



ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه‌ی طالقان با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک

کاظم نصرتی^{۱*}، میلاد رستمی^۲، زهرا اطمینان^۳

۱- دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهبشتی، تهران

۲- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهبشتی، تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهیدبهبشتی، تهران

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰

وصول مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌های طبیعی پیچیده‌ای هستند که طبقه‌بندی آنها می‌تواند درک بهتری از مطالعه فرآیندها و اشکال رودخانه فراهم آورد. رودخانه‌ها از نظر شکل کانال و میزان پویایی بسیار متعدد هستند. هدف از این مطالعه ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه‌ی طالقان واقع در استان البرز با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک (MQI) می‌باشد. در این روش عوامل مؤثر شامل دخالت‌های انسانی، پوشش گیاهی و پیوستگی فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشد. به این منظور ۶ بازه در بالادست رودخانه‌ی طالقان مشخص شد و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی میزان MQI برای هر بازه‌ی مشخص گردید. برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک بازه‌های رودخانه سه جنبه‌ی پیوستگی فرآیندهای رودخانه‌ای (طولی و عرضی)، شرایط مورفولوژیکی کانال، شکل مقطع عرضی و رسوبات بستر و پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفت، که این جنبه‌ها در قالب سه مؤلفه عملکردهای ژئومورفولوژیک، فرآیندها و اشکال رودخانه‌ای (F)، مصنوعی (A) و تعدیل‌های کانال (CA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بازه‌ی شماره‌ی ۱ با محدوده‌ی امتیاز ۰/۷۱ در طبقه خوب قرار گرفت که از دلایل آن دخالت‌های کم انسانی و واقع بودن در بالادست رودخانه بوده است. اما بازه‌های ۲، ۳، ۵ و ۶ به ترتیب با امتیازهای ۰/۵۸، ۰/۵۴، ۰/۵۹ و ۰/۶۱ در طبقه متوسط قرار می‌گیرند که این بازه‌ها نسبت به بازه‌ی ۱ میزان دخالت‌های انسانی در آنها بیشتر بوده است و در بازه‌ی ۴ امتیاز MQI ۰/۴۹ می‌باشد که در طبقه‌ی ضعیف قرار می‌گیرد که دلیل آن دخالت‌های انسانی از جمله برداشت شن و ماسه و سازه‌هایی مانند پل می‌باشد. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که مدل MQI جهت طبقه‌بندی رودخانه در دامنه‌ی جنوبی البرز مناسب است.

کلمات کلیدی: شاخص MQI، رودخانه‌ی طالقان، شرایط هیدروژئومورفولوژیکی، طبقه‌بندی رودخانه.

۱- مقدمه

از مباحث عمده و کلیدی در ژئومورفولوژی، مهندسی و مدیریت رودخانه موضوع مورفولوژی کانال‌های رودخانه‌ای است. مجرای رودخانه بازتابنده ویژگی‌های حوضه‌ی آبریز مانند شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، اقلیم و فعالیت‌های کاربری اراضی در حوضه است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۲). رودخانه‌ها به خودی خود طی سال‌های متمادی دستخوش تغییرات می‌شوند، اما امروزه انسان‌ها با دخالت و دستکاری طبیعت توسط ایجاد سازه‌هایی مانند ساخت جاده‌ها پل‌ها و ... به تسریع این فرایند دامن زده‌اند. به منظور درک و شناخت بیشتر رودخانه‌ها می‌توان آنها را طبقه‌بندی نمود. با توجه به اهمیت شناخت رودخانه‌ها از نظر هیدروژئومورفولوژی در این مطالعه به ارزیابی و آنالیز رودخانه‌ی طالقان با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیک (MQI) پرداخت شده است در محدوده‌ی بالادست سد طالقان از این شاخص جهت طبقه‌بندی از روی کیفیت بهره‌گیری شده و کارایی مدل مورد ارزیابی قرار گرفته‌ست. در این پژوهش فرضیه‌ی نویسندگان این است که عامل تأثیرگذار در تفاوت کیفیت مورفولوژیکی در بازه‌های مختلف رودخانه‌ی طالقان، عوامل انسانی است. تاکنون مطالعات فراوانی در این راستا در جهان صورت گرفته است که در ادامه به تعدادی از آنها پرداخته می‌شود. روی و ساهو^۱ (۲۰۱۶) با استفاده از روش راسگن به مطالعه‌ی ۳۴ سرشاخه از حوضه بنگال غربی هند پرداختند و بیان کردند که حوضه‌هایی با کاربری غالب کشاورزی و جنگل به ترتیب در گروه رودخانه‌های نوع B و C قرار گرفتند. و در این حوضه‌ها، میزان فرسایش و نوع مواد بستر رودخانه‌هایی با کاربری غالب کشاورزی و جنگلی تفاوت آشکاری را نشان دادند. پره‌گون^۲ (۲۰۱۶) با استفاده از روش راسگن، خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه Berettyo را تشریح کرد. او بر اساس طبقه‌بندی راسگن، نوع رودخانه‌ی مئاندری و دارای سینوسیته متوسط تا زیاد (نوع C) و زیاد (نوع E) را تشخیص داد. در حالی که داده‌های واقعی نشان‌دهنده‌ی سینوسیته کم رودخانه بودند.

1- Roy and Sahu

2- Pregun

رینالدی^۱ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک به ارزیابی و آنالیز شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه‌های ایتالیا پرداخته‌اند که در آن به تحول کیفیت مورفولوژیکی جریان توسط یک فاز از تقسیم‌بندی به بازه‌های رودخانه با مشخصه‌های مورفولوژیکی یکنواخت پرداخته‌اند. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک به ارزیابی و تحلیل شرایط رودخانه لایچ پرداخته‌اند و با توجه به نتایج به دست آمده و امتیازاتی که از مدل به دست آورده رودخانه لایچ را بر اساس کیفیت هیدروژئومورفولوژیک طبقه‌بندی کرده‌اند. پیروان و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی به بررسی روند تغییرات رود قزل‌اوزن سفلی و طبقه‌بندی مورفولوژیکی این رودخانه پرداختند و نتایج به دست آمده حاکی از آن است که بیش از ۷۵٪ جابجایی محور رودخانه به سمت جناح چپ بوده و احداث هرگونه سازه و راه در جناح چپ خطرآفرین خواهد بود. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به تحلیل وارزیابی فرسایش کناره‌ای و پایداری رودخانه قرانقوچای هشتروند با استفاده از مدل BEHI پرداختند. با توجه به مرور پیشینه مشخص شد که شاخص کیفی مورفولوژیک در بررسی شرایط هیدروژئومورفولوژیک کمتر مورد توجه قرار گرفته است و بدین ترتیب هدف از این مطالعه ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه طالقان با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک بود.

۲- مواد و روش‌ها

- ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه شامل حوضه‌ی آبریز بالادست سد طالقان با وسعت حدود ۹۴۰ کیلومتر مربع، با طول تقریبی ۵۰ کیلومتر و عرض بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر و ارتفاع متوسط وزنی ۲۷۳۵ متر بوده و از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده‌ی $36^{\circ} 05' 40''$ تا $21^{\circ} 5'$ 36° عرض شمالی و $50^{\circ} 36' 40''$ تا $51^{\circ} 11' 16''$ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). از نظر تقسیمات محدوده‌های مطالعاتی وزارت نیرو نیز جزو محدوده‌ی مطالعاتی طالقان است.

1- Rinaldi

- ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه

جهت ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه-ی طالقان از شاخص کیفی مورفولوژیک (MQI) استفاده شده است. ابتدا برای این کار شش بازه در محدوده‌ی بالادست رودخانه طالقان انتخاب شد و اقدام به نقشه‌برداری، نمونه‌برداری و مشاهدان میدانی در این بازه‌ها جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شاخص مورد نظر شد. شاخص کیفیت مورفولوژیکی ابتدا در ایتالیا توسط رینالدی و همکارانش در سال ۲۰۱۳ ارائه گردید، پس از آن در سایر کشورهای اروپایی در چهار چوب پروژه بهسازی گسترش یافت و به کار گرفته شد. این شاخص برای رودخانه‌های با انرژی کم به کار گرفته می‌شود (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۶).

برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک بازه‌های رودخانه سه جنبه زیر مورد توجه بوده است:

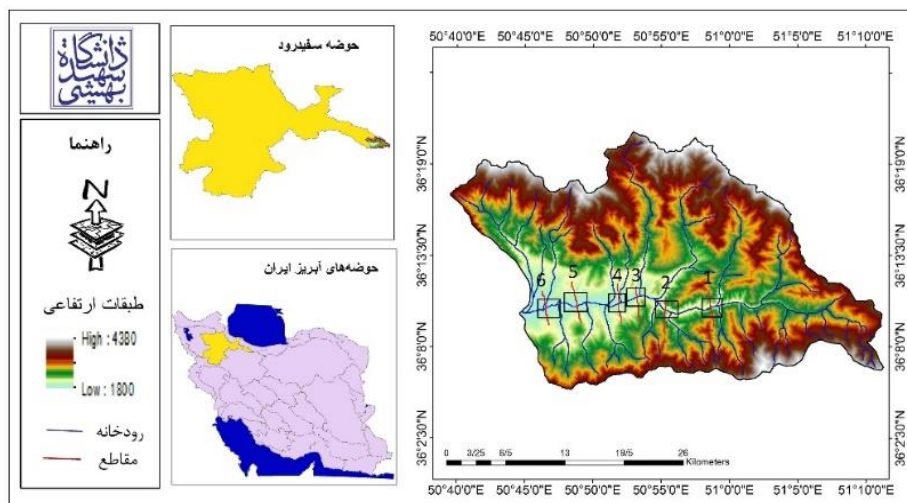
۱- پیوستگی فرآیندهای رودخانه‌ای (طولی و عرضی)

۲- شرایط مورفولوژیکی کانال، شکل مقطع عرضی و رسوبات بستر

۳- پوشش گیاهی

این جنبه‌ها در قالب سه مولفه‌ی زیر مورد تحلیل قرار گرفته‌اند:

الف) عملکردهای ژئومورفولوژیکی فرایندها و اشکال رودخانه‌ای (F) (ب) مصنوعی (A) (ج) تعدیل‌های کانال (CA).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز طالقان و بازه‌های هیدرولوژیک انتخابی

Fig (1) Geographical location of Taleghan Drainage Basin and selected hydrological reaches

– شاخص ارزیابی مورفولوژیک رود

گروه اول شامل شاخص‌های عملکردی ژئومورفولوژیک است. این مجموعه شاخص‌ها (F1-F13) برای بررسی آیا اشکال و فرایندهای کانال منطبق با نوع مورفولوژی مورد انتظار هستند یا خیر، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. جدول (۱) پارامترها، روش‌های ارزیابی و محدوده‌ی کاربرد هر یک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد. در این مطالعه فرسایش کناره‌ای بر مبنای مطالعه‌ی پیشین نویسندگان (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۷) به روش NBS برآورد شده است. در جدول (۲) نیز هریک از شاخص‌ها طبقه‌بندی شده و طبقات و امتیازهای آنها تعیین می‌گردد.

جدول (۱) تعریف پارامترها، روش‌های ارزیابی و محدوده‌ی هر یک از شاخص‌ها (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۶)
Tab (1) Parameters definition, methods assessment and range of each indicator (Rinaldi et al., 2016)

محدوده‌ی کاربرد	روش‌های ارزیابی	شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی
همه‌ی انواع رود	سنجش از راه دور یا پایگاه مداخلات سازه‌های عرضی: بررسی میدانی؛ ارزیابی گیرش رسوب به صورت جزئی یا کلی (کیفی)	F1- پیوستگی طولی در شار رسوب و چوب، وجود سازه‌های عرضی (سدهای سیم و توری، سدهای کنترلی، پل‌ها و...) به صورت بلقوه ممکن است شار طبیعی رسوب و چوب را در امتداد رود تغییر دهد
PC-U در مورد رودخانه‌های کوهستانی با بیش از ۳٪ و مخروط افکنه‌ها بررسی نمی‌شود	سنجش از راه دور و جی آی اس: اندازه‌گیری از بخش طولی و عرضی (کمی) بررسی میدانی؛ شناسایی و بررسی دشت سیلابی جدید (کیفی)	F2- وجود یک دشت سیلابی جدید، طول و عرض یک دشت سیلابی جدید
C	سنجش از دور و جی آی اس: شناسایی و اندازه‌گیری طول عناصر قطع‌کننده (کمی)، بررسی میدانی؛ بررسی عناصر قطع‌کننده‌ی (کیفی)	F3- پیوستگی رودخانه و دامنه و وجود عناصر قطع‌کننده مثلاً جاده در حریم ۵۰ متری از رودخانه
PC-U در مورد کانال‌های مستقیم _سینوسی با انرژی کم (رودخانه‌های پایین دست، کم شیب و یا بار بستری) محاسبه نمی‌شود	سنجش از دور یا بررسی میدانی؛ شناسایی کناره‌های در حال فرسایش (کیفی). (استفاده از مدل‌های کمی جهت برآورد فرسایش کناره‌ای)	F4- فرایندهای پسروری کرانه، وجود یا عدم وجود پسروری کرانه
PC-U	سنجش از دور و جی آی اس: اندازه‌گیری از طول و عرض (کمی)	F5- عرض و طول کریدور فرسایش پذیر یعنی محدوده‌ی بدون سازه‌های مرتبط (مثلاً محافظ‌های کرانه و خاکریزها) یا زیرساخت‌ها مانند خانه‌ها و جاده‌ها
تک کانالی C: برای رودهای سنگ بستری و برای رودهای عمیق جایی که مشاهده بستر امکان پذیر نمی‌باشد ارزیابی نمی‌شود.	نقشه‌های توپوگرافی: میانگین شیب دره (کمی) بررسی میدانی: شناسایی پیکربندی بستر (کیفی)	F6- پیکربندی بستر مرتبط با شیب دره (یعنی کاسکاد، سکو، چالاب و...) شناسایی پیکربندی بستر در مورد وجود ساختارهای عرضی و مقایسه با پیکربندی مورد انتظار بر اساس شیب دره

جدول (۱) ادامه
Tab (1) continued

محدوده‌ی کاربرد	روش‌های ارزیابی	شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی
PC-U: کانال‌های با موانع طولانی یا C: چندکانالی	سنجش از راه دور و جی ای اس: شناسایی و اندازه‌گیری از طول بخش‌های تغییر یافته (کمی)	F7- اشکال و فرایندهای خاص الگوی کانال: درصد طول مسیر با تغییرات طبیعی و ناهمگنی اشکال مورد انتظار برای آن نوع رود که به وسیله‌ی عوامل انسانی ایجاد شده است
PC-U: تنها در مورد رودخانه‌های پیچان رودی در دشت پست (کم شیب) ارزیابی می‌شود	سنجش از راه دور یا بررسی میدانی: شناسایی کنترل اشکال رودخانه (کیفی)	F8- وجود اشکال رودخانه‌ی نمونه در دشت آبرفتی، وجود یا عدم وجود اشکال رودخانه در دشت آبرفتی (مثال: دریاچه نعل اسبی، کانال‌های ثانویه و...)
همه انواع رود: در مورد کانال‌های مستقیم، سینوسی یا پیچان رودی که به صورت طبیعی فاقد موانع باشند (رودخانه‌های مناطق پست، کم شیب و یا بار بستری کم) ارزیابی نمی‌شود	بررسی میدانی: شناسایی / کنترل (کیفی)	F9- تغییر پذیری مقطع عرضی: درصد طول بازه‌ها با تغییرات طبیعی ناهمگن مقطع عرضی مورد انتظار برای آن نوع رود که به وسیله عوامل انسانی ایجاد شده است
همه‌ی انواع رود: برای رودهای سنگ بستری یا بستر ماسه‌ای و یا برای کانال‌های عمیق که مشاهده بستر امکان پذیر نیست، ارزیابی نمی‌شود	بررسی میدانی: بررسی بصری (کیفی)	F10- ساختار بستر کانال: وجود یا عدم وجود تغییرات رسوبات بستر (بستر زره مانند، فراوانی رسوبات ریزدانه، رخنمون سنگ بستری)
همه‌ی انواع رود: در بالاتر از مرز جنگل در رودهای با عدم وجود گیاهان ری پارین (حاشیه‌ی رود) ارزیابی نمی‌شود	بررسی میدانی: بررسی بصری (کیفی)	F11- وجود چوب‌های بزرگ در کانال: وجود یا عدم وجود چوب‌های بزرگ
همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان طبیعی وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود	سنجش از راه دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری عرض متوسط پوشش گیاهی خودرو (کمی)	F12- محدوده‌ی گیاهان عملکردی: میانگین عرض (یا سطح گسترش) گیاهان در کریدور رودخانه که بالقوه با فرایندهای رودخانه ارتباط دارد

جدول (۱) ادامه
Tab (1) continued

محدوده‌ی کاربرد	روش‌های ارزیابی	شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی
همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان طبیعی وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود	سنجش از دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری امتداد طولی پوشش گیاهی در حاشیه‌ی رود (کمی)	F13 - گسترش خطی پوشش گیاهی عملکردی: امتداد پوشش گیاهی طبیعی در امتداد کرانه‌های متصل به کانال
همه‌ی انواع رود	داده‌های هیدرولوژیکی: ارزیابی افزایش / کاهش دبی که به علت مداخلات ایجاد شده است (کمی) در صورت فقدان داده‌های موجود ارزیابی بر اساس مداخلات موجود و کاربرد آن می‌باشد (کیفی)	A1 - تغییرات در بالادست جریان رود: مقدار تغییرات در دبی که به علت مداخلات در بالادست رود رخ داده است
همه‌ی انواع رود	سنجش از دور و GIS: یا پایگاه داده مداخلات، شناسایی ساختارها و مساحت زهکشی مربوطه (کمی)	A2 - تغییر در بالادست دبی رسوب: وجود، نوع و مکان (مساحت زهکشی) سازه‌های مرتبط که موجب گیر افتادن بار بستر می‌شود (سد، بند تنظیمی، سد کوچک)
همه‌ی انواع رود	مراجعه کنید به A1	A3 - تغییر جریان در بازه: مقدار تغییرات در دبی که به وسیله‌ی مداخلات انسانی در بازه ایجاد شده است
همه‌ی انواع رود	سنجش از راه دور و GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی نوع سازه‌ها (کمی)	A4 - تغییر دبی رسوب در بازه: تیپولوژی و تراکم فضایی سازه‌های گیرنده‌ی بار بستر در امتداد بازه (بند تنظیمی، سد کوچک)
همه‌ی انواع رود	سنجش از راه دور و GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی و تعداد سازه‌ها (کمی)	A5 - سازه‌های عرضی: تراکم فضایی سازه‌های عرضی (پل‌ها، پل آب گذر)
همه‌ی انواع رود	سنجش از راه دور و GIS و پایگاه داده مداخلات: طول سازه‌ها (کمی)	A6 - محافظت کناره: طول کرانه‌های محافظت شده (دیوارها، پوشش‌های سنگی، تور سنگی یا گابیون، زیست مهندسی)
PC-U	سنجش از راه دور و GIS و پایگاه داده مداخلات: طول و فاصله‌ی سازه‌ها (کمی)	A7 - خاک ریزهای مصنوعی: طول و فاصله کانال از خاکریزهای مصنوعی

جدول (۱) ادامه

Tab (1) continued

شاخص ها و پارامترهای ارزیابی	روش‌های ارزیابی	محدوده‌ی کاربرد
A8- تغییرات مصنوعی مسیر رودخانه: درصد طول بازه با تغییرات مصنوعی مسیر رود به صورت مستند (قطع شدگی مئاندر، اشغال مجدد کانال رود ...)	اطلاعات تاریخی و کتابخانه ای و پایگاه داده از مداخلات انسانی (کمی)	PC-U
A9 - سایر سازه های تثبیت کننده‌ی بستر: وجود، تراکم فضایی و تیپولوژی سایر سازه- های تثبیت کننده‌ی بستر (کف بند)	سنجش از راه دور و GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی، تعداد یا طول بازه (کمی)	همه‌ی انواع رود
A10 - جابجایی رسوبات: وجود و شدت نسبی فعالیت‌های معادن رسوب قدیمی (از دهه‌ی ۱۹۵۰ با تمرکز در طی ۲۰ سال)	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم شده توسط ادارات دولتی: برداشت میدانی و یا سنجش از دور: شواهد غیرمستقیم (کیفی)	همه‌ی انواع رود: در مورد رودهای سنگ بستری ارزیابی نمی‌شود.
A11 - جابجایی چوب: وجود و شدت نسبی (ناقص یا کامل) جابجایی چوب از کانال در طول ۲۰ سال گذشته	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم شده توسط ادارات دولتی: برداشت میدانی: شواهد بیشتر (کیفی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان ری پارین وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.
A12 - مدیریت پوشش گیاهی: وجود و شدت نسبی قطع (انتخابی یا کلی) گیاهان ری پارین (حاشیه رود) طی ۲۰ یال اخیر	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم شده توسط ادارات دولتی: برداشت میدانی: شواهد بیشتر (کیفی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان ری پارین وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.
CA1- تعدیل الگوی کانال: تغییرات در الگوی از ۱۹۵۰ بر اساس تغییرات شاخص- های سینوسی و شریانی و آناستوموسینگ	سنجش از دور و GIS (کمی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال‌های بزرگ انجام می‌گیرد ($W > 30$)
CA2 - تعدیل عرض کانال: تغییرات در پهنا‌ی کانال از دهه ۱۹۵۰	سنجش از دور و GIS (کمی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال‌های بزرگ انجام می‌گیرد ($W > 30$)
CA3- تعدیل سطح اساس بستر: تغییرات سطح اساس بستر طی ۱۰۰ سال گذشته	مقطع عرضی یا پروفیل طولی (چنانچه قابل دسترسی باشد): برداشت میدانی: نشانه‌هایی از حفر یا رسوب گذاری (به صورت کمی یا کیفی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال‌های بزرگ انجام می‌گیرد ($W > 30$) جایی که شواهد میدانی یا اطلاعات قابل دسترس باشند

شاخص‌های گروه دوم (A1-A12) شاخص‌های مصنوعی هستند و عناصر مصنوعی را در حوضه و امتداد بازه‌ها ارزیابی می‌کنند. این عناصر مصنوعی هم در سه جنبه پیوستگی (ایجاد سدها و تغییرات دبی و رسوب از بالادست به پایین دست)، مورفولوژی (مانند سازه‌های عرضی، کف بندها، محافظ‌های کرانه، خاکریزهای مصنوعی و...) و پوشش گیاهی (جابجایی واریزهای چوبی موجود در بازه و قطع و تخریب گیاهان حاشیه‌ی رود به وسیله‌ی انسان) مورد بررسی قرار می‌گیرد (جدول ۱ و ۳). شاخص‌های گروه سوم (CA1-CA3) تغییرات و تعدیل الگوی کانال، عرض و سطح اساس بستر رود را برای رودهای با عرض بیش از ۳۰ متر مورد ارزیابی قرار می‌دهند (جدول ۱ و ۴).

جدول (۲) شاخص عملکردی ژئومورفولوژیک: توصیف طبقه‌ها و امتیازها (رینالدی و همکاران ۲۰۱۶)

Tab (2) Geomorphological functional Index: Descriptions of classes and scores (Rinaldi et al., 2016)

امتیازات	طبقه‌ها	شاخص‌ها
۰	A: عدم تغییرات در تداوم حمل رسوب و چوب	F1
۳	B: تغییرات کم (موانع، سیلاب را به هر حال جلوگیری نمی‌کند)	
۵	C: تغییرات قابل ملاحظه (کاملاً از حرکت رسوب و چوب جلوگیری می‌کند)	
۰	A: وجود دشت سیلابی پیوسته و عریض (< ۰.۶۶٪ از طول بازه) و عریض‌تر از nW که W عرض کانال و n ضریبی است که برای کانال شریانی ۱ و منفرد ۲ است	F2
۳	B: وجود یک دشت سیلابی ناپیوسته (۰.۶۶-۱٪) با هر عرضی یا بیش از ۰.۶۶٪ طول بازه	
۵	C: عدم وجود دشت سیلابی یا قابل اغماض (کمتر از ۰.۱۰٪ پهنا)	
۰	A: اتصال کامل بین دامنه‌ها و رودخانه بیش از ۰.۹۰٪	F3
۳	B: اتصال به یک بخش قابل ملاحظه‌ای از بازه (۰.۳۳-۰.۹۰٪)	
۵	C: اتصال به یک بخش کوچکی از بازه کمتر از ۰.۳۳٪	
۰	A: وجود پسروری‌های مکرر کرانه خصوصاً در امتداد خمیدگی‌های بیرون کرانه	F4
۲	B: پسروری‌های کمتر کرانه‌ها به علت محافظت از کرانه‌ها و یا دینامیک کانال	
۳	C: عدم وجود پسروری کرانه‌ها یا گسترش کرانه‌های ناپایدار به علت حرکات توده‌ای	
۰	A: وجود یک کریدور بالقوه فرسایش پذیر (EC) برای بیش از ۰.۶۶٪ طول بازه و عرض	F5

جدول (۲) ادامه
Tab (2) continued

امتیازات	طبقه‌ها	شاخص‌ها
۲	B: وجود یک EC باریک ($nW <$) در ۶۶٪ طول بازه یا EC عریض در ۳۳ –	
۳	C: وجود یک EC بالقوه با هر عرضی در کمتر از ۳۳٪ طول بازه	
۰	A: اشکال بستری سازگار با میانگین شیب دره	F6
۳	B: اشکال بستری ناسازگار با میانگین شیب دره	
۵	C: دگرگونی کامل اشکال بستری به واسطه وجود یک بستر مصنوعی	
۰	A: فقدان (کمتر از ۵٪) تغییر نامتجانس اشکال طبیعی مورد انتظار برای آن نوع رودخانه	F7
۳	B: تغییر بخش محدودی از بازه (کمتر از ۳۳٪)	
۵	C: تغییرات پایدار برای بخش مهمی از بازه (بیش از ۳۳٪)	
۰	A: فقدان ($> ۵٪$) تغییرات مقطع عرضی طبیعی ناهمگن (پهنا و عمق)	F9
۳	B: وجود تغییرات برای یک قسمت محدود از بازه (کمتر از ۳۳٪)	
۵	C: وجود تغییرات برای یک قسمت قابل‌ملاحظه از بازه (بیشتر از ۳۳٪)	
۰	A: ناهمگنی طبیعی از رسوب بستری و بدون رسوبات ریزدانه مشخص	F10
۲	B: بستر زره مانند قابل رویت (تنها PC-U) یا رسوبات ریزدانه فراوان در قسمت	
۵	C1: بستر زره مانند قابل رویت و گسترده (بیش از ۹۰٪ فقط برای PC-U یا رسوبات ریزدانه فراوان یا رخنمون های اتفاقی (فقط PC-U)	
۶	C2: رخنمون های سنگی گسترده (بیش از ۳۳٪ از بازه) تنها PC-U یا تغییرات بستری گسترده ایجاد شده توسط سنگ چینی بستری ($< ۳۳٪$ از بازه)	
۰	A: پوشش گیاهی عملکردی عریض ($nW <$ که مقدار n, ۱ و ۲ به ترتیب برای کانال‌های شریانی و کانال های منفرد است و w برابر است با عرض کانال)	F12
۲	B: عرض متوسط پوشش گیاهی مرتبط با کانال فعال ($nW - ۰,۵W$)	
۳	C: پهنای کم پوشش گیاهی مرتبط با کانال کمتر از $۰,۵W$	
۰	A: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال بیش از ۹۰٪ حداکثر طول قابل دسترس	F13
۳	B: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال از ۳۳ – ۹۰٪ حداکثر طول قابل دسترس	
۵	C: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال کمتر از ۳۳٪ از حداکثر طول قابل دسترس	

پس از امتیازدهی شاخص‌ها با استفاده از رابطه‌ی (۱) شاخص تغییرات مورفولوژیک (MAI) محاسبه می‌گردد:

$$MAI = S_{tot} / S_{max} \quad (1)$$

S tot همان مجموع امتیازات است و Smax حداکثر امتیاز طبقه C هر شاخص. بنابراین دامنه MAI از صفر (بدون تغییرات) تا یک (حداکثر تغییرات) می باشد. سپس با رابطه‌ی (۲) شاخص کیفیت مورفولوژیک (MQI) محاسبه می‌گردد:

$$MQI = 1 - MAI \quad (2)$$

این شاخص نسبت مستقیمی با کیفیت بازه و نسبت معکوسی با تغییرات بازه دارد و از صفر (حداقل کیفیت) تا یک (حداکثر کیفیت) متغیر است. طبق این ساختار، شرایط مرجع (یعنی طبقه A هر شاخص برابر است با MQI=1) که به صورت زیر مشخص می‌گردد: (۱) عملکرد کامل فرایندهای ژئومورفیک در طول بازه، (۲) عدم وجود یا وجود ناچیز عناصر مصنوعی در طول بازه یا کمی گسترش در سطح حوضه (برحسب شار جریان آب و رسوب)، (۳) عدم وجود تعدیل‌های مشخص در کانال (پیکربندی بستر، عرض و ارتفاع بستر) در یک دوره‌ی زمانی حدود ۱۰۰ سال است.

جدول (۳) شاخص‌های مصنوعی: توصیف طبقه‌ها و تعریف امتیازات (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۶)
Tab (3) Artificial indices: Descriptions of classes and scores (Rinaldi et al., 2016)

۰	A1	A: بدون تغییرات مشخص > ۱۰٪ دبی شکل‌دهنده‌ی کانال و دبی با دوره‌ی بازگشت بیشتر از ۱۰ سال
۳		
۶	B	B: تغییرات مشخص بیش از ۱۰٪ از دبی با دوره‌ی بازگشت بیشتر از ۱۰ سال
	C	C: تغییرات مشخص بیش از ۱۰٪ دبی شکل‌دهنده‌ی کانال
۰	A2	A: فقدان یا وجود ناچیز سازه‌هایی که از شار رسوب جلوگیری می‌کند
۳	B1	B1: وجود سدهایی برای ۵-۳۳٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک یا بندهای تنظیمی با جلوگیری کامل بار یستر و در ۳۳-۶۶٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک یا بند تنظیمی با جلوگیری بخشی از بار بستر و سطح زهکشی بیش از ۳۳٪ (نواحی دشتی یا تپه‌ها) یا بیش از ۶۶٪ در نواحی کوهستانی

جدول (۳) ادامه
Tab (3) continued

۶	B2: وجود سدها برای ۳۳-۶۶٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک و بندهای تنظیمی با
۹	جلوگیری کامل از بار بستر و سطح زهکشی بیش از ۶۶٪ C1: وجود سدها برای سطح زهکشی بیش از ۶۶٪
۱۲	C2: وجود یک سد در بالا دست بازه
۰	A3 A: تغییرات ناچیز (>۱۰٪) دبی شکل‌دهنده‌ی کانال و دبی با دوره‌ی بازگشت بیش از ۱۰ سال
۳	B: تغییرات مهم (<۱۰٪) از Q با دوره‌ی بازگشت بیش از ۱۰ سال
۶	C: تغییرات قابل ملاحظه بیش از ۱۰٪ دبی شکل‌دهنده‌ی کانال
۰	A4 A: عدم وجود سازه‌های جلوگیری‌کننده از شار رسوب (سدهای تنظیمی، بندها، سدهای
۴	کوچک) B: وجود بندهای تنظیمی تثبیت شده یا باز با تراکم نسبتاً کم (کمتر از یک مورد در هر n که
۶	در مناطق کوهستانی ۲۰۰ متر و در نواحی دشتی یا تپه‌ای ۱۰۰۰ متر است) C: وجود سدهای کوچک یکپارچه با ترکم بالا (بیش از ۱ مورد در هر n) - اگر تراکم کل سازه‌های عرضی، شامل کف‌بندها و رمپ‌ها بسیار زیاد باشد یعنی بیش از یک
۰	مورد در ۱۰۰ متر در مناطق کوهستانی یا بیش از یک مورد در هر ۵۰۰ متر در نواحی دشتی
۰	و کوهپایه‌ای امتیاز دوازدهم به امتیازهای قبلی اضافه می‌شود
۰	A5 A: عدم وجود سازه‌های عرضی (پل‌ها، پایاب‌ها، آبگذرها)
۲	B: وجود تعدادی سازه‌های عرضی (بیش از یک مورد در هر ۱۰۰۰ متر در بازه)
۳	C: وجود سازه‌های عرضی متعدد (بیش از یک مورد در هر ۱۰۰۰ متر از بازه)
۰	A6 A: فقدان یا وجود محافظ‌های کناره به صورت محلی (>۵٪ طول کل کناره)
۳	B: وجود حفاظ‌های کرانه برای >۳۳٪ طول کل از کناره‌ها (مجموع دوکناره)
۶	C: وجود حفاظ‌های کرانه برای بیش از ۳۳٪ طول کل کناره‌ها (مجموع دوکناره) - در مواردی که حفاظ‌های کرانه‌ای بیش از ۸۰٪ طول بازه باشند امتیاز ۱۲ به سایر امتیازات
۰	A7 A: عدم وجود خاکریز یا فاصله دار بودن آنها و یا وجود خاکریزهای نزدیک به رودخانه در
۳	کمتر از ۱۰٪ طول کل کناره‌ها B: وجود خاکریزهای نزدیک و یا در تماس با رود (در تماس بودن بیش از ۵۰٪ طول کل
۶	کناره) C: وجود خاکریزهای زیاد در نزدیکی یا در تماس با رود (تماس بیش از ۵۰٪ طول
۰	کناره) - در مواردی که خاکریزها بیش از ۸۰٪ در تماس با رود هستند امتیاز ۱۲ اضافه می‌شود

جدول (۳) ادامه

Tab (3) continued

۰	A8	A: عدم وجود تغییرات مصنوعی در مسیر رودخانه در گذشته (بریدگی حلقه مئاندر، تغییر
۲		مسیر کانال و...)
۳		B: وجود تغییرات در کمتر از ۱۰٪ طول بازه C: وجود تغییرات در بیش از ۱۰٪ طول بازه
۰	A9	A: عدم وجود سازه‌ها (کف بندها یا رمپ‌ها) و فقدان سنگ‌چین‌ها یا محلی بودن آنها
۳		(کمتر از ۵٪)
		B: وجود سازه‌های کم ($n > 1$) مورد در n که مقدار n در نواحی کوهستانی ۲۰۰ متر و در نواحی دشتی یا تپه‌ای ۱۰۰۰ متر است) و یا سنگفرش‌های کمتر از ۱۵٪ نفوذناپذیر یا کمتر از ۲۵٪ نفوذپذیر
۶		C1: وجود سازه‌های زیاد (بیش از یک مورد در هر n) و یا سنگفرش قابل ملاحظه در بستر) کمتر از ۳۳٪ نفوذناپذیر یا کمتر از ۵۰٪ نفوذپذیر)
۸		C2: وجود سنگ فرش‌های نفوذناپذیر در بستر (بیش از ۳۳٪) و یا سنگفرش نفوذپذیر بیش از ۵۰٪ - در سنگفرش‌های گسترده در بستر رود (بیش از ۸۰٪) امتیاز ۱۲ به امتیازات اضافه می‌شود.
۰	A10	A: عدم وجود فعالیت‌های جابجایی رسوب، جدید (۲۰ سال اخیر) و قدیمی (از دهه ۱۹۵۰)
۳		B: فعالیت‌های متوسط جابجایی رسوب در گذشته (از دهه ۱۹۵۰) و عدم وجود این
۶		فعالیت‌ها در طی ۲۰ سال گذشته، با عدم وجود این فعالیت‌ها در گذشته و وجود آن طی ۲۰ سال اخیر
۰		C: فعالیت شدید در گذشته یا فعالیت متوسط در گذشته و فعال در طی ۲۰ سال اخیر
۳		A: عدم وجود فعالیت‌های جابجایی رسوب در طی ۲۰ سال اخیر
۶		B: فعالیت جابجایی رسوب به صورت محلی در طی ۲۰ سال اخیر C: فعالیت گسترده جابجایی رسوب طی ۲۰ سال اخیر
۰	A11	A: عدم جابجایی مواد چوبی حداقل طی ۲۰ سال گذشته
۲		B: برش‌های انتخابی یا برش‌های واضح در کمتر از ۵۰٪ بازه‌ها طی ۲۰ سال اخیر
۵		C: جابجایی کل مواد چوبی طی ۲۰ سال اخیر
۰	A12	A: عدم مداخله انسان در قطع پوشش گیاهی کنار رود در طول ۲۰ سال اخیر
۲		B: قطع انتخابی و یا قطع واضح درختان در کمتر از ۵۰٪ از بازه در طول ۲۰ سال اخیر
۵		C: قطع واضح گیاهان حاشیه رود در بیش از ۵۰٪ از بازه در طول ۲۰ سال اخیر

در نهایت مقادیر MQI به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود: (۱) خیلی خوب $1 - MQI <$ ، (۲) خوب $0.85 < MQI < 0.7$ ، (۳) متوسط $0.7 < MQI < 0.5$ ، (۴) ضعیف $0.5 < MQI < 0.3$ ، (۵) بد $0.3 < MQI < 0$.

جدول (۴) شاخص‌های تعدیل کانال، توضیح طبقه‌ها و تعریف امتیازات (رینالدی و همکاران ۲۰۱۶)
Fig(4) Channel adjustment indices, class descriptions, and ratings (Rinaldi et al, 2016)

۰	A: فقدان تغییرات در الگوی کانال از دهه ۱۹۵۰	Ca1
۳	B: تغییر یک الگوی کانال مشابه از دهه ۱۹۵۰ (PC-U) یا تغییر الگوی کانال از دهه	
۶	C: تغییرات با یک الگوی متفاوت از دهه ۱۹۵۰ (فقط PC-U)	
۰	A: عدم وجود تغییرات یا تغییرات محدود ($> 15\%$) از دهه ۱۹۵۰	Ca2
۳	B: تغییرات متوسط (۱۵-۳۵٪) از دهه ۱۹۵۰ (PC-U) یا تغییرات بیش از ۱۵٪ از دهه	
۶	C: تغییرات شدید (بیش از ۳۵٪) از دهه ۱۹۵۰ فقط PC-U	
۰	A: تغییرت ناچیز سطح اساس بستر (کمتر از نیم متر)	Ca3
۴	B: تغییرات محدود یا متوسط سطح اساس بستر (۰.۵-۳ متر)	
۸	C1: تغییرات شدید سطح اساس بستر (بیش از ۳ متر)	
۱۲	C2: تغییرات خیلی شدید سطح اساس بستر (بیش از ۶ متر)	

۳- بحث و نتایج

پس از اندازه‌گیری و مشاهدات میدانی متغیرهای مؤثر برای شاخص کیفی مورفولوژیک در رودخانه‌ی طالقان با توجه به متغیرهای گفته شده در جدول (۵) امتیاز هر کدام از بازه‌ها به دست آمد.

جدول (۵) مقادیر MAI و MQI در هر یک از بازه‌ها و ارزیابی آنها

Tab(5) MAI and MQI values in each reach and their assessment

بازه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶
MAI	۰/۲۸۶	۰/۴۱۶	۰/۴۶۱	۰/۵۱۲	۰/۴۱۸	۰/۳۸۶
MQI	۰/۷۱۴	۰/۵۸۴	۰/۵۳۹	۰/۴۸۷	۰/۵۸۵	۰/۶۱۴
طبقه	خوب	متوسط	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط

سپس مقادیر MAI و MQI برای هر بازه مشخص گردید و محدوده‌ی قرارگیری هر بازه در طبقات تعریف شده برای شاخص کیفی مورفولوژیکی مشخص گردید. در ادامه شرایط هر کدام از بازه‌ها بر اساس شاخص کیفی مورفولوژیک رود به صورت زیر تشریح می‌شود:

بازه ۱:

این بازه در ناحیه‌ی کوهستانی و بالادست رودخانه قرار گرفته که از هر دو طرف به دره وصل شده و محدود است. براساس مدل NBS دارای فرسایش کناره‌ای خیلی کم بوده و متوسط شیب بستر در این بازه ۰/۰۲۸ است. این بازه دارای بستر گراولی می‌باشد (شکل ۲). عرض کانال از ۱۰ تا ۱۸ متر متغیر بوده و دارای الگوی تک‌کانالی است. حدود ۲۰٪ از این بازه تحت تأثیر دخالت‌های انسانی بوده که شامل پل، دیوارچینی کانال رود می‌باشد (شکل ۲). اما با توجه به اینکه ۸۰٪ بقیه‌ی بازه دست‌نخورده بوده و حالت طبیعی دارد، میزان MQI به دست آمده در این بازه ۰/۷۱۴ بود که در طبقه خوب قرار می‌گیرد.



شکل (۲) الف) دیوار چینی و ساخت پل ب) بستر گراولی و دست‌نخورده در بازه ۱
Fig (2) a) A rip rap and bridge construction b) undisturbed and gravel bed in the first reach

بازه ۲:

در این بازه از رودخانه که در قسمت پایکوهی قرار گرفته است، رودخانه به صورت نسبتاً محدود بوده که کناره‌ها دارای فرسایش کناره‌ای کم است که برای جلوگیری از این مقدار فرسایش حدود ۱۵٪ از بازه به صورت سنگ چین و گابیون‌بندی محافظت می‌شود. بستر رودخانه دارای رسوبات گراولی و قطعه سنگی همراه با واریزه‌های چوبی می‌باشد (شکل ۳).

میزان فرسایش کناره در این بازه بر اساس مدل NBS کم می‌باشد، همچنین شیب بستر کانال به صورت میانگین در این بازه ۰/۰۲۴ است. این بازه دارای الگوی نک کانالی با سینوسیته کم است و واحدهای ژئومورفولوژی آن شامل اشکال درون کانالی و اشکال طولی در حاشیه کانال اشد (شکل ۳). در مجموع میزان MQI در این بازه ۰/۵۸۴ بوده که در طبقه متوسط قرار می‌گیرد.



شکل (۳) الف) سنگچینی دیواره و گابیون‌بندی ب) واریزه‌های چوبی، رسوبات گراولی و قطعه سنگی

بستر در بازه ۲

Fig (3) a) Rock embankment and gabion wall b) Woody debris and gravel deposits and large rock in the river bed in second reach

بازه ۳:

این بازه از رودخانه در واحد کوهپایه قرار گرفته که دارای الگوی نسبتاً محدود و سینوسی است که از یک طرف به دیواره و از طرف دیگر به دشت سیلابی متصل می‌شود. شیب بستر به طور متوسط ۰/۰۲۱ متر بر متر بوده و رسوبات بستر را غالباً ماسه و گراول تشکیل می‌دهد. در این بازه میزان فرسایش کرانه‌ای بر اساس مدل NBS کم بوده و با توجه به قرار گرفتن در کنار جاده تخلیه نخاله‌های ساختمانی در کنار رودخانه باعث جابجایی کانال به صورت محلی شده است و براساس تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ جابجایی کانال در این بازه در طول ۱۰ سال وجود داشته است (شکل ۴). با این وجود میزان MQI در این بازه ۰/۵۳۹ است که در طبقه متوسط قرار می‌گیرد.



شکل (۴) الف تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۷ ب) تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۷ در بازه‌ی ۳
Fig (4) a) Google earth image in 2017 b) Google earth image in 2007 in third reach

در بازه‌ی چهارم رودخانه نسبتاً محدود بوده و به صورت ناپیوسته دشت سیلابی در یک طرف وجود دارد و طرف دیگر به دامنه‌ی کوه متصل شده است. الگوی رودخانه سینوسی بوده، رسوبات بستر از ماسه ریز و درشت تشکیل شده است. اما این بازه از نظر تغییرات انسانی شدیداً تحت تأثیر می‌باشد. از جمله برداشت شن و ماسه (شکل ۵)، وجود سازه پل بر روی رودخانه، وجود منطقه‌ی مسکونی و تخریب پوشش گیاهی کناره‌ی رودخانه را می‌توان ذکر کرد. برای فرسایش کناره‌ی نیز با استفاده از مدل NBS نتایج نشان داد که فرسایش کناره‌ی در این بازه شدید است که در مشاهدات میدانی نیز این مورد مشهود بود. که وجود دخالت‌های انسانی بالا در این مقطع موجب شده که مقدار MQI به دست آمده برای این مقطع ۰/۴۸۷ باشد و در طبقه ضعیف قرار بگیرد.



شکل (۵) برداشت شن و ماسه به صورت محلی در بازه ۴
Fig (5) Local sand removal

بازه‌ی ۵:

بازه‌ی پنجم در محدوده‌ی دشت واقع شده و الگوی آن پیچان رودی و نامحدود بوده و از

هر دو طرف به دشت سیلابی متصل می‌شود. بر اساس تصاویر ماهواره‌ای در طول ۱۰ سال از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ مسیر کانال تغییر یافته است (شکل ۶). شیب بستر به طور میانگین حدود ۰/۰۱۷ متر بر متر و طول بازه و رسوبات بستر نیز از ماسه و گراول تشکیل شده است. عرض کانال از ۲۵ تا ۳۵ متر متغیر است فرسایش کناره‌ای در این بازه براساس مدل NBS خیلی زیاد است. از نظر تغییرات انسانی در این بازه برداشت شن و ماسه به صورت محلی وجود دارد و سازه‌های کنار این بازه شامل جاده و پل می‌شود و در مجموع میزان MQI برای این بازه ۰/۵۸۵ می‌باشد که در طبقه متوسط قرار می‌گیرد.



شکل (۶) (الف) تصویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۱۷ (ب) تصویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۰۷ از بازه‌ی ۵
Fig (6) a) Google earth image in 2017 b) Google earth image in 2007 in sixth reach

بازه‌ی ۶:

بازه‌ی ششم قبل از سد طالقان واقع شده است. از دو طرف به دشت سیلابی منتهی می‌شود و با توجه به وجود سد و تغییر سطح اساس در این بازه و پایین دست رسوب‌گذاری زیاد در بستر به صورت شن و ماسه وجود دارد. بر اساس NBS فرسایش کناره‌ای در قسمت بالایی زیاد است. که بر این اساس میزان MQI در این بازه ۰/۶۱۴ بوده که این بازه نیز در طبقه متوسط قرار می‌گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

تاکنون روش‌های گوناگونی برای طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سراسر جهان صورت گرفته است. از جمله روش‌های جدید برای طبقه‌بندی رودخانه، روش شاخص کیفیت

مورفولوژیک رودخانه است. مزیت این روش نسبت به روش‌های پیشین از جمله طبقه‌بندی راسگن، طبقه‌بندی استیل رود بریرلی و فریرسی، هورتن و... این است که تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. در این مطالعه که با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک رودخانه بر روی رودخانه‌ی طالقان انجام شده است نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بازه‌ی شماره یک که در بالادست رودخانه واقع شده است براساس شاخص (MQI) در طبقه خوب قرار گرفته است که از دلایل آن می‌توان به تأثیر کم فعالیت‌های انسانی و کوهستانی بودن بازه اشاره کرد. بازه‌های ۲، ۳، ۵ و ۶ براساس میزان (MQI) در طبقه متوسط قرار گرفته است که از دلایل آن وجود سازه‌های انسانی و جابجایی‌های رودخانه را می‌توان نام برد. اما بازه‌ی شماره ۴ در طبقه‌ی ضعیف قرار گرفته است که از دلایل آن تغییرات انسانی از جمله برداشت شن و ایجاد سازه‌هایی مانند پل را می‌توان نام برد. نتایج کلی در این پژوهش بیانگر این است که عامل اصلی در تفاوت کیفیت مورفولوژیکی در رودخانه‌ی طالقان، عوامل انسانی می‌باشد. نتایج به دست آمده براساس مدل MQI در رودخانه طالقان با نتایج به دست آمده توسط اسماعیلی و ولی‌خانی (۱۳۹۳) که از روش MQI برای طبقه‌بندی رودخانه لاریج استفاده کرده‌اند مقایسه شد که نتایج مشابه را نشان داد، که نشانگر این است که این مدل در دامنه‌ی جنوبی و شمالی البرز کارایی دارد. نوآوری در این مقاله استفاده از مدل کمی NBS برای بررسی فرسایش کناره‌ای بود که دقت نتایج را بالا برده است. پیشنهاد می‌گردد مدل MQI برای رودخانه‌های دیگر از جمله مناطق زاگرس نیز به کار برده شود و برای امتیازدهی میزان فرسایش بستر و کناره از مدل‌های کمی استفاده گردد تا نتایج به دست آمده از مدل دقت بالاتری داشته باشد.

۵- منابع

-References

- Esmaeeli, R., Valikhani, S. (2014). Evaluation and Analysis of the Hydro-morphological Conditions of the Lawej River Using Morphological Quality Index. *Quantitative Geomorphological Research*, 4, 3-53
- Hosseinzadeh, M., khaleghi, S., Vahedi, F.(2017). Analysis and Evaluation of the Side Erosion and Stability of Qaranguchai River Hashtrod Using BEHI Model. *Hydrogeomorphology*, 10, 145-164.
- Nayeri, H., Zandi, S., Osmani, P. (2015). Investigating the Factors Affecting the Transformation of the Tarval River Channel in Kurdistan Province. *International Conference on Development, Focusing on Agriculture, Environment and Tourism*, Tabriz.
- Nayeri, H., Amani, Kh., Ganjaeyan. (2016). Investigation of Hydrogeomorphological and Hydrological Indices of Tarval Basin. *Hydrogeomorphology*, 7, 19-38.
- Nayeri, H., Osati, Kh., Osmani, P. (2017). Geomorphological equilibrium evaluation using Rasgen method and Steel River framework (Case study: Trawal River, Kurdistan). *Natural Geography Research*, 3, 541-556.
- Norati, K., Rostami, M., Azarpar, N., Etminan (2018). Evaluation of lateral erosion of Taleghan River using NBS indices. *6th National Congress of the Scientific Society of Geomorphology*. 45-50.
- Peirovan, H., Jafari ardakan, A., Shariat Jafari, M. (2016). Morphological Classification of Lower Ghezel ozan River and its Changes. *Journal of Watershed Management Engineering*, 8(2), 152-164.
- Pregun, C. (2016). Ecohydrological and morphological relationships of a regulated lowland river; based on field studies and hydrological modeling, *Ecological Engineering*, No. 94, 608-616.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M., (2016). *Guidook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI)*, Italy.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M. (2013). A Method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian

streams: the morphological quality index (MQI). *Geomorphology*, 180, 96-108.

Roustae, Sh., Khorshidoost, A., Khaleghi, S. (2013). Evaluation of Lighwan River Duct Morphology by Rasgen Classification Method. *Quantitative Geomorphological Research*, 4, 1-16.

Yamani, M., Toorani, M. (2014). Geomorphological Classification of Taleghan Rud Waterway Pattern in Taleghan Township Area Using Rasgen Method. *Natural Geography Research*, 2, 183-198.