستقیم، متاندری و چندشاخه تقسیم کردند. خان (۱۹۷۱) یک طبقه‌بندی کمی برای رودهای با بستر ماسه‌ای بر پایه سینوسیت، شیب و الگوی کانال ارائه داد. تلاش‌های اولیه برای شیوه طبقه‌بندی رزگن از سال ۱۹۷۳ آغاز شد و نسخه اولیه آن در سال ۱۹۸۵ به جامعه علمی معرفی شد. دیوید رزگن طبقه‌بندی جامعی بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودها ارائه داده است (طالبی و بایزیدی، ۱۳۸۷).

سیستم طبقه‌بندی حاضر از مشاهده میدانی صدها رودخانه در آمریکای شمالی و با همکاری و تجربه‌های دانشمندان و محققان در زمینه‌های هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، اکولوژی گیاهی، آبی‌شناسان و تجربه‌های گسترده در زمینه حفاظت رودخانه به‌دست آمده است (رزگن، ۱۹۸۵). مشاهدات تغییرات رودخانه در گذشته می‌تواند پارامترهای مؤثر بر تغییرات رودخانه را نمایش دهد. گاهی تغییرات سیستم رودخانه به‌دلیل پارامترهایی مانند جریان، رسوب یا تأثیر متقابل متغیرهای زیادی است که رودخانه حاضر را ایجاد کرده‌اند. چنانچه نوع رودخانه مورد نظر مشخص بوده و داده‌هایی چون سطح مقطع، فرسایش سواحل، داده‌های رسوب، نوع پوشش گیاهی و اطلاعاتی در مورد آبریزان در اختیار باشد، در آن صورت می‌تواند ریسک و حساسیت تغییرپذیری رودخانه را برآورد کرد (رزگن، ۱۹۹۴).

طبقه‌بندی رزگن شامل چهار سطح است:

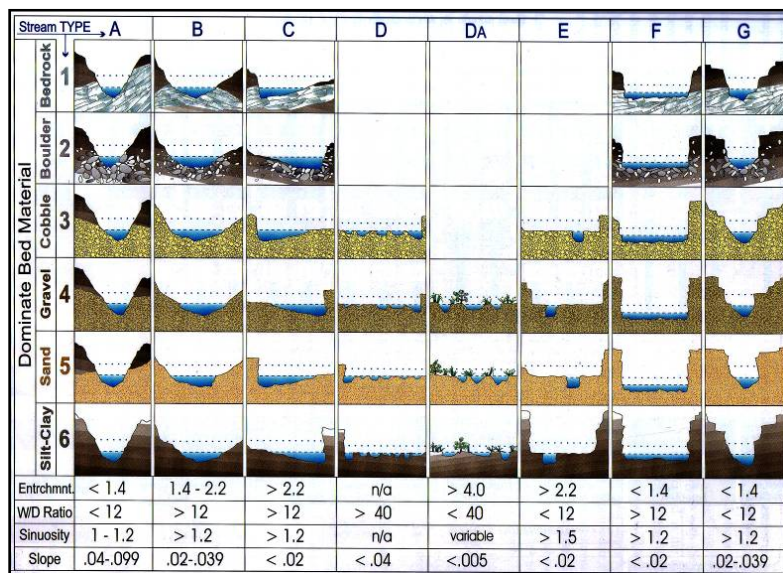
سطح I شامل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه است و مشخصات رود به‌صورت کلی بررسی می‌شود.  
سطح II شامل بررسی دقیق‌تر مورفولوژیکی بوده و نیازمند اندازه‌گیری‌های میدانی است و اطلاعات جزئی‌تری چون دبی غالب رود، دبی جریان، اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آبراهه و مانند این‌ها را شامل می‌شود.  
سطح III بر وضعیت رودخانه مشتمل بر پوشش کنار رودخانه، الگوهای رسوبی، الگوی متاندری، رژیم جریان، فرسایش‌پذیری کنار رود، وجود و وقوع جریان‌های واریزه‌ای و زیست ماهیان تأکید می‌ورزد.  
سطح VI شامل بررسی عوامل مؤثر بر مورفولوژی رودخانه و روابط آنها با یکدیگر است. این سطح از طریق محاسبات و بررسی‌های مستقیم انتقال رسوب، نرخ فرسایش حاشیه رودخانه، فرآیندهای تشکیل و تخریب، داده‌های زیستی مثل بایومس ماهیان، حشرات آبی، ارزیابی پوشش حاشیه رودخانه، طبقه‌بندی می‌شود.  
سطوح I و II، سطوح مورد نظر برای دستیابی به کلید طبقه‌بندی رزگن است. این سیستم طبقه‌بندی مشتمل بر هشت تیپ A, B, C, D, DA, E, F و G آبراهه در سطح I است که بر اساس شیب کانال، شکل کانال، پلان و الگوی رود، مطالعه می‌شود (موسوی، ۲۰۱۲) (شکل ۱).



شکل ۱. نمایی از شکل پلان، نیمرخ طولی و مقاطع عرضی الگوهای رودخانه در سطح I

منبع: زرگن، ۱۹۹۶

در سطح II شاخص گودافتادگی بستر<sup>۱</sup>، نسبت پهنا به عمق<sup>۲</sup>، ضریب مارپیچی رودخانه<sup>۳</sup> و اندازه ذرات کف و بستر مورد نیاز است (شکل ۲).



شکل ۲. شاخص‌های مورد نیاز طبقه‌بندی زرگن در سطح II

منبع: زرگن، ۱۹۹۶

1. Entrenchment
2. Width / Depth
3. Sinuosity

رودخانه طالقان به لحاظ قرارگیری در مجاورت استان تهران و منتهی شدن به سد طالقان و نیز، استفاده از منابع آب، رسوب‌دهی برای عمر سد، توسعه ساخت‌وسازها و تجاوز به حریم آبراهه، از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این با توجه به طبیعت زیبای منطقه، گسترش خانه‌های نوع دوم در حاشیه این رود از سوی ساکنان غیر بومی در سال‌های اخیر، طبقه‌بندی و تعیین حریم حدود بستر رودخانه را ضروری می‌کند. از این رو، این مطالعه تلاش دارد تا بخشی از این رودخانه که مهم‌ترین منطقه مسکونی (شهرک طالقان) در حاشیه آن قرار گرفته است را براساس روش رزگن طبقه‌بندی کند و پس از آن، براساس تفاسیر مدیریتی که دیوید رزگن در خصوص هر یک از انواع رودخانه‌ها ارائه کرده است، منطقه مورد نظر را ارزیابی کرده و مناطقی که در معرض بیشترین ناپایداری‌ها هستند، شناسایی کند.

در خصوص طبقه‌بندی و تغییرات رودها مطالعات بسیاری صورت پذیرفته که برخی از آنها اشاره می‌شود. موسوی (۲۰۱۲) به بررسی کاربرد طبقه‌بندی رزگن در حوضه زیارت گرگان پرداخت و اطلاعات مورد نیاز را از ۵۰ مقطع جمع‌آوری کرد؛ به طوری که طول هر یک از مقاطع ۲۰ تا ۳۰ برابر طولانی‌تر از ارتفاع داغاب یا تا دو برابر طولانی‌تر از محل تأثیر موج کانال بود. وی تمام شاخص‌های مورد نیاز را در ۵۰ مقطع اندازه‌گیری کرده و در بخش‌های مختلف، رود را از نوع  $B_{2a}$  و  $B_3$ ،  $C_{4c}$ ،  $C_{3c}$ ،  $D_3$ ،  $G_{2c}$ ،  $G_3$ ،  $G_{5a}$  دانسته است.

یمانی و شرفی (۱۳۹۱) به بررسی ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری هررود لرستان پرداختند. آنها برای این مطالعه از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر ماهواره‌ای IRS سال ۱۳۸۶ استفاده کردند. محققان پارامترهای هندسی مورد نیاز در این رود را برای بررسی تغییرات مورفولوژی اندازه‌گیری کردند و به دانه‌سنجی رسوبات بستر رود پرداختند. یافته‌ها نشان داد که تغییرات مورفولوژیکی و فرسایش کناری، از طرف بالادست رودخانه به پایین دست کاهش یافته است.

رضایی‌مقدم و همکارانش به بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی پرداختند و برای این کار، از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۴ و ETM+ سال ۲۰۰۰ و IRS سال ۲۰۰۷ استفاده کردند. آنها نتیجه گرفتند که طی سه دوره مورد بررسی، روند تغییرات رود کاملاً متفاوت بوده است؛ به طوری که میزان تغییرات در بازه اول در هر سه دوره بسیار زیاد بوده و بازه دوم کمترین تغییرات را تجربه کرده است (رضایی‌مقدم، ثروتی و اصغری سراسکانرود، ۱۳۹۱).

یمانی و علمی‌زاده (۱۳۹۰) به بررسی علل ناپایداری آبراهه‌ها در سطح دلتای رود کل در غرب بندرعباس پرداختند. آنها برای تجزیه و تحلیل، از داده‌هایی چون آثار زمین‌ساختی، ویژگی‌های رسوب و دینامیک جریان مسیر آبراهه استفاده کردند و برخی شاخص‌های مورفومتریکی را نیز به‌منزله ابزار مفهومی به کار بردند. آنها در این پژوهش از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی نیز بهره بردند. این دو محقق در پایان پژوهش نتیجه گرفتند که منطقه مورد مطالعه تا اندازه زیادی از فعالیت‌های زمین‌ساختی کواترنر متأثر شده و میزان این تأثیرگذاری در نقاط مختلف، متفاوت است.

در پژوهش دیگری، یمانی و همکاران به بررسی تأثیر مورفوتکتونیک بر تغییرات بستر و الگوی رودخانه قره‌سو در شهرستان کرمانشاه پرداختند. برای این منظور از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۸۰، تصاویر ماهواره‌ای ETM و

DEM سال ۲۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه استفاده شده است. سپس به کمک شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، تجزیه و تحلیل نهایی انجام گرفت. آنها دریافتند که الگوی این رود از فعالیت گسل تأثیر پذیرفته است؛ زیرا تغییرات عرضی و الگوی بستر در دو ساحل رود یکسان نیست (یمانی، علیایی طالقانی، شهبازی، ۱۳۹۰).

نوحه‌گر، حسین‌زاده و افشار (۱۳۸۹) به بررسی تغییرات نیمرخ طولی و عرضی علیای رود میناب پرداختند و سازوکار فرسایش رود و واکنش کانال رود را از نظر الگو و نیمرخ طولی و عرضی در مقابل ساختمان زمین‌شناسی، بررسی کردند. آنها با بررسی چندین مقطع به این نتیجه رسیدند که بالا بودن تغییرپذیری، به دلیل وجود رسوبات کمتر فرسایش یافته کف بستر است که توانسته‌اند در مقابل جریان آب مقاومت کنند و رود را در بازه مورد نظر به سه بخش با بستر تنگ و عمیق، عریض با عمق کم و بستر تنگ با عمق متوسط تقسیم کردند.

در پژوهش دیگری، یمانی و کامرانی دلیر (۱۳۸۹) تغییرات سطح اساس را در ریخت‌شناسی بستر رودهای محدوده دلتای سفیدرود مطالعه کردند. محققان از نقشه‌های توپوگرافی رقومی، زمین‌شناسی و عکس‌های هوایی استفاده کردند و همچنین با انجام کارهای میدانی تفصیلی بر دقت روش خود افزودند. آنها تأثیر متقابل تراز آب دریای خزر با تأثیرات زمین‌ساختی البرز را با دیگر داده‌ها تلفیق کردند و سرانجام نتیجه گرفتند که تغییرات کوتاه‌مدت تراز آب دریای خزر در محدوده‌های نزدیک به مصب، رود را تحت تأثیر قرار داده و این اثرگذاری در شرق دلتای سفیدرود نسبت به غرب بیشتر است.

ترابی‌زاده و همکارانش به ارزیابی مورفولوژیکی محدوده‌ای از رودخانه زهره با استفاده از طبقه‌بندی رزگن پرداختند و آن را در سطح I و II طبقه‌بندی کردند. با توجه به نتایج بررسی‌ها، آنها نوع رودخانه را در این بخش D<sub>4</sub> دانسته و تفاسیر مدیریتی حاصل از طبقه‌بندی را در پایان ارائه دادند (ترابی‌زاده، بیبا و شفاعی بجستانی، ۱۳۸۸).

همچنین، مختاری (۱۳۸۸) نقش عوامل غیر رودخانه‌ای را در تغییرات مورفولوژی آبراهه باغلاز بررسی کرده است. وی با استفاده از یافته‌های میدانی و بر اساس تقسیم‌بندی‌های موجود در مورد انواع مورفولوژی مسیر آبراهه، مورفولوژی بخش‌های مختلف آبراهه را بررسی کرد و بر این اساس چهار نوع آبراهه مسطح، پله - حوضه، پلکانی و پلکانی - حوضه‌ای را تشخیص داده است.

طالبی و بایزیدی (۱۳۸۷) نیز به بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سبزکوه پرداخته و طبقه‌بندی رزگن را در سطح I و II انجام دادند. آنها ۴/۷ کیلومتر از رود را از نوع D<sub>۳</sub> و ۲ کیلومتر از رود را دارای تیپ B<sub>۳</sub> دانستند.

ارشد، مرید و میرابوالقاسمی (۱۳۸۶)، تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون را با استفاده از سنجش از دور مطالعه کردند. آنها بر اساس چهار سری تصویر ماهواره‌ای Landsat-TM و IRS-LISS-III در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۶۹، منطقه را بررسی کردند. نتایج حاکی از تغییر قوس‌ها در طول رود بوده است.

مقصودی و کامرانی دلیر نیز در سال ۱۳۸۶، نقش تکنیک فعال در تنظیم کانال رودخانه تجن را بررسی کردند. آنها برای این مطالعه از برخی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، مانند AF، Smf، SL و همچنین عکس‌های هوایی دوره‌های زمانی مختلف و تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و اطلاعات حاصل از عملیات میدانی استفاده کردند. یافته‌های

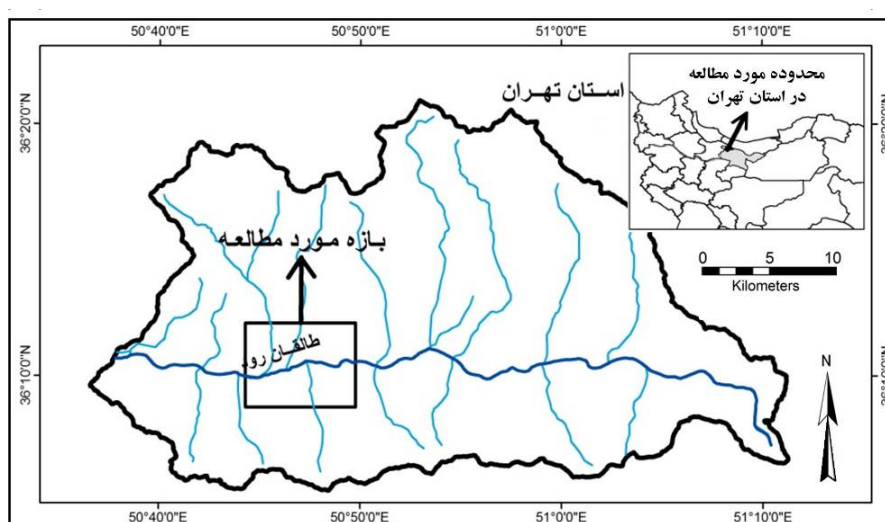
پژوهش مقصودی و همکارش نشان داد که منطقه به لحاظ تکتونیکی فعال است، ولی میزان این فعالیت در همه جا یکسان نیست.

یمانی و حسین‌زاده (۱۳۸۱) به بررسی تغییرات الگوی رودخانه تالار در ساحل دریای مازندران پرداختند. آنها مسیر رود را بر اساس شکل الگو تقسیم کرده و تغییرات را در فاصله زمانی ۳۹ ساله بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که رودخانه هنوز تعادل دینامیکی خود را به دست نیاورده و همچنان در حال تغییر است.

هدف از پژوهش حاضر، شناسایی نوع محدوده مورد نظر در سیستم طبقه‌بندی رزگن و بررسی رفتار رودخانه با توجه به شکل ظاهری آن، بر اساس تفاسیر مدیریتی ارائه شده دیوید رزگن است تا در نهایت، مناطقی که به تغییرات رودخانه حساسیت بالایی دارند، مشخص شده و اثر کنترل پوشش گیاهی و پتانسیل فرسایش‌پذیری سواحل رود مورد ارزیابی قرار گیرد و مناطقی که در معرض خطر ناپایداری رود هستند، شناسایی شوند.

### محدوده مورد مطالعه

حوضه آبخیز طالقان که یکی از زیر حوضه‌های مهم سفیدرود به‌شمار می‌رود، در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز و در بخش شمال غربی و فاصله ۱۲۰ کیلومتری شهر تهران واقع شده است. این حوضه بین عرض‌های  $36^{\circ} 51' 31''$  و  $37^{\circ} 23' 23''$  شمالی و طول‌های  $50^{\circ} 21' 00''$  و  $51^{\circ} 16' 16''$  شرقی قرار دارد. وسعت حوضه آبخیز طالقان ۱۳۵۲۰۰ هکتار گزارش شده است. ارتفاع حوضه از سطح دریا ۱۱۰۰ تا ۴۴۰۰ متر متغیر است. رودخانه طالقان در مرکز این حوضه، از گردنه عسلک در غرب کندوان سرچشمه می‌گیرد و به سمت غرب جریان دارد. این رودخانه پس از دریافت شاخه‌های متعدد، سرانجام به رودخانه الموت می‌پیوندد و پس از آن با نام رودخانه شاهرود به دریاچه سد سفید رود می‌ریزد (سردشتی، ۱۳۸۳). در این پژوهش محدوده‌ای به طول ۷/۳ کیلومتر در بالادست دریاچه سد طالقان، از پل گلینک تا پل وشته مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۳).

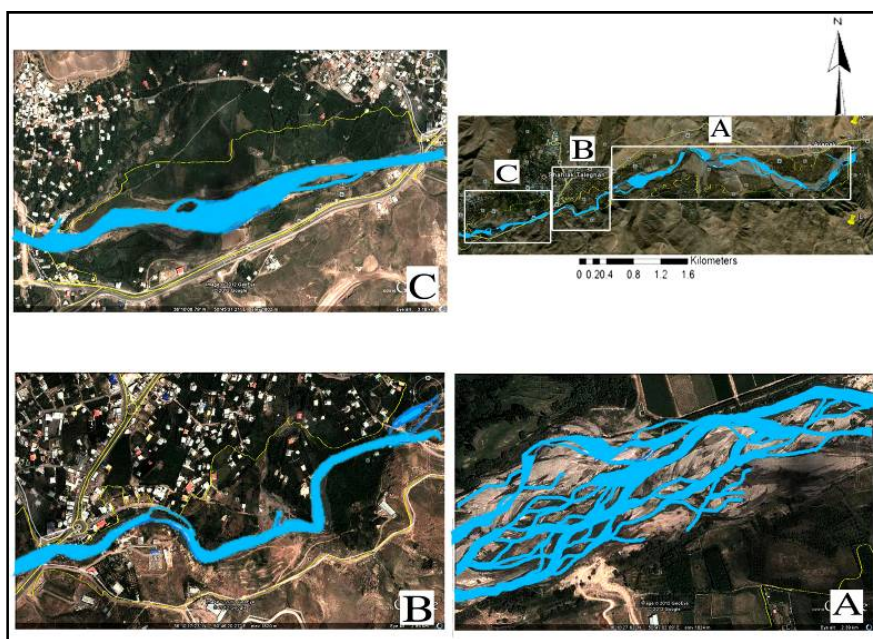


شکل ۳. موقعیت محدوده مورد مطالعه در مسیر طالقان رود



## مواد و روش‌ها

در این بررسی طبقه‌بندی رزگن در سطح I و II انجام گرفته است. برای این کار، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۴۰۰ طالقان رود سازمان آب منطقه‌ای تهران استفاده شد که در مطالعات مرحله اول و دوم ساماندهی رودخانه طالقان و تعیین بستر و حریم بخشی از آن تهیه شده است. همچنین از تصاویر گوگل ارث نیز برای مشخص کردن پلان کلی رودخانه و الگوی کانال بهره‌جویی شد و بازدیدهای میدانی برای تعیین سطح دبی لبریز و دقت اطلاعات دانه‌بندی به عمل آمد. ابتدا با توجه به اینکه روش رزگن نیاز به اطلاعات بسیار دقیق و جزئی دارد و اصولاً روی مناطق کوچک اعمال می‌شود، یک محدوده ۷/۳ کیلومتری انتخاب شد. سپس برای مشخص کردن نوع رود در سطح I، به کمک تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد نظر به سه بخش بر اساس مشابهت ظاهری تقسیم شد. بخش اول از وشته تا پل آهنی (A)، بخش دوم از پل آهنی تا پل شهرک (B) و بخش سوم از پل شهرک تا پل گلینک (C) (شکل ۴). پس از آن الگوی کانال (مستقیم، شریانی<sup>۱</sup>، ماریچی<sup>۲</sup>) بر اساس این تصاویر تعیین شد<sup>۳</sup>. شیب کانال و شکل کانال (باریک - عریض / عمیق - کم‌عمق) نیز با توجه به بازدیدهای میدانی و مقاطعی که روی رودخانه در بخش‌های مختلف با استفاده از نقشه ۱:۴۰۰ ایجاد شده بود، مشخص شد (شکل ۵).

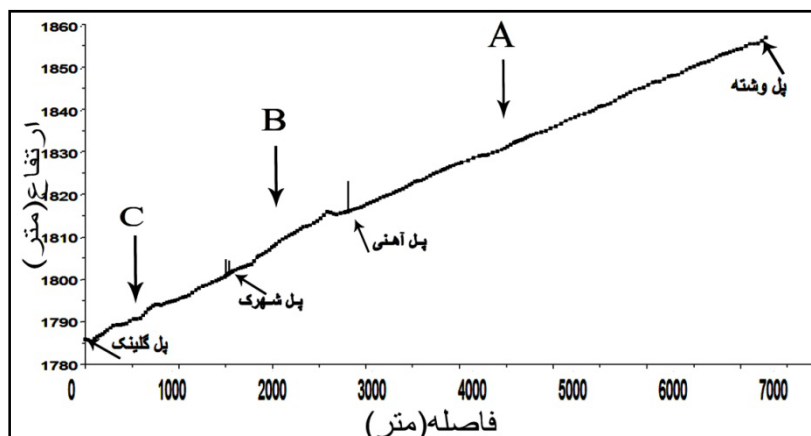


شکل ۴. تفکیک رودخانه بر اساس شکل ظاهری روی تصاویر<sup>۴</sup>

1. Braided
2. Meandering

۳. ضریب خمیدگی برای تعیین مستقیم یا ماریچی بودن رود است که از نسبت طول رودخانه به طول دره آن در امتداد خط تالوگ و در حدفاصل دو نقطه به دست می‌آید. بسیاری از محققان از جمله لئوپلد و ولمن، ضریب خمیدگی ۱/۵ را حداقل مقدار برای شروع پیچان رودی بودن می‌دانند.

4. Google earth, 2012

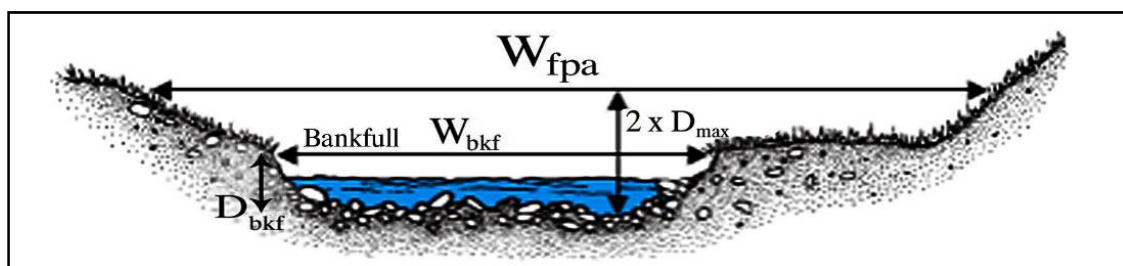


شکل ۵. پروفیل طولی رودخانه در محدوده مورد نظر

برای طبقه‌بندی در سطح II نیاز به بررسی پارامترهایی است که در زیر به توضیح هر یک پرداخته می‌شود:

۱. **نسبت گودافتادگی:** این نسبت در حقیقت عرض سیلاب دشت ( $W_{fpa}$ ) به عرض سطح آب در حالت دبی لبریز ( $W_{bf}$ ) است. برای تعیین عرض سیلاب دشت، از عرض رود در ارتفاعی معادل دو برابر حداکثر عمق آب در دبی لبریز استفاده می‌شود. این معیار با نماد ER نشان داده می‌شود، هرچه این نسبت افزایش یابد بیانگر پیشرفت رود در سیلاب دشت است.

۲. **نسبت عرض به عمق:** نسبت عرض آبراهه در دبی لبریز به عمق متوسط برای همان دبی است و با نماد ( $W/D$ ) نشان داده می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶. مقطع عرضی و پارامترهای مورد نیاز در طبقه‌بندی رزگن

۳. **سینوسیته:** نسبت طول رودخانه به طول دره آن در امتداد خط تالوگ که از حد فاصل دو نقطه به دست می‌آید.

۴. **شیب کانال:** این شیب در هر بخش به صورت مجزا با توجه به نیمرخ طولی رود تعیین شده است.

۵. **مواد بستر:** اندازه مواد بستر و کناره‌های رودخانه که بیانگر درجه پایداری رود است. رزگن مواد بستر را به شش دسته تقسیم کرده است: ۱. بستر سنگی ( $> 2048$  mm); ۲. صخره ( $2048 - 256$  mm); ۳. قلوه سنگ ( $256 - 64$  mm);

۴. شن ( $2 - 64$  mm); ۵. ماسه ( $0.062 - 2$  mm) و ۶. رس ( $< 0.062$  mm).



پارامترهای مورد نیاز سطح I با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی به‌دست آمد. در سطح II نیز پارامترهای هر بخش در فواصل مناسب با استفاده از مقاطعی محاسبه شد که به‌کمک نقشه ۱:۴۰۰ روی رود ایجاد شده بود. همچنین محاسبه سینوسیته و شیب نیز با بهره‌جویی از نقشه‌های توپوگرافی انجام گرفت. درنهایت از داده‌های سازمان آب منطقه‌ای برای مشخص کردن دانه‌بندی مواد استفاده شد. سازمان آب منطقه‌ای برای دانه‌بندی رسوبات با استفاده از یک اشل مناسب و با در نظر گرفتن یک شبکه مشخص و عکسبرداری از هر بخش در محیط Arc GIS این عکس‌ها را مقیاس‌دار کرده و مساحت دانه‌ها، شعاع دایره معادل، حجم کره معادل و سپس وزن ذرات را به‌دست آورده و سرانجام منحنی دانه‌بندی مطلوب را ترسیم کرده است. با توجه به مدل به‌کارگرفته شده در این پژوهش، برای افزایش دقت اطلاعات دانه‌بندی، طی بازدیدهای میدانی منطقه مطالعاتی به شش بخش تقسیم شد و در هر بخش مقطعی مد نظر قرار گرفت. سپس در طول هر مقطع با فواصل دومتر، چندین نمونه در ابعاد حدود ۳۰ سانتی‌متر از سطح بستر رودخانه و متناسب برای کار مورفومتری برداشت شد و از تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری به عمل آمد. در ادامه اندازه رسوبات هر مقطع (که معرف نوع بافت رسوب هر مقطع بود) گروه‌بندی شدند. در مرحله نهایی، نتایج محاسبات مورفومتری و میانگین‌گیری یافته‌های مشاهده‌ای با داده‌های جدول سازمان آب منطقه‌ای مقایسه شد و نتایج به‌دست آمده، یافته‌های سازمان آب منطقه‌ای را تأیید کرد.

### یافته‌های پژوهش

برای طبقه‌بندی در سطح I نیاز به تعیین الگوی کانال بود که به‌کمک تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی از محل، تصاویر لازم به‌دست آمد. همان‌گونه که در تصاویر دیده می‌شود، الگوی کانال در بخش A شریانی و در بخش B و C مستقیم و تک‌شاخه است (شکل‌های ۷، ۸ و ۹).



شکل ۸. الگوی مستقیم کانال در بخش B



شکل ۷. الگوی شریانی کانال در بخش A



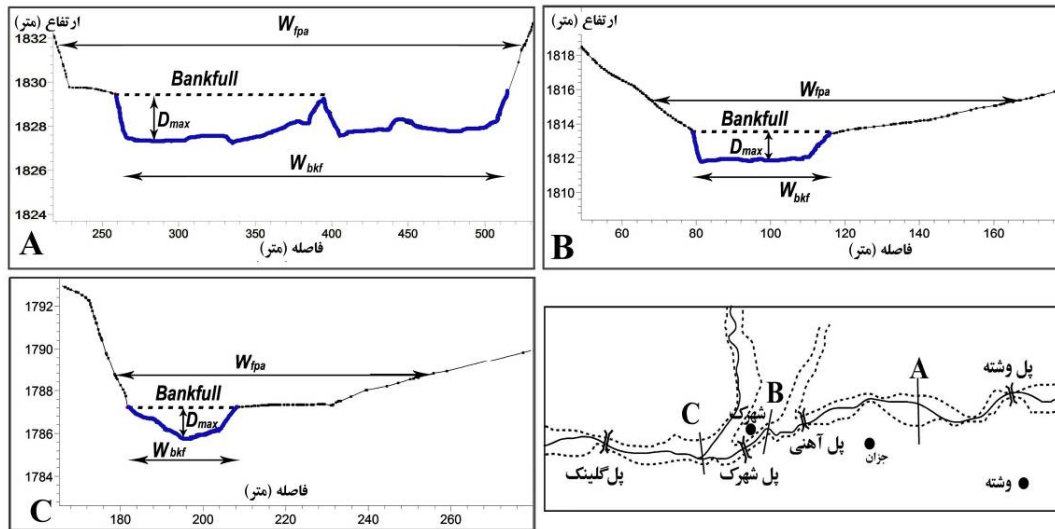
شکل ۹. الگوی مستقیم کانال در بخش C

با بازدیدهای میدانی و استفاده از نقشه‌های ۱:۴۰۰، مشخص شد شکل کانال در بخش A عریض و کم‌عمق و در بخش B و C باریک و نسبتاً عمیق است. شیب کانال نیز با استفاده از نیمرخ طولی به دست آمد. برای بررسی پارامترهای مورد نیاز در سطح II، روی رودخانه در هر بخش و در فواصل مناسب چندین مقطع زده شد (یازده مقطع در بخش A و پنج مقطع در بخش B و C). پس از محاسبه پارامترهای مورد نیاز از این مقاطع، از نتایج آنها میانگین گرفته شد که نتایج حاصل از میانگین‌گیری در جدول ۱ گردآوری شده است.

جدول ۱. پارامترهای تعدیل شده مورد نیاز جهت طبقه‌بندی رزگن

نام مقطع	C	B	A
الگوی رودخانه	مستقیم	مستقیم	شریانی
شکل رود	باریک عمیق	باریک عمیق	عریض، کم‌عمق
شیب رودخانه	۰/۰۱۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱
سینوسیته	۱/۲۰	۱/۲۱	۱/۱
شاخص گودافتادگی	۲/۱۹	۱/۷۲	—
نسبت عرض به عمق	۵۰/۲۵	۲۲/۲۹	۱۸۹/۰۵
جنس مواد بستر	قلوه‌سنگ	قلوه‌سنگ	قلوه‌سنگ
طبقه‌بندی رزگن	B <sub>۳c</sub>	B <sub>۳c</sub>	D <sub>۳</sub>

شکل ۱۰ نمونه‌ای از این مقاطع را برای مقایسه نشان می‌دهد. اولین پارامتر شاخص گودافتادگی است، برای بررسی این شاخص در بخش A با توجه به مساحت آن و متغیر بودن شرایط رود در این بخش، از یازده مقطع استفاده شد. در بخش B و C رود پنج مقطع عرضی در فواصل متناسب در نظر گرفته شد که رقم نهایی این شاخص از میانگین این پنج مقطع به دست آمد. از آنجاکه در بخش A رود چندشاخه شده است و جزء زیرمجموعه رودهای نوع D شمرده می‌شود، رقم به دست آمده در نتایج نهایی مؤثر نخواهد بود، اما در بخش B میزان این شاخص ۱/۷۲ و در بخش C برابر با ۲/۱۹ به دست آمد که در هر دو مورد این مقادیر بین ۱/۴ تا ۲/۲ بوده و رود را در زیرمجموعه رودهای گروه B جای می‌دهد.



شکل ۱۰. نمونه‌های مقاطع عرضی در بخش‌های A، B و C

برای تعیین نسبت عرض به عمق نیز از نیمرخ‌های در نظر گرفته شده بهره‌جویی شد. پس از میانگین‌گیری در ارقام حاصل از این نسبت، مقدار آن برای بخش A ۱۸۹/۰۵ به‌دست آمد و بر اساس طبقه‌بندی رزگن جزء زیر مجموعه رودهای نوع D قرار گرفت. نسبت عرض به عمق در بخش‌های B و C به‌ترتیب ۲۲/۲۹ و ۵۰/۲۵ محاسبه شد و از آنجاکه رقم به‌دست آمده بیشتر از ۱۲ است، هر دو بخش در گروه رودهای نوع B جای می‌گیرند. ضریب سینوسیته از روی نقشه‌های توپوگرافی محاسبه شد و در تمام موارد مقدار این ضریب از ۱/۵ کمتر بوده است، در نتیجه کانال را می‌توان مستقیم نامید. در بخش A مقدار این ضریب (۱/۰۷) کوچکتر از ۱/۲ است و در دسته رودهای نوع D قرار می‌گیرد. در بخش B مقدار ضریب ۱/۲۱ است و جزء زیرمجموعه B است، بخش C نیز با توجه به ضریب سینوسیته به‌دست‌آمده‌اش (۱/۲۰) در گروه طبقه B جای می‌گیرد.

شیب رودخانه در بخش A برابر ۰/۰۱، در بخش B برابر ۰/۰۱۱ و در بخش C برابر ۰/۰۱۰۹ محاسبه شده است. اندازه مواد بستر و کناره‌های رودخانه بیانگر درجه پایداری رود است. رزگن مواد بستر را به شش دسته زیر تقسیم کرده است:

- |                                      |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| ۱. بستر سنگی ( $> 2048 \text{ mm}$ ) | ۲. صخره (۲۰۴۸-۲۵۶ mm)          |
| ۳. قلوه‌سنگ (۶۴ - ۲۵۶ mm)            | ۴. شن (۲-۶۴ mm)                |
| ۵. ماسه (۲ mm - ۰/۰۶۲ mm)            | ۶. رس ( $< 0/062 \text{ mm}$ ) |

۱. در طبقه‌بندی رزگن، سینوسیته برای رودهای نوع D بسیار کم است و از آنجاکه این رودها شاخه‌های بسیاری دارند، در اکثر موارد اندازه‌گیری ضریب سینوسیته آنها امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل دیوید رزگن برای این طبقه از شاخص سینوسیته چشم‌پوشی کرده و صرفاً آنها را دارای سینوسیته کم دانسته است. در این پژوهش چون شاخه‌ها به هم نزدیک بودند، از حد میانی آنها استفاده شد و ضریب مورد نظر به‌دست آمد. نتایج، رقم پایین این ضریب را نشان می‌دهد که در مقایسه با ضرایب طبقات دیگر، رقم کمی دارد.

برای تعیین دانه‌بندی رسوبات کف و بستر سواحل، نیاز به اندازه‌گیری  $D_{50}$  بود؛ یعنی اندازه ۵۰ درصد رسوبات کمتر از مقدار معین و ۵۰ درصد دیگر بالاتر از این مقدار است. این شاخص را شرکت آب منطقه‌ای تهران در مطالعات فرسایش و رسوب تعیین بستر و حریم بخشی از رودخانه طالقان اندازه‌گیری کرده است و همان‌گونه که پیش از این گفته شد، در مطالعات میدانی و برداشت رسوبات و مورفومتری آنها، دقت این اندازه‌ها بررسی شد (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳). نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که اندازه  $D_{50}$  در بخش B و C  $89/6$  میلی‌متر و در بخش A  $112$  میلی‌متر است و در هر دو مورد این مقادیر بین  $266-64$  میلی‌متر قرار دارد، بنابراین اندازه ذرات رسوبات در حد قله‌سنگ است.



شکل ۱۲. دانه‌بندی رسوبات در بخش B



شکل ۱۱. دانه‌بندی رسوبات در بخش A



شکل ۱۳. دانه‌بندی رسوبات در بخش C

برای مشاهده نتایج حاصل از میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده هر سه مقطع برای تعیین ضریب نهایی، به جدول ۱ مراجعه شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی رفتار رودخانه با توجه به شکل ظاهری آن و تعمیم نتایج به رودهای مشابه، یکی از اهداف طبقه‌بندی رودها به لحاظ مورفولوژیکی است که انواع رودها را براساس حساسیت نسبت به آشفستگی ناشی از افزایش حجم و زمان جریان یا

افزایش رسوبات، پتانسیل احیا و ساماندهی رودخانه، آورد رسوبی شامل بار کف و بار معلق که از جنس بستر و کناره‌های رود است، اثر کنترل پوشش گیاهی که بر نسبت عرض به عمق و پایداری مجرا مؤثر است و پتانسیل فرسایش‌پذیری سواحل، مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

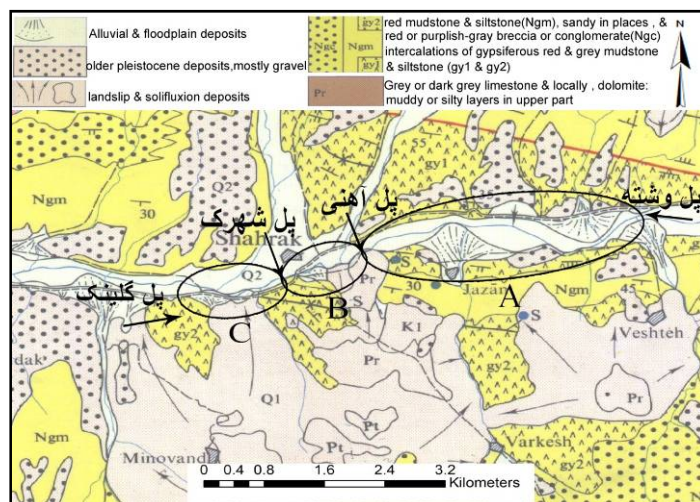
دیوید رزگن برای هر یک از انواع رودخانه، تفاسیر مدیریتی خاصی را بیان داشته است. این تفاسیر انواع رود را برحسب حساسیت نسبت به تغییر، پتانسیل احیای آورد رسوبی، اثر کنترل پوشش گیاهی و پتانسیل فرسایش‌پذیری سواحل مورد ارزیابی قرار می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد رودخانه مورد مطالعه در بالادست که ۴/۵ کیلومتر از طول رود را دربرمی‌گیرد، دارای درجه حساسیت به آشفتگی خیلی زیاد، پتانسیل احیای ضعیف، تغذیه رسوبی خیلی زیاد، پتانسیل فرسایش کناره‌های خیلی زیاد و تأثیر کنترلی پوشش گیاهی متوسط است. باید توجه داشت که در این بخش جنس سنگ‌ها عمدتاً از ژئوپس و مادستون و سیلتستون است. به علاوه، بخش وسیعی از دره با رسوبات آبرفتی و سیلابی پوشیده شده و همین مواد سست باعث افزایش رسوبات و حساسیت رود در این منطقه شده است. همچنین شیب کم عامل اصلی الگوی شریانی رود در این قسمت 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 این محدوده خواهد بود. با توجه به اینکه اطراف این منطقه را زمین‌های کشاورزی پوشانده و مناطق مسکونی در حاشیه رود و به‌ویژه در محدوده مورد مطالعه به لحاظ نزدیکی به شهرک طالقان رو به افزایش است، لذا ناپایداری بستر رود در این بخش تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت‌وسازهای اطراف شمرده می‌شود. با توجه به این مسئله لازم است اقدامات ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی انجام گیرد (جدول ۲).

دو بخش پایین دست که ۲/۸ کیلومتر از طول رود را دربرمی‌گیرد، دارای درجه حساسیت به آشفتگی کم، پتانسیل احیای عالی، تغذیه رسوبی کم، پتانسیل فرسایش کناره‌های کم و تأثیر پوشش گیاهی متوسط است. گفتنی است، در بخش B شکل کانال با توجه به بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی تا حد زیادی ناشی از ویژگی‌های سنگ‌شناسی منطقه است و توده‌های سخت مانع از گسترش بستر رود شده‌اند، جنس سنگ‌ها عمدتاً از آهک و دولومیت‌های مقاوم بوده و همچنین رسوبات قدیمی تر پلیئوستوسن و گراول، مانعی در جهت توسعه دره هستند. وجود لغزشی قدیمی با حرکت به سمت دره رود و در نتیجه آن، کاهش بستر را در این بخش باید عوامل نامبرده افزود (شکل ۱۴).

جدول ۲. تفاسیر مدیریتی الگوهای رودخانه

الگوی جریان	درجه حساسیت به آشفتگی	پتانسیل احیا	تغذیه رسوبی	پتانسیل فرسایش کناره‌ها	تأثیر کنترلی پوشش گیاهی
D <sub>r</sub>	خیلی زیاد	ضعیف	خیلی زیاد	خیلی زیاد	متوسط
B <sub>rc</sub>	کم	عالی	کم	کم	متوسط





شکل ۱۴. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

این تفاسیر می‌توانند در مواردی چون، ارزیابی اثرات بالقوه و تحلیل ریسک و جهت‌گیری مدیریت سیستم با توجه به نوع رود کاربرد داشته باشند. این اطلاعات تفسیری که بر اساس نوع رود استوار است، می‌تواند برای تنظیم راهنمای مدیریت حوضه آبریز و اطراف رودخانه که شامل فعالیت‌هایی چون کاربری اراضی حاشیه، برداشت شن و ماسه است و نیز راهنمای مدیریت ساحلی، مدیریت واریزه، مدیریت سیلاب دشت، آنالیز اثرات تجمعی، تنظیم جریان از سدهای مخزنی و انحرافی و... به کار رود (سبزیوند، ۱۳۸۶).

## منابع

- ارشد، ص؛ مرید، س؛ میر ابوالقاسمی، ه (۱۳۸۶). بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور: مطالعه موردی رودخانه کارون از گتوند تا فارسیات (۸۲-۱۳۶۹). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۶، صص ۱۹۵-۱۸۰.
- ترابی‌زاده، ع؛ بینا، م؛ شفاعی بجستانی، م. (۱۳۸۸). ارزیابی مورفولوژیکی بازه‌ای از رودخانه زهره با استفاده از طبقه‌بندی رزگن. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، ۸-۶ بهمن، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- رضایی‌مقدم، م. ح؛ ثروتی، م. ر؛ اصغری سراسکانرود، ص. (۱۳۹۱). بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی (محدوده بین ۳۰ کیلومتری شهرستان میانه تا مرز سیاسی استان زنجان). جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره ۱۰، شماره ۳۴، صص ۱۰۲-۸۵.
- سبزیوند، ر؛ هاشمی آونجی، س. ج؛ مجدزاده طباطبایی، م. ر؛ شفاعی بجستان، م. (۱۳۸۶). طبقه‌بندی رودخانه‌ها از دیدگاه ریخت‌شناسی. یزد: انتشارات ستاوند.
- سردهشتی، م. (۱۳۸۳). بررسی مورفودینامیک حوضه آبخیز طالقان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور (RS & GIS). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه تربیت معلم تهران.



- طالبی، ل. و بایزیدی، ش. (۱۳۸۷). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی Rosgen (مطالعه موردی: رودخانه سبز کوه). هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۳-۲۱ آبان، دانشگاه صنعت آب و برق.
- مختاری، د. (۱۳۸۸). نقش عوامل غیر رودخانه‌ای در تغییرات مورفولوژی مسیر آبراهه‌ها؛ مطالعه موردی: رودخانه باغ‌لار در دامنه شمالی میشو داغ (شمال غرب ایران). مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، دوره ۹، شماره ۲۶، صص. ۱۳۵-۱۱۳.
- مقصودی، م.؛ کامرانی دلیر، ح. (۱۳۸۷). ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه تجن). پژوهش جغرافیای طبیعی، دوره ۴۰، شماره ۶۶، صص. ۵۵-۳۷.
- نوحه‌گر، ا.؛ حسین‌زاده، م. م.؛ افشار، ط. (۱۳۸۹). تغییرات ژئومورفولوژیک نیمرخ طولی و عرضی علیای رودخانه میناب (از سد تا پل میناب). جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران). سال هشتم، شماره ۲۴، صص. ۱۱۸-۱۰۲.
- 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.؛ علایی طالقانی، م. و شهبازی، ص. (۱۳۹۰). مورفوتکتونیک و تأثیر آن بر تغییرات بستر و الگوی رودخانه قره‌سو. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دوره ۹، شماره ۱۷، صص. ۱۴۳-۱۲۵.
- یمانی، م. و شرفی، س. (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۳، شماره ۱، صص. ۳۲-۱۵.
- یمانی، م. و علمی‌زاده، ه. (۱۳۹۰). بررسی علل ناپایداری آبراهه‌ها در سطح دلتای کل (غرب بندر عباس). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صص. ۱۵-۱.
- یمانی، م. و کامرانی دلیر، ح. (۱۳۸۹). تأثیر تغییرات سطح اساس در ریخت‌شناسی بستر رودخانه‌های محدوده دلتای سفیدرود. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، دوره ۴، شماره ۱۶، صص. ۷۴-۶۱.

Arshad, S., Morid, S., Mir Abolghasemi, H., 2007, **Evaluation of Morphological Changes in Rivers Using Remote Sensing: A Case Study of the Karun River, From Gotvand to Farsyat (1990 to 2003)**, Agricultural Sciences and Natural Resources, Vol. 14, No. 6, PP. 180-193.

Bayazidi, S., Talebi, L., 2009, **Application of Classification View of River Morphology by Rosgen Method (Case Study: Sabz Kooh River)**, Eighth International Mechanical Engineering Congress, 21-23 May.

Haghsenas, A., 1995, **Landslide Hazard Zonation and Its Relation to Sediment Production in Watershed Taleqan**, Thesis Master of Engineering Geology, Faculty of Science, Tarbiat Modarres University, Tehran.

Harman, W.A., Jennings, G.D., 1990, **Application of the Rosgen Stream Classification System to North Carolina**, Published by North Carolina Cooperative Extension Service.

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.

Leopold, L.B. and Wolman, M.G., 1957, **River Channel Patterns: Braided, Meandering, and Straight**, U.S. Geological Survey Prof, Government Printing Office.

Maghsoudi, M., Kamrani Dalir, H., 2008, **Evaluation of Active Tectonic in Setting of River Channels: A Case Study in Tajan River**, Physical Geography Research, Vol. 40, No. 66, PP. 37-55.

Mokhtari, D., 2009, **The Role of Other Factors in Changes of River Morphology, the Case Study: River Baghlar on the Northern Slopes of Mishoo Dagh (North West of Iran)**, Journal of geographical space, Vol. 9, No. 26, PP. 113- 135.

Mousavi, S.M., 2012, **Application of Rosgen Classification the Ziarat Watershed Gorgan**, Journal of American Science, Vol. 8, No. 4, PP.184-189.

- Nohegar, A., Hosseinzadeh, M. M., Afshar, T., 2000, **Geomorphological Changes in Longitudinal and Lateral of upper Minab River Profile (from the Dam to the Minab Bridge)**, Geography (Journal of Geographic Society of Iran), Vol. 8, No. 24, PP. 137-158.
- Rezae Moghadam, M.H., Servati, M.R., Asghri Sareskanroud, S., 2012, **Investigation of Mendering Pattern in Qezel Ozan River by Using Bends Indices and Central Angles Indexes (between 30 km from the Miyaneh City to the Zanjan Province Boundaries)**, Journal Community Geography of Iran, Vol. 1, No. 34, PP. 102-85.
- Rosgen, D.L., 1994, **A Classification of Natural Rivers**, Journal of Catena, Vol. 22, PP. 169-199.
- Rosgen, D.L., 1996, **Applied River Morphology**, Wildland Hydrology, Pagosa Springs.
- Sabzivand, R., Hashemi Avenji S.G., Majdzadeh Tabatabai, M. R. and Shafai Bajestan, M., 2007, **Classification of river from morphology opinions**, Setavand Publisher, Yazd.
- Talebi, L., Bayazidi, S., 2008, **Changes in River Morphology by Using the Rosgen Classification (Case Study: Sabz Kooh River)**. Seventh Iranian Hydraulic Conference, Power and Water University of Technology.
- Torabizadeh, A., Bina, M., Shafai Bajestani, M., 2009, **Morphological Assessment of the Zohreh River by Rozgen Classified Method**, Eighth International Conference on River Engineering, University of Chamran, Ahvaz, 26-28 Jan.
- Yamani, M., Alae Taleghani, M., Shahbazi, S., 2011, **Morphotectonic and its Effect on the Pattern and Changes of River Bed in the Qarasoo River**, Journal of Geography and Regional Development, Vol. 9, No. 17, PP. 125-143.
- Yamani, M., Elmizadeh, Hiva, 2011, **Causes of Instability in the Rivers of the Kol Delta (West of Bandar Abbas)**. Physical Geography Researches, Vol. 43, No. 78, PP. 1-15.
- Yamani, M., Hosseinzadeh, M., 2002, **Changes in the Pattern of Talar River on the Coastal Plain of Caspian Sea**, Geographical Researches, Vol. 9, No. 43, PP. 122-109.
- Yamani, M., Kamrani Dalir, H., 2010, **The Effect of Changes in Rivers bed Morphology of Sefidrood River Delta Area**, Journal of Iran Geology, Vol. 4, No. 16, PP. 74-61.
- Yamani, M., Sharafi, S., 2012, **Geomorphology and Effective Factors on River Bank Erosion of Horrood River in Lorestan Province**, Journal of Geography and Environmental Planning, Vol. 23, No. 1, PP. 32-15.