

ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

نازیلا یعقوب نژاد اصل - دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه محقق اردبیلی.
فریبا اسفندیاری داراباد * - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
صیاد اصغری سراسکانرود - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
امیر کرم - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیائی، دانشگاه خوارزمی.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲ تأثید نهایی: ۱۰/۱۱/۱۳۹۸

چکیده

رودخانه طالقان یکی از منابع مهم آب در آبیاری محصولات کشاورزی دشت قزوین محسوب می‌شود. احداث سد طالقان، استقرار جمعیت در حاشیه این رودخانه و تغییر کاربری زمین باعث شده تا بازه‌هایی از این رودخانه دچار تغییراتی شود؛ به طوری که هیچ‌گونه آگاهی از وضعیت مورفولوژیک این رودخانه وجود ندارد تا بتوان با آگاهی از آن نسبت به احیاء این رودخانه اقدام نمود. این تحقیق به ارزیابی ژئومورفیک رودخانه طالقان در بازه‌های زمانی (۲۰۰۶-۲۰۱۶) می‌پردازد. برای این منظور از ۳۲ شاخص تحت عنوان اندیکاتورهای فشار (PI) و تغییر/رونده تعديل کanal (AI) در شش بازه از رودخانه طالقان در قالب روش rMQI استفاده شد. مطالعات انجام شده برای سال ۲۰۰۶ نشان داد که بازه‌های ۲، ۵ و ۶ دارای کیفیت بسیار ضعیف و بازه‌های ۱، ۳ و ۴ دارای کیفیت متوسط هستند. در حالی که در سال ۲۰۱۶ بازه‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ کیفیت بسیار ضعیفی دارند و بازه ۳ رودخانه دارای کیفیت ضعیف از لحاظ کیفیت مورفولوژیک هست. نتیجه این پژوهش نشان داد که رودخانه طالقان در تمامی بازه‌ها اصلًاً وضعیت خوبی ندارد که این نشان‌دهنده وضعیت بد و بحرانی این رودخانه است. با توجه به تغییرات کاربری اراضی گسترده که در کرانه‌های این رودخانه رخداده است، به نظر می‌رسد راه کارهایی از قبیل جلوگیری از تخریب کاربری اراضی در بالادست حوضه و حافظت از پوشش گیاهی طبیعی و توسعه آن از بهترین راه کارها باشد. ضمناً برای جلوگیری از فرسایش کناری رودخانه، انجام عملیات مهندسی و مدیریت آبخیزداری توصیه می‌شود.

وازگان کلیدی: اندیکاتورهای فشار (PI)، اندیکاتورهای تغییر/رونده تعديل کanal (AI)، بازه، هیدرومورفولوژی، رودخانه طالقان.

مقدمه

رودخانه‌ها شریان‌های حیاتی زمین هستند؛ اما عواملی مانند تصرف حریم رودخانه، سدسازی، بهره‌برداری از مصالح شن و ماسه از حریم و بستر رودخانه‌ها و تأمین نشدن حقایق زیست‌محیطی، برخی از عوامل تهدید این شریان‌های حیاتی است. یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت حوضه‌های آبخیز، ارزیابی تأثیر عوامل طبیعی و انسانی بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی بستر رودخانه‌ها است. امروزه به دلیل رشد روزافزون جمعیت و توسعه سریع زندگی شهری و روستایی در اراضی حاشیه رودخانه‌ها، توسعه صنایع و همچنین علاقه‌مندی طیف وسیعی از مردم به داشتن ویلا در کنار رودخانه‌ها تجاوزهای گوناگون و وسیعی به محدوده بستر و حریم فیزیکی آبراهه‌ها صورت گرفته است؛ بنابراین، روند تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها و دخل و تصرف غیرمجاز در آن‌ها افزایش یافته است (اکبری، ۱۳۹۴، ۱۶۲). در این میان اثر فعالیت‌های انسان از طریق تغییر کاربری زمین بر روی متغیرهای مانند تبخیر و تعرق، نفوذ و رواناب چشمگیر است (یین و همکاران، ۲۰۱۶، ۲). تأثیر این تغییرات طبیعی و انسانی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک رو به افزایش است که این منجر به آسیب‌پذیری فرآیندهای هیدرومorfولوژیکی رودخانه‌ها و منابع آبی می‌شود. از این‌رو، با آگاهی از تغییرات کمی و کیفی ژئومورفولوژیکی رودخانه و نیز نحوه اثرپذیری آن از عوامل محیطی می‌توان در مواجهه با چالش و مخاطرات احتمالی بهترین راه حل‌ها را اتخاذ نمود.

یکی از راهکارهای سریع جهت درک عملکرد رودخانه، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی رود است. طبقه‌بندی رودها می‌تواند واکنش کانال‌ها را در بازه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دهد تا خطرات ناشی از فرآیندهای رودخانه‌ای را به حداقل برساند (اسماعیلی و ولی خانی، ۱۳۹۳).

پایه و اساس روش MQI مدل MQIm است که توسط رینالدی و همکارانش (۲۰۱۳) در مورد طبقه‌بندی رودخانه‌های کشور ایتالیا ارائه شده است (اسماعیلی و ولی خانی، ۱۳۹۳): اما در سال (۲۰۱۵)، ناردی^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، از روش MQIm^۲ به جای روش MQI برای ارزیابی رودخانه‌های اروپا استفاده کردند. این روش یک ابزار به خصوصی است که برای مانیتورینگ گرایش شرایط مورفولوژیکالی^۳ (افزایش یا زوال^۴) در کوتاه‌مدت به کار می‌رود و مخصوصاً برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مداخلات^۵، شامل اقدامات بازسازی^۶ مناسب است. ایشان از دو شاخص که شامل اقدامات بازسازی و تحلیل پاسخ هیدرومorfولوژیکالی به اقدامات مختلف ترمیم^۷ استفاده کردند. کاربرد شاخص‌ها برای مطالعات موردی نیازمند فاز اول از حداقل تعریف^۸ بر طبق فرآیند تعریف شده توسط رینالدی و همکاران (۲۰۱۳) که تماماً شامل اصلاحات چند-

مقیاس^۹، چارچوب تعریف شده بر طبق کار (گارنل^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۴) است. این از تعریف واحدهای چشم‌انداز اصلی و بخش‌ها^{۱۱} در مقیاس حوضه آبخیز و تعریف بازه‌هایی است که فقط داخل رودخانه کاربرد دارد (مانند بازسازی انجام‌شده) تشکیل شده است. بخش نیازمند جمع‌آوری و تحلیل زمین‌شناسی، کاربری زمین، مدل‌های رقومی ارتفاعی^{۱۲} موجود و تصاویر ماهواره‌ای است. روش‌های MQI و MQIm در مقیاس بازه با به کارگیری مجموعه‌ای از فنون سنجش‌از دور، تحلیل‌های جی‌آی‌اس و مشاهدات میدانی انجام می‌شود. برای هر محدوده موردمطالعه، MQI برای بازسازی بازه در برابر

¹- Yin

²- Nardi

³- Morphological Quality Index for monitoring (MQIm)

⁴- Tendency of morphological conditions

⁵- Enhancement or Deterioration

⁶- Environmental impact assessment of interventions

⁷- Restoration measures

⁸-Analyzing the hydromorphological response to various restoration measures

⁹- Minimum Delineation

¹⁰- Multi-Scale

¹¹- Gurnell

¹²- Segments

¹³- DEM

مجاورت^۱، بازه تخریب شده^۲ به کار می‌رود. زمان بندی‌های بین قبل و بعد از بازسازی با توجه به شرایط قبل از تاریخ بازسازی متغیر است. تا این‌که در سال ۲۰۱۵، روش *tMQI*^۳ به منظور ارزیابی از کیفیت مورفولوژیکی رودخانه‌ها توسط زاهاریا^۴ و همکاران (۲۰۱۵) ارائه گردید. این روش با به کارگیری و اندازه‌گیری مجموعه‌ای از شاخص‌ها تحت عنوان اندیکاتورهای فشار (PI) و تغییر/رونده تعديل کanal (AI) به بررسی وضعیت کیفی رودخانه‌ها می‌پردازد. این روش یکی از جدیدترین روش‌های طبقه‌بندی رود است که توسط زاهاریا و همکارانش (۲۰۱۵) در مورد رودخانه‌های کشور رومانی ارائه گردیده است (منبع نگارندگان: ۱۳۹۶). در این روش برای اندازه‌گیری اندیکاتورهای مرتبط با فشار (PI) از مفاهیم پیوستگی طولی^۵، پیوستگی جانبی^۶، لایه پوششی ساخته شده برای کرانه‌ها^۷ و اثرات مختلف^۸ استفاده شده است که منظور از پیوستگی طولی مسیر طبیعی رودخانه است که هیچ‌گونه مداخله انسانی در آن صورت نگرفته باشد، پیوستگی جانبی، عرض بستر رودخانه است که دست کاری شده باشد، لایه پوششی ساخته شده برای کرانه‌ها که اقدامات انجام‌شده در کرانه رودخانه را گویند و اثرات مختلف که فعالیت‌های متنوع انسانی را دربرمی‌گیرد که در تغییر کیفیت مورفولوژیکی رودخانه مؤثر است. برای اندازه‌گیری اندیکاتورهای مرتبط با تغییر/رونده تعديل کanal (AI) مفاهیم طولی و جانبی، عمودی^۹، داخل دره‌های آبرفتی^{۱۰}، داخل کanal رودخانه^{۱۱} و اتصال با دشت سیلابی^{۱۲} مطرح شده است. در اینجا منظور از طولی و جانبی اندازه‌گیری خصوصیات مقاطع عرضی در طول رودخانه است، مفهوم عمودی، اندازه‌گیری آن دسته از خصوصیاتی است که به طور عمودی مانند اندیکاتورهای مساحت مقطع عرضی و بیشینه عمق رودخانه اندازه‌گیری می‌شوند. داخل دره‌های آبرفتی، منظور آن دسته از لندرفرم‌هایی است که در داخل دره وجود دارند که باید اندازه‌گیری شوند. منظور از داخل کناره‌ای می‌شوند. مفهوم دیگر در این رابطه، داخل کanal رودخانه است که منظور تجمع بعضی از بقایای گیاهی و درختی در داخل کanal رودخانه است و منظور از اتصال با دشت سیلابی آن دسته از لندرفرم‌هایی است که در اثر فرآیندهای رودخانه‌ای مانند سیل و تغییر و تحول مئاندرها رخ می‌دهند.

تاکنون مطالعات بی‌شماری در زمینه مطالعات مربوط به رودخانه انجام شده است که می‌توان به تحقیقات ساربن و رادولسکو^{۱۳} (۲۰۰۴) اشاره کرد که پنج اندیکاتور مربوط به فشار را (برای مثال، عملیات مربوط به احداث سازه‌ها بر روی پیوستگی طولی و پیوستگی جانبی رودخانه، احداث مخازن و سدها، کانالیزه کردن رودخانه برای اهداف ناوبری و دیگر مداخلات) به منظور بازسازی و احیای رودخانه زاگرب در کرواسی بررسی کردند. جیمز و مارکوس^{۱۴} (۲۰۰۶) به نقش انسان در تغییر سیستم‌های رودخانه‌ای اشاره کردند و به معرفی مدل‌های جدید در این زمینه پرداختند. پالوی و همکاران^{۱۵} (۲۰۱۱) فرآیندهای غالب و ژئومورفیک بر مناطق ساحلی کلرادو را با استفاده از پارامترهایی مانند ارتفاع، مساحت زهکش برای بررسی حوضه و از پارامترهای هندسه دره، گرادیان شبیب و عرض کanal برای مقیاس بازه‌ها و روش آزمون سه پارامتر

۱- Adjacent

۲- Degraded Reach

۳- Zaharia

۴- Longitudinal continuity

۵- Lateral continuity

۶- Riverbed substrate

۷- Various impacts

۸- Vertical

۹- Within the valley

۱۰- Within the erodible corridor

۱۱- Within the river channel

۱۲- Connectivity with the floodplain

۱۳- Şerban and Rădulescu

۱۴- James and Marcus

۱۵- Polvi

کنترل کردند. جدیدترین طبقه‌بندی توسط رینالدی و همکارانش (۲۰۱۳) در مورد شاخص کیفیت مورفولوژیکی (MQI)^۱ رود در کشور ایتالیا ارائه شده که به تجزیه و تحلیل هیدرومورفولوژیکی رودخانه می‌پردازد و پس از آن تحقیقات مختلفی به ویژه در کشورهای اروپایی با استفاده از این روش انجام شد. اسکورپیو^۲ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی این نکته پرداخته‌اند که کیفیت مورفولوژی رودخانه‌ها و تغییرات مورفولوژی ۵۰ سال گذشته بر کیفیت زیستگاهها تأثیرگذار است و عوامل مختلف مورفولوژیکی اثرات متقابل بر جوامع بیولوژیکی اکوسیستم‌های آب‌های شیرین اروپا دارد و مداخلات انسانی منجر به تغییرات سریع و شدید مورفولوژی کanal می‌شود و اثرات منفی خواهد داشت. گالی^۳ و همکاران (۲۰۱۵) از پروتکل (RoHYMO) استفاده کردند و رودخانه پروت^۴ در کشور رومانی را به پنج کلاس وضعیت (از خیلی خوب تا بد) تقسیم‌بندی نمودند. زاهاریا و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص‌های فشار و تغییر، کیفیت مورفولوژیکی رودخانه پراهوآ در کشور رومانی را ارزیابی کرده‌اند. موسی^۵ (۲۰۱۶) ژئومورفولوژی رودخانه آنچافالایا در لویزانیا را مطالعه کرد. وی از اندازه‌گیری دبی سریع و هندسه داده‌ها استفاده کرد. رینالدی و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی رودخانه‌هایی که در منطقه اروپا جریان دارند به این نتیجه رسیدند که برای طبقه‌بندی و نظارت بر وضعیت جریان‌ها و برای حمایت از اقدامات پایدار مدیریتی، ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی ضروری به نظر می‌رسد و شاخص کیفیت مورفولوژیکی می‌تواند به طور مؤثر پروژه‌های ترمیم و ارزیابی اثرات دیگر را ارائه دهد و درک صحیحی از شرایط رودخانه و علل تغییرات و همچنین مداخلات انسان ارائه دهد.

نوحه‌گر و محمودی (۱۳۸۲) بیان کرده‌اند که برداشت شن و ماسه باعث ایجاد نابسامانی‌هایی در شکل ظاهری رودخانه می‌باشد است. حسین زاده و همکاران (۱۳۸۴) طبقه‌بندی محدوده جلگه‌ای رودخانه‌های بابل و تالار را با استفاده از روش رزگن انجام داده‌اند. اسماعیلی (۱۳۸۵) با روش استیل رود- ارتباط طولی بازه‌ها و واکنش کanal رود را در جریان‌های سیلابی مورداستفاده قرار داده و پارامترهای ژئومورفیک را شناسایی کرده است. طالبی و بازیزدی (۱۳۸۷) به بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سبز کوه با استفاده از طبقه‌بندی رزگن در دو سطح پرداخته‌اند. مرشدی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی نقش ساختارهای زمین‌شناسی در تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه کارون (دشت خوزستان) به این نتیجه رسیدند که عوامل زمین‌شناسی به خصوص امتداد، جهت طاقه‌سی‌ها و مقاومت سازنده‌ها از عوامل اصلی مهاجرت و تغییرات مثاندرهای رودخانه است. علایی طالقانی و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی نقش انسان در فرسایش کناره‌ای و گسترش جانبه مثاندرهای رودخانه گاماسیاب در دشت بیستون پرداختند. یمانی و تورانی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل رزگن به ارزیابی ژئومورفولوژیکی رودخانه طالقان در بازه پل گلنیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که الگوی رودخانه در بالادست پل‌های شهرک، دارای الگوی چند شاخه‌ای بوده و با شکل کلی تک آبراهه‌ای متمرکز است. اسماعیلی و ولی خانی (۱۳۹۳) با به روش شاخص کیفیت مورفولوژی رودخانه شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه لاویج را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بازه‌های ۱، ۴، ۳ و ۶ به علت دخالت کم عوامل انسانی در گروه بسیار خوب و خوب طبقه‌بندی شده‌اند. پرونون (۱۳۹۴) بررسی ژئومورفولوژیکی رودخانه قره‌سو را با تأکید بر مدیریت رودخانه در دو دوره ۱۳۳۴ و ۱۳۹۳ در پنج بازه انجام داده است، یافته‌ها حاکی از آن است که در بازه اول و سوم پارامترهای ژئومورفیک افزایش یافته که نشان‌دهنده نایابداری رودخانه و در بازه دوم و چهارم و پنجم کاهش یافته است که بیانگر پایداری رودخانه است. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در تحقیقی با عنوان بررسی الگوهای رودخانه‌ای مثاندری، شریانی و آنابرنچینگ با استفاده از شاخص‌های شریانی و خمیدگی در رودخانه گاماسیاب به بررسی تغییرات این رودخانه پرداخته‌اند و نتیجه‌گیری کردند که به دلیل وقوع اولشن‌ها رودخانه از حالت مثاندری به الگوی رودخانه‌ای با مجاري بهم پیوسته تبدیل شده است.

¹- Morphological Quality Index²- Scorpio³- Gălie⁴- Prut River⁵- Mossa

اسدی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی تغییرات بستر رودخانه تالار پرداختند. ایشان با تعیین بازه‌ای به طول ۱۲ کیلومتر و با استفاده از مدل هک-رس^۱ و آمار ایستگاه‌های هیدرومتری دریافتند که بیشترین تغییرات در محدوده میانی بازه موردمطالعه رخداده است و ابتدای بازه به طول حدود ۱۰۰۰ متر با داشتن شبیه ملایم، پایدار است.

رودخانه طالقان به عنوان یکی از این حوضه‌های کوهستانی و به لحاظ قرارگیری در مجاورت استان البرز و سد طالقان و نیز به دلیل استقرار مناطق مسکونی زیاد در حاشیه رودخانه، یکی از رودخانه‌های مهم کشور محسوب می‌شود (نور و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۱؛ یمانی و تورانی، ۱۳۹۳، ۱). این رودخانه یکی از منابع مهم آب در آبیاری محصولات کشاورزی دشت قزوین محسوب می‌شود. احداث سد طالقان و نیز احداث جاده‌های جدید، استقرار جمعیت در حاشیه رودخانه طالقان، تغییر کاربری زمین باعث شده تا بازه‌هایی از این رودخانه دچار تغییراتی شود. اگر این عوامل شناسایی و ارزیابی جامع نشوند می‌تواند به مخاطراتی برای منطقه تبدیل شود.

همان‌طور که پیشینه تحقیق نشان می‌دهد درزمنیه مطالعات مربوط به بررسی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه‌ها در ایران خلاصه‌ای وجود دارد. برای مثال، هنوز هیچ‌گونه مطالعه‌ای از وضعیت کیفیت مورفولوژیک رودخانه‌های انجام نگرفته تا بتوان با آگاهی از آن نسبت به احیاء رودخانه‌ها اقدام نمود و یا این که این مطالعات به میزان اندک انجام گرفته است. برای رسیدن به هدف فوق رودخانه طالقان به عنوان نمونه موردمطالعه انتخاب شده است. روش مطالعه این رودخانه روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازیبینی شده (rMQI)^۲ است تا از طریق آن به ارزیابی کیفیت مورفولوژیک این رودخانه پرداخته شود. روش مذکور روشنی جدید است که تاکنون برای مطالعه کیفیت مورفولوژیکی رودخانه‌های رودخانه‌های کشور ایران استفاده نشده است.

روش تحقیق

در این تحقیق شش بازه با استفاده از مشاهدات میدانی و تصویر ماهواره‌ای تعیین گردید (شکل ۲). نمونه‌برداری از بازه‌های رودخانه‌ای بر اساس تأثیر عوامل انسانی بر تغییرات رودخانه بود. معیار انتخاب بازه‌ها بر اساس شاخص‌های مساحت حوضه بالا دست مخزن، مداخلات در بالا رود، تعداد پل‌ها (کیلومتر)، طول سواحل حفاظت شده، طول سنگ‌چین‌ها، کاربری ارضی، حذف پوشش گیاهی ساحلی، جنگل‌زدایی، ساخت و سازهای غیرمجاز در حریم رودخانه، طول موج مئاندر، طول جهت جریان، ضریب سینوسی، دامنه، شعاع قوس خمیدگی (r_c)، عرض کanal (w)، نسبت شعاع و پهنا (r/w)، مساحت مقطع عرضی، حداقل عمق، نسبت عرض به میانگین عمق، اتصال با تراس‌ها، حرکت مهاجرت جانبی مئاندر، دلان‌های بالقوه فرسایشی (فرسایش کناره‌ای) هستند. از آنجایی که اندازه‌گیری شاخص‌های بیشینه عمق رودخانه و متوسط عمق رودخانه به صورت میدانی با صرف وقت و زمان و هزینه زیاد و ابزارهای مخصوص همراه بود و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس کمتر از ۱:۵۰۰۰ رودخانه نیز برای شاخص‌های بیشینه عمق رودخانه و متوسط عمق رودخانه برای سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۶ موجود نبود، لذا از داده‌ها و اطلاعات مربوط به عمق رودخانه مستخرج از ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده موردمطالعه که به صورت نقاط شبیه فایل^۳ بودند استفاده گردید و با استفاده از روش درون‌بایی کریجینگ برای این نقاط اقدام به تعیین بیشینه عمق رودخانه و متوسط عمق رودخانه گردید. آمار و اطلاعات مربوط به سیل‌های منطقه نیز از گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای استان البرز (سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶) به دست آمد. از اسناد کتابخانه‌ای نیز به منظور مطالعه پیشینه تحقیق و مطالعه روش rMQI استفاده گردید.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازیبینی شده (rMQI) است. بدین گونه که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دو بازه زمانی (۲۰۰۶-۲۰۱۶) و مشاهدات میدانی شاخص‌های مربوط به اندیکاتورهای

¹- HEC-RAS

²- Revisited Morphological Quality Index (rMQI)

³- Shape file

فشار (PI) و اندیکاتورهای تغییر/رونده تعديل کانال (AI) شناسایی شدند. (جدول ۱). بعد از آن، اقدام به اندازه‌گیری و محاسبه این شاخص‌ها شد. سپس، اقدام به امتیازدهی آن‌ها با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده (rMQI) شد. در نهایت، وضعیت کیفیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده (rMQI) به دست آمد.

الف-داده‌ها

در این پژوهش برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک بستر رودخانه طالقان در طی دوره زمانی (۲۰۰۶ – ۲۰۱۶) از داده‌های زیر استفاده شده است: ۱- اسناد کتابخانه‌ای، ۲- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ (اخذشده از سازمان جغرافیایی وزارت دفاع برای سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۸۷)، ۳- نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ (اخذشده از سازمان زمین‌شناسی ایران برای سال ۱۳۳۸)، ۴- نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ (اخذشده از سازمان زمین‌شناسی ایران (۱۹۸۵)، ۵- نقشه زمین‌شناسی رقومی شده ۱:۱۰۰۰۰ (اخذشده از سازمان زمین‌شناسی ایران، ۱۳۹۴)، ۶- مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۳۰ متر (اخذشده از سازمان نقشه‌برداری کشور (۱۳۸۵)، ۷- تصویر ماهواره‌ای IRS (اخذشده از سازمان جغرافیایی وزارت دفاع (۲۰۰۶)، ۸- تصاویر ماهواره‌ای IRS (اخذشده از سازمان جغرافیایی وزارت دفاع (۲۰۱۶)، ۹- تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سنجدنده از سایت USGS (OLITIRS) (اخذشده از سایت (۲۰۱۶).

ب-روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده

Zaharia و همکاران (۲۰۱۵) برای تحلیل کیفیت مورفولوژیکی بخش پایینی رودخانه پراهاوا در رومانی از یک پروتکل چند فاز^۱ منطبق با داده‌های شکل (۱) استفاده نمودند. ابتدا اندیکاتورهای^۲ مربوط به فشارها^۳ و تغییرات^۴ انتخاب می‌شوند؛ سپس برای هر شاخص انتخاب شده، کلاس تغییرات^۵ تعریف می‌شود و آن‌ها را در برابر شرایط دست‌نخورده^۶ مطابقت می‌دهند. پایه و اساس روش rMQI مبتنی بر روش قضابت کارشناسان خبره MQI ارائه شده توسط Rinaldi و همکاران (۲۰۱۳) است. این روش بیانگر نبود تغییرات، تغییرات شدید و تغییرات قابل توجه است. سرانجام، با تعیین امتیاز برای هر کلاس تغییر، سطح فشار و تغییر ارزیابی شد. (برای مثال، + برای فقدان تغییر و - برای امتیاز برای تغییر مهمن). برای تعیین درجه تغییر سه شاخص استفاده می‌شود که عبارت از ۱- شاخص سطح فشار^۷، ۲- شاخص سطح تغییر^۸، ۳- شاخص جهانی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه^۹ هستند (برای مثال، MQI بازبینی شده که اساساً اینجا rMQI نامیده می‌شود). شاخص فشار بر اساس اندیکاتورهای فشار است. شاخص تغییر بر اساس اندیکاتورهای مربوط به تعديل‌های کانال^{۱۰} و عملکرد مئاندر شدگی^{۱۱} است. هدف از روش rMQI، ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه بر اساس استفاده از

¹- Multi-phase protocol

²- Indicators

³- Pressures

⁴- Alterations

⁵- Changes

⁶- Undisturbed

⁷- Index of the level of pressure

⁸- Index of the level of alteration

⁹- Index of global river morphological quality

¹⁰- Channel adjustments

¹¹- Meandering functionality

اندیکاتورهای فشار و تغییر است. روش rMQI بر اساس ۱۲ شاخص فشارهای انسانی^{۱۲}، ۱۰ شاخص از تعديل فرم کانال^{۱۳} و ۱۱ شاخص عملکرد مثاندر شدگی است. روش rMQI یک سیستم امتیازدهی است که به وسیله آن می‌توان به کمی سازی تغییرات دست زد و آن زمانی است که با شرایط مرجع^{۱۴} مقایسه شود. با استفاده از این روش می‌توان به طبقه‌بندی بازه‌های رودخانه‌ای به صورت وضعیت بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و بسیار بد ناشی از اعمال انسانی و طبیعی پرداخت. در این روش به هر شاخصی امتیازی تعلق می‌گیرد: (۰) فقدان تغییر^{۱۵} و (۹) بیشترین امتیاز برای تغییرات بسیار مهم^{۱۶} است (جدول ۱). امتیاز نهایی هر اندیکاتور در عدد ۱۰۰ ضرب و سپس تقسیم بر مجموع بیشترین امتیاز برای هر اندیکاتور می‌شود. در نهایت با محاسبه میانگین اندیکاتورها وضعیت کیفیت مورفولوژیکی رودخانه به صورت درصد بیان می‌شود. روش rMQI پنج کلاس کیفیت مورفولوژیکی را نشان می‌دهد (با توجه به روش پذیرفته شده رینالدی و همکاران، ۲۰۱۳). بدین ترتیب، اگر =rMQI (۰ - ۱۴٪) باشد، بیانگر وضعیت کیفی بسیار خوب است، اگر =rMQI (۱۵٪ - ۲۹٪) باشد، نشان‌دهنده وضعیت کیفی خوب، اگر =rMQI (۳۰٪ - ۴۹٪) باشد، کیفیت مورفولوژیکی رودخانه متوسط و اگر =rMQI (۵۰٪ - ۶۹٪) باشد، نشان‌دهنده وضعیت کیفی ضعیف و اگر =rMQI (۷۰٪ - ۱۰۰٪) باشد، نشان‌دهنده وضعیت کیفی بسیار ضعیف رودخانه است (زاهاریا، ۲۰۱۵).

¹²- Human pressures

¹³- Channel form adjustments

¹⁴- Reference conditions

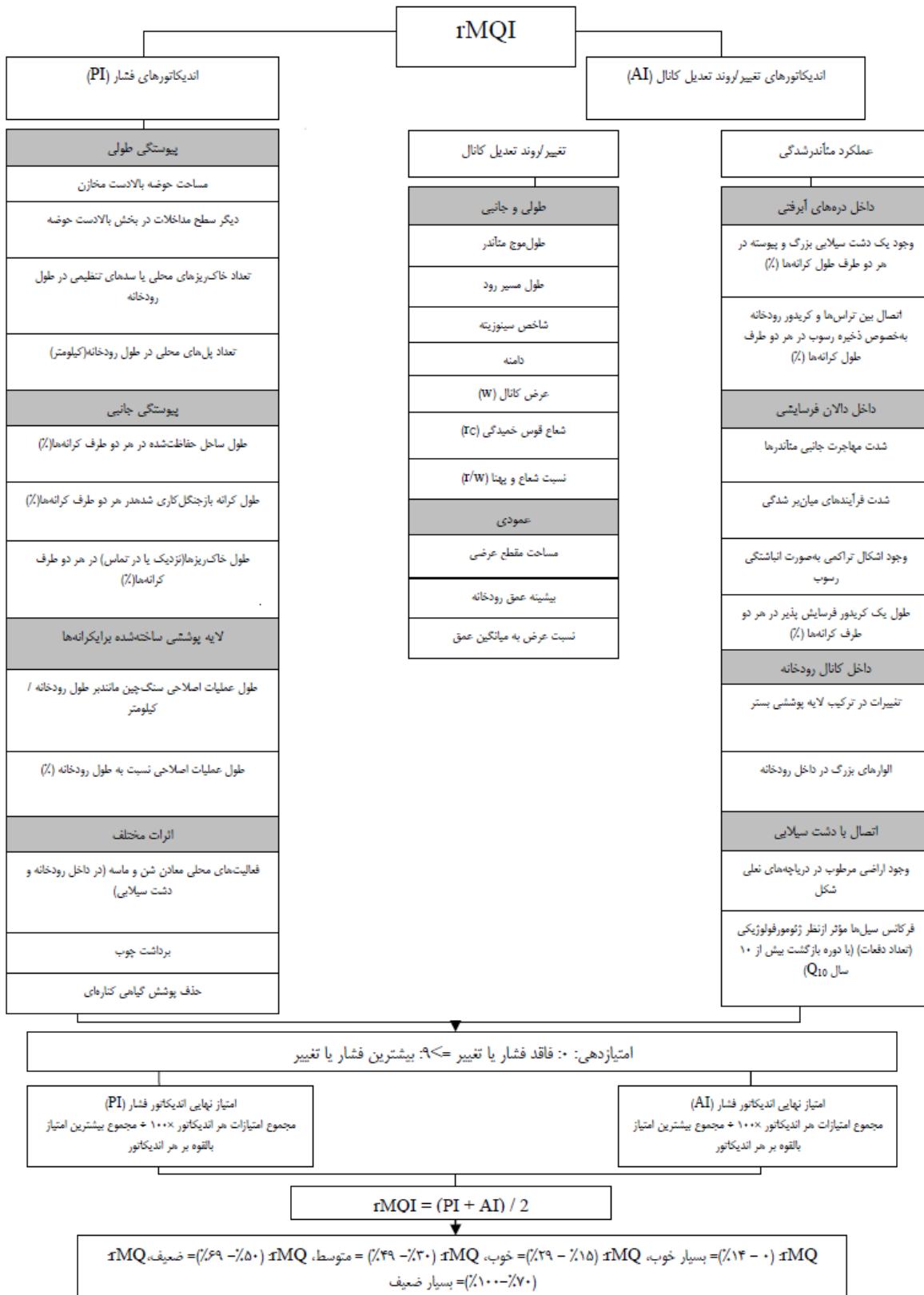
¹⁵- No Pressure or alteration

¹⁶- Intense Pressure or alteration

جدول ۱: اندیکاتورها، دامنه و نحوه امتیازدهی به آن‌ها (مأخذ: زاهاریا و همکاران، ۲۰۱۵)

امتیاز	دامنه	ساخته	اندیکاتور
۹ - ۰	>۶۶% - ۰%	مساحت حوضه بالادست مخازن	
۶ - ۰	A-M-I	دیگر سطح مداخلات در بخش بالادست حوضه	اندیکاتورهای فشار
۶ - ۰	>۱٪/۱ - ۰%	تعداد خاکبریزهای محلی یا سدهای تنظیمی در طول رودخانه(کیلومتر)	(PI)
۳ - ۰	>۱٪/۱ - ۰%	تعداد پل‌های محلی در طول رودخانه(کیلومتر)	
۶ - ۰	<۵% - >۳۲%	طول ساحل حفاظت شده در هر دو طرف کرانه‌ها (%)	
۳ - ۰	<۵% - >۳۲%	طول کرانه بازجنبک کاری شده در هر دو طرف کرانه‌ها	
۶ - ۰	<۱۰% - >۵۰%	طول خاکبریزها (نزدیک یا در تماس) در هر دو طرف کرانه‌ها (%)	
۶ - ۰	>۱٪/۱ - ۰%	طول عملیات اصلاحی سنگ‌چین مانند بر طول رودخانه / کیلومتر	
۳ - ۰	>۱۰% - ۰%	طول عملیات اصلاحی نسبت به طول رودخانه (%)	
۶ - ۰	A-I	فعالیت‌های محلی مادن‌شن و ماسه (در داخل رودخانه و دشت سیلانی)	
۵ - ۰	A-I	برداشت چوب	
۵ - ۰	A-I	حذف پوشش گیاهی کناره‌ای	
.	NC- C	طول موج مثنا (متر)	اندیکاتورهای
.	NC- C	طول مسیر رود (متر)	تفاوت‌لر وند تغییر
۶ - ۰	NC- C	تاخضص سیوزیته	
۶ - ۰	NC- C	دامنه (متر)	کنال (AI)
۶ - ۰	NC- C	شعاع قوس خمیدگی (TC)	
۶ - ۰	NC- C	عرض کنال (W) (متر)	
۶ - ۰	NC- C	نسبت شعاع بر عرض کنال (TC/W)	
۶ - ۰	T- NT	مساحت مقطع عرضی	
۶ - ۰	T- NT	بیشینه عمق (Cm)	
۶ - ۰	T- NT	نسبت عرض کنال به میانگین عمق	
۵ - ۰	<۱۰% - >۶۶%	وجود یک دشت سیلانی بزرگ و پیوسته در هر دو طرف طول کرانه‌ها (%)	
۵ - ۰	<۳۳% - >۹۰%	اتصال بین تراس‌ها و کریدور رودخانه به خصوص ذخیره رسوب در هر دو طرف طول کرانه‌ها (%)	
۵ - ۰	I-A	شدت مهاجرت جانبی مثناها در یک بازه زمانی معین (متر)	
۶ - ۰	همان شدت یا شدت >I	شدت فرآیندهای میان بر شدگی	
۴ - ۰	I-A	وجود اشکال تراکمی به صورت ابیاتگی رسوب (متر)	
۶ - ۰	<۳۳% - >۶۶%	طول یک کریدور قریبی پذیر در هر دو طرف کرانه‌ها (%)	
۵ - ۰	C تا تغیر به یک ذره با اندازه همان دانه (-C)	تغییرات در ترکیب لایه پوششی متر	
۴ - ۰	P-A	والارهای بزرگ در داخل رودخانه	
۶ - ۰	P-A	وجود اراضی مروطوب در دریاچه‌های نعلی شکل	
۶ - ۰	چندین بار - هرگز	فرکانس سیل‌های مؤثر از نظر ژئومورفولوژیکی/تعداد دفعات (یا دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال (Q ₁₀)	

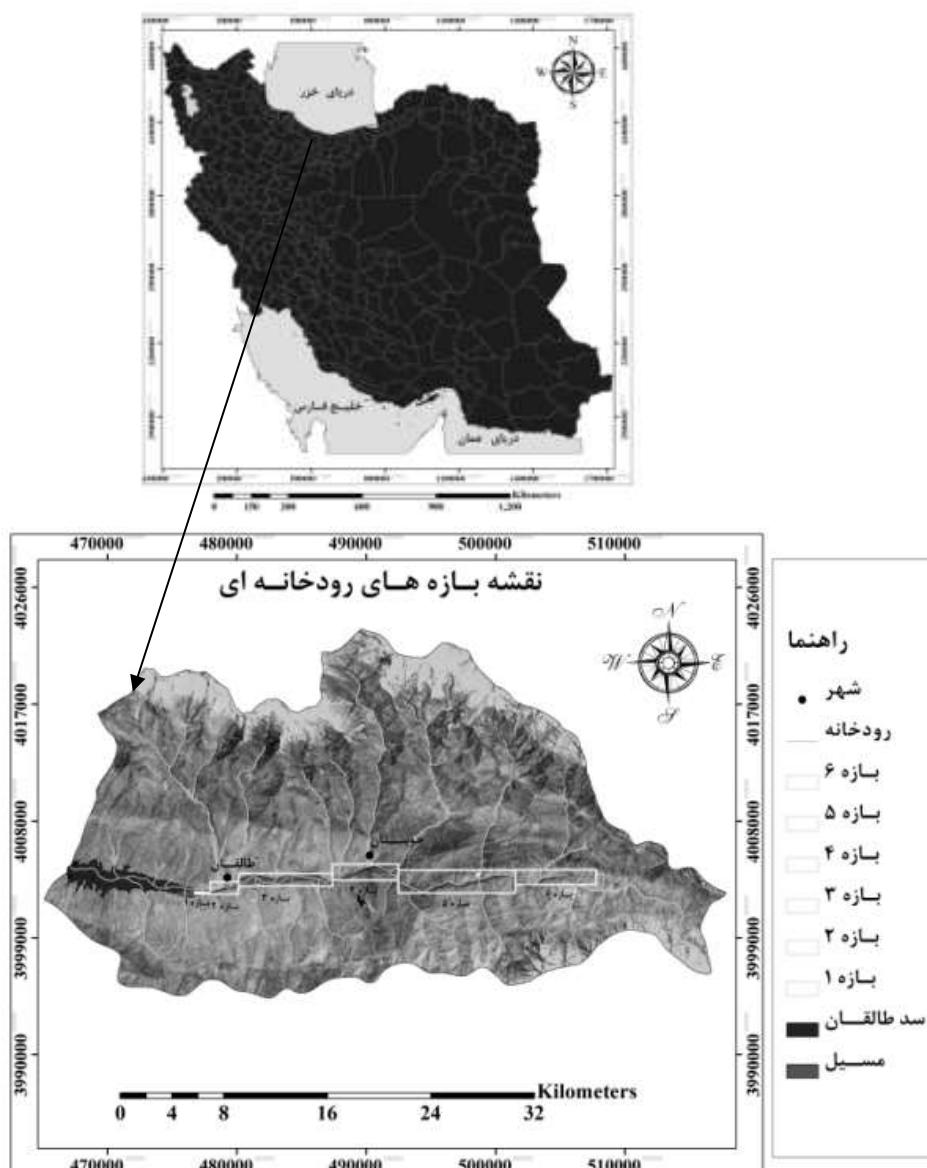
A: فلدان، M: متوسطاً، I: شدید، NC: بدون تغیر، C: تغیر، T: روند، NT: بدون روند، P: وجود



شکل ۱: روش کیفیت مورفولوژی بازبینی شده (rMQI): مأخذ: زاهاریا و همکاران، ۲۰۱۵

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز طالقان در غرب تهران واقع است. این حوضه در عرض جغرافیایی "۳۰°۳۰'۰۰" تا "۳۶°۱۵'۰۰" شمالی و طول جغرافیایی "۵۰°۳۰' تا "۵۱°۱۲'۰۰" شرقی واقع شده است. شکل (۲) موقعیت حوضه آبریز طالقان را به همراه بازه‌های مطالعه شده نشان می‌دهد. از لحاظ توپوگرافی، ارتفاع محدوده مورد مطالعه بین ۱۶۹۲ متر در نواحی دره‌ای و ۴۳۱۲ متر در نواحی کوهستانی متغیر است. حداقل شیب با میزان کمتر از ۱۰ درجه برای نواحی دره‌ای و بیشترین میزان شیب با مقدار ۶۱/۸۳ درجه مرتبط با نواحی کوهستانی است. از لحاظ زمین‌شناسی، اغلب رسوبات محدوده مورد مطالعه مشکل از رسوبات آبرفتی پلیستوسن اخیر و سنگ‌های آتش‌شانی اتوسن است. رسوبات آبرفتی مرتبط با نواحی دره‌ای و سنگ‌های آتش‌شانی مرتبط با نواحی کوهستانی هستند. رودخانه طالقان با طول ۵۲ کیلومتر از گردنه عسلک در غرب کندوان سرچشم‌می‌گیرد، و به سمت غرب جریان می‌یابد. بعد از دریافت شاخه‌های متعدد سرانجام به رودخانه الموت می‌پیوندد و پس از آن با رودخانه شاهرود به دریاچه سد سفید رود می‌ریزد. حوضه آبریز طالقان مشکل از ۲۱ زیر حوضه است.



شکل ۲: موقعیت محدوده مورد مطالعه و بازه‌ها بر روی تصویر لندست ۸ سال ۲۰۱۶ (مأخذ: سایت USGS)

بحث و یافته‌ها

در ابتدا، با استفاده از مشاهدات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای IRS، ان迪کاتورهای موجود در جدول (۱) و شکل (۲) برای هر بازه برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ شناسایی شدند. سپس، اقدام به اندازه‌گیری، محاسبه و امتیازدهی به داده‌ها با استفاده از روش rMQI شد (مطابق با جدول ۱). در آخر، وضعیت بازه‌های بستر رودخانه طالقان با استفاده از فرمول موجود در شکل (۱) برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ به دست آمد جدول (۲).

جدول ۲: ارزیابی شاخص کیفیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

ردیف	نام بازه	نام بازه	وضعيت کييفيت	ردیف	نام بازه	نام بازه	وضعيت کييفيت	ردیف	نام بازه
	مورفو‌لولوژیک رود	مورفو‌لولوژیک رود	(سال ۲۰۰۶)		دریاچه سد	دریاچه سد	بسیار ضعیف		دریاچه سد
	طالقان تا	طالقان تا			روستای گلینک	روستای گلینک			روستای گلینک
	روستای گلینک	روستای گلینک			روستای گلینک	روستای گلینک			روستای گلینک
	تا پل جزن (پل چوبی)	تا پل جزن (پل چوبی)			تا پل جزن (پل چوبی)	تا پل جزن (پل چوبی)			تا پل جزن (پل چوبی)
	پل جزن تا پل	پل جزن تا پل	متوجه		پل و شته تا پل	پل و شته تا پل	متوجه		پل و شته تا پل
	جوستان (دیزه رو)	جوستان (دیزه رو)	بسیار ضعیف		جوستان (دیزه رو)	جوستان (دیزه رو)	بسیار ضعیف		جوستان (دیزه رو)
۱	باشه	باشه	متوجه	۱	۵۱/۰۸	۵۱/۰۸	متوجه	۱	باشه
۲	طالقان تا	طالقان تا	بسیار ضعیف	۲	۷۲/۵۳	۷۲/۵۳	بسیار ضعیف	۲	طالقان تا
۳	روستای گلینک	روستای گلینک							روستای گلینک
۴	تا پل جزن (پل چوبی)	تا پل جزن (پل چوبی)							تا پل جزن (پل چوبی)
۵	پل و شته تا پل	پل و شته تا پل	متوجه						پل و شته تا پل
۶	پل جوزتان تا پل لاله	پل جوزتان تا پل لاله	بسیار ضعیف	۶	۹۰/۴۲	۹۰/۴۲	بسیار ضعیف	۶	پل جوزتان تا پل لاله

با توجه به جدول (۲)، شاخص کیفیت مورفو‌لولوژیک رود برای بازه اول ۵۱/۰۸٪ تعیین شد که این بازه در کلاس مورفو‌لولوژیکی متوجه قرار می‌گیرد. برای بازه دوم این شاخص مقدار ۷۲/۵۳٪ به دست آمد که بدان معناست که این بازه با توجه به اجرایی روش rMQI در کلاس مورفو‌لولوژیکی بسیار ضعیف واقع شده است. بازه سوم از لحاظ کیفیت مورفو‌لولوژیک در کلاس متوجه با مقدار ۶۲/۲۴٪ قرار گرفته است. برای بازه چهارم شاخص کیفیت مورفو‌لولوژیکی رود مقدار ۶۲/۲۴٪ تعیین شد که این نشان‌دهنده این است که این بازه نیز در کلاس متوجه واقع شده است. شاخص کیفیت مورفو‌لولوژیک رود برای بازه پنجم ۹۱/۹۲٪ به دست آمد که این نشان می‌دهد که کیفیت مورفو‌لولوژیک بستر رودخانه در این بازه بسیار ضعیف است. بازه ششم مانند بازه پنجم نیز در کلاس بسیار ضعیف با مقدار ۹۰/۴۲٪ قرار گرفته است. در کل می‌توان این طور استنباط کرد که در سال ۲۰۰۶ بستر رودخانه طالقان از لحاظ کیفیت مورفو‌لولوژیکی وضعیت خوبی ندارد. با مقایسه نتایج برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ می‌توان اظهار داشت که شاخص کیفیت مورفو‌لولوژیک رود برای بازه اول ۷۶/۵۶٪ بود که بدان معناست این بازه در سال ۲۰۱۶ در کلاس متوجه قرار داشت که این بازه در سال ۲۰۰۶ وضعیت مورفو‌لولوژیکی بسیار ضعیف قرار گرفته است؛ یعنی اگر در سال ۲۰۰۶ وضعیت مورفو‌لولوژیکی این بازه در کلاس متوجه قرار داشت طی ۱۰ سال وضعیت مورفو‌لولوژیکی این بازه بسیار ضعیف برآورد شد که این نشان‌دهنده وضعیت بدتر شدن این بازه از رودخانه است. برای بازه دوم این شاخص مقدار ۸۵/۲۵٪ درآمد که بدان معناست که این بازه در کلاس مورفو‌لولوژیکی بسیار ضعیف واقع شده است. بازه سوم از لحاظ کیفیت مورفو‌لولوژیک در کلاس ضعیف ۶۴/۰۵٪ قرار گرفته است؛ یعنی این که طی این ۱۰ سال کیفیت این بازه از رودخانه از وضعیت کیفی متوجه خارج و به کیفیت ضعیف تبدیل شده است. برای بازه چهارم شاخص کیفیت مورفو‌لولوژیکی رود عدد ۸۴/۰۵٪ به دست آمد که این

نشان‌دهنده این است که این بازه نیز در کلاس بسیار ضعیف با توجه به روش rMQI قرار گرفته است. شاخص کیفیت مورفولوژیک رود برای بازه پنجم ۹۰/۱۲٪ به دست آمد که این نشان می‌دهد که وضعیت مورفولوژیک بستر رودخانه در این بازه بسیار ضعیف است. بازه ششم مانند بازه پنجم نیز در کلاس بسیار ضعیف با مقدار ۱۰۰٪ قرار گرفته است. در کل می‌توان این طور استنباط کرد که رودخانه طالقان در تمامی بازه‌ها اصلًاً وضعیت خوبی ندارد و اگر در سال ۲۰۰۶ کیفیت مورفولوژیکی رود برای بعضی از بازه‌ها متوسط بود اما در سال ۲۰۱۶ به کیفیت بسیار ضعیفی تبدیل شده‌اند و این کیفیت بسیار ضعیف نه تنها در کیفیت آب آشامیدنی تأثیر خواهد گذاشت بلکه از لحاظ زیست‌محیطی نیز باعث ایجاد بحران‌های مورفولوژیکی مانند فرسایش خاک و رسوب‌گذاری بیشتر در مخزن سد خواهد شد و از همه مهم‌تر این رودخانه در شرف نابودی است که این می‌تواند باعث تخریب محیط‌زیست و به خطر افتادن حیات گونه‌های زیستی موجود در منطقه طالقان شود.

بررسی علل وضعیت ضعیف کیفیت مورفولوژیکی بستر رودخانه طالقان بازه اول

نتایج برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ در بازه اول نشان داد که در حیطه اندیکاتورهای فشار (PI) دیگر سطح مداخلات در بخش بالادست حوضه برای سال ۲۰۰۶ متوسط برآورد شد که در سال ۲۰۱۶ این مداخلات شدید تشخیص داده شد. با توجه به مشاهدات میدانی و بررسی‌های تصاویر ماهواره‌ای معلوم شد که در سال ۲۰۰۶ برای بازه اول تعداد ۱ پل وجود داشت اما در سال ۲۰۱۶ به تعداد پلهای موجود در این بازه افزوده شد و به تعداد ۲ پل رسید. در سال ۲۰۰۶ مقدار برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در حد متوسط بود که در سال ۲۰۱۶ به دلیل تخریب پوشش گیاهی بومی منطقه برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی به درجه‌شیدید رسید. در حیطه اندیکاتورهای تغییرات (AI) نتایج بسیار قابل توجه بود. به‌طوری‌که نسبت شعاع بر عرض کanal طی ۱۰ سال ۴/۳ محاسبه شد که این بیانگر جابه‌جایی زیاد بستر این رودخانه است. اتصال بین تراس‌های رودخانه‌ای در هر دو طرف طول کرانه‌ها در سال ۲۰۰۶ ۱۵/۰۹٪ بود که در سال ۲۰۱۶ به ۴/۶۴٪ رسید که این نشان‌دهنده تخریب بیشتر این پادگانه‌هادرنتیجه تغییرات کاربری ارضی بوده است. علاوه بر این، شدت مهاجرت جانبی مثاندرها طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ در حدود ۴۰ متر اندازه‌گیری شد. مهاجرت جانبی مثاندرها با تخریب زمین‌های اطراف منجر به افزایش فرسایش خاک و رسوب می‌شوند. نتایج این تحقیق برای بازه اول نشان داد که علت واقع شدن این بازه در کلاس بسیار ضعیف در اثر مداخلات بیشتر در بالادست حوضه از طریق افزایش تعداد پلهای، حذف پوشش گیاهی کناره رودخانه‌ها، تخریب پادگانه‌های رودخانه‌ایکه به‌نوعی دست‌کاری در حریم رودخانه محسوب می‌شود، مهاجرت جانبی مثاندرها باشد. علاوه بر این، سطح شدید مداخلات در بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای نیز به مقدار شدید برآورد شد. بنابراین، می‌توان گفت که احتمالاً این عامل ازجمله عوامل اصلی هستند که در تخریب این بازه از رودخانه نقش داشته‌اند.

بازه دوم

مطالعات انجام‌شده برای این بازه حاکی از این است که دیگر سطح مداخلات در بخش بالادست حوضه برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ در سطح متوسط بوده است. همچنین در سال ۲۰۰۶ بهمنظور حفاظت از سواحل اقدام به استقرار دیواره‌های سنگچین مانند کرده بودند که مقدار آن در حدود ۴/۳۱٪ برآورد شد، اما در سال ۲۰۱۶ اقدام به تخریب این دیواره کردند که مقدار آن در حدود ۲/۸٪ محاسبه شد. در سال ۲۰۰۶ مقدار برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در حد متوسط بود که در سال ۲۰۱۶ به دلیل تخریب پوشش گیاهی بومی منطقه برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی به سطح‌شیدید افزایش یافت. در زمینه نسبت جابه‌جایی می‌توان گفت که این نسبت برای سال ۲۰۰۶ در حدود ۱/۹۴٪ برآورد شد اما در سال ۲۰۱۶ این نسبت به مقدار ۳/۱۳ افزایش یافت. این بدان معناست که این بازه در سال ۲۰۰۶ در مقایسه با سال ۲۰۱۶

جایه جایی بستر رودخانه وجود نداشت که در این سال به میزان زیاد یا افزایش یافته است. علاوه بر این، اتصال بین تراس‌های رودخانه‌ای در هر دو طرف طول کرانه‌ها در سال ۲۰۰۶، ۹۸٪ برآورد شد و در سال ۲۰۱۶ به مقدار ۷۴٪ محاسبه شد که این نشان دهنده دخل و تصرف در این پادگانه‌ها بوده است. ضمناً شدت مهاجرت جانبی مئاندرها در سال ۵۳/۵۵، ۲۰۰۶ متر برآورد شد؛ اما در سال ۲۰۱۶ بر میزان این شدت افزوده شده، به طوری که هدر حدود ۹۱٪/۷۰ متر شد. در سال‌های ۲۰۰۶ طول یک کریدور فرسایش پذیر در حدود ۳۰٪ محاسبه شد که در سال ۲۰۱۶ از میزان آن کاسته شده و به میزان ۳۷٪/۱۶ کاهش داشت. نتایج تحقیق حاضر برای بازه دوم نشان داد که دست کاری در کرانه رودخانه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای و جایه جایی شدید بستر رودخانه از جمله دلایل اصلی کیفیت مورفولوژیک بسیار ضعیف این بازه هستند. شکل (۳) نمونه‌ای از یک فرسایش کناره‌ای را برای بازه دوم نشان می‌دهد.



شکل ۳: فرسایش کناره‌ای و نمایان شدن ریشه درختان (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

بازه سوم

در بازه سوم، طول سواحل حفاظت شده در سال ۲۰۰۶ در حدود ۳۴٪ محاسبه شد که در سال ۲۰۱۶ اقدام به توسعه حفاظت از سواحل پرداختند به طوری که میزان آن در حدود ۴۷٪ برآورد شد. طی این ۱۰ سال نیز برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در حد متوسط بوده است. بررسی نسبت شعاع بر عرض کanal نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۶، میزان جایه جایی این بازه از رودخانه در حدود ۳/۲ اندازه‌گیری شد اما در سال ۲۰۱۶ این میزان کمتر و به مقدار ۵/۲۵ کاهش داشته است و این بدان معناست که این بازه جایه جایی بستر را اما نه به شدت سال ۲۰۰۶ تجربه کرده است. از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده با استفاده از مشاهدات میدانی و بررسی‌های میدانی معلوم شد که تراس‌های این بازه تخریب و از بین رفته‌اند؛ به طوری که در سال ۲۰۰۶ اتصال با تراس‌های رودخانه‌ای در حدود ۷۱٪ برآورد شد که در سال ۲۰۱۶ در اثر تغییرات کاربری ارضی و تصرف این تراس‌ها به فعالیت‌های زراعی و باغی از بین رفته‌اند. علاوه بر این، مهاجرت جانبی مئاندرها افزایش داشته است به طوری که در سال ۶/۲۰۰ در مقایسه با سال ۱۶ مقدار آن در حدود ۶۸٪/۱۲۳ متر اندازه‌گیری شد. ضمناً طول یک کریدور فرسایش پذیر در هر دو طرف کرانه‌ها برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ به ترتیب، در حدود ۴۴٪/۱۷ بود و ۴۰٪/۴۰ محاسبه شد. نتایج تحقیق حاضر برای بازه سوم نشان داد که علت کیفیت مورفولوژیک رود

از حالت متوسط در سال ۲۰۰۶ به کیفیت ضعیف در سال ۲۰۱۶ ناشی از عوامل دست‌کاری و تخریب تراس‌های رودخانه‌ای و مهاجرت جانی مئاندرها و درنتیجه تخریب بیشتر کرانه این بازه از رودخانه باشد.

بازه چهارم

مطالعات انجام‌شده برای این بازه نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ دیگر سطح مداخلات در بالادست حوضه در طی این سال‌ها در سطح متوسط بوده است؛ اما میزان برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در طی این سال‌ها در سطح شدید بود. علاوه بر این، در سال ۲۰۰۶ نسبت جابه‌جایی بستر رودخانه در حدود $2/4$ اندازه‌گیری شد و اما در سال ۲۰۱۶ میزان جابه‌جایی در حدود $3/2$ برآورد شد که این بیانگر این واقعیت است که رودخانه در مقایسه با سال ۲۰۰۶ دچار جابه‌جایی شدید بستر شده است. همچنین، در سال ۲۰۰۶ اتصال بین تراس‌های رودخانه‌ای در هر دو طرف کرانه‌ها در حدود $74/06\%$ اندازه‌گیری شد که از میزان آن کاسته شده به‌طوری که در سال ۲۰۱۶ در حدود $66/94\%$ محاسبه شد و این نشان‌دهنده این است که در این پادگانه‌ها دخل و تصرفی صورت پذیرفته است. در سال ۲۰۰۶ شدت مهاجرت جانی مئاندرها وجود نداشت اما در سال ۲۰۱۶ شدت این مهاجرت در حدود 44 متر اندازه‌گیری شد و این نیز نشان‌دهنده این واقعیت است که افزایشی در میزان مهاجرت این مئاندرها وجود داشته است. علاوه بر این‌ها، در سال ۲۰۰۶ فرسایش پذیری در هر دو طرف کرانه‌ها وجود نداشت اما در سال ۲۰۱۶ فرسایش پذیری رخ داده است که مقدار آن در حدود $22/69\%$ محاسبه شد. نتایج این تحقیق برای بازه چهارم نشان داد که علت کیفیت ژئومورفولوژیک بسیار ضعیف این بازه می‌تواند ناشی از عوامل برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای، جابه‌جایی شدید بستر رودخانه، دخل و تصرف در پادگانه‌های آبرفتی، فرسایش‌در قوس‌های مئاندری و افزایش شدت مهاجرت جانی مئاندرها باشد.

بازه پنجم

مطالعات انجام‌شده برای این بازه نشان می‌دهد که دیگر سطح مداخلات و نیز برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای طی این ۱۰ سال در سطح شدید بوده است. در حیطه اندیکاتورهای تغییر/روند تعديل کانال (AI)، محاسبه شاخص نسبت شعاع بر عرض کanal نشان داد که در سال ۲۰۰۶ مقدار این شاخص در حدود $2/5$ بود که در سال ۲۰۱۶ مقدار آن $3/3$ برآورد شد که این نشان‌دهنده افزایش در جابه‌جایی بستر این بازه از رودخانه است. شاخص اتصال بین تراس‌ها و کریدور رودخانه در هر دو طرف طول کرانه‌ها در طی سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ تغییرات زیادی نداشته است، به‌طوری که مقدار آن برای سال ۲۰۰۶ در حدود $14/24\%$ و در سال ۲۰۱۶ در حدود $14/20\%$ برآورد شد. در سال ۲۰۱۶ از شدت مهاجرت جانی مئاندرها کاسته شده به‌طوری که در سال ۲۰۰۶ این جابه‌جایی در حدود $10/4/18$ متر اندازه‌گیری شد؛ اما در سال ۲۰۱۶ در مقایسه با سال ۲۰۰۶ از میزان این مهاجرت به‌شدت کم شده و به مقدار $40/51$ متر کاهش یافت. درزمنیه شاخص فرسایش‌پذیری کریدور رودخانه می‌توان گفت که هدر سال ۲۰۰۶ طول یک کریدور فرسایش‌پذیر در هر دو طرف کرانه‌ها در حدود $28/43\%$ برآورد شد؛ اما در سال ۲۰۱۶ فرسایش‌پذیری افزایش یافته به‌طوری که مقدار آن در حدود $33/98\%$ محاسبه شد. از مطالعات انجام شده برای این بازه می‌توان این طور اظهار داشت که علت کیفیت ژئومورفولوژیک بسیار ضعیف این بازه افزایش سطح شدید مداخلات در بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای، جابه‌جایی بستر رودخانه، فرسایش‌پذیری زیاد کریدور رودخانه در این بازه بوده است.

بازه ششم

نتایج این تحقیق برای بازه ششم نشان می‌دهد که دیگر سطح مداخلات برای این بازه طی ۱۰ سال در حد شدید بوده است. به‌طوری که برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای نیز طی این مدت شدید برآورد شد. علاوه بر این، در سال ۲۰۰۶ هیچ‌گونه عملیات اصلاحی سنگچین مانند برای این بازه از رودخانه وجود نداشت؛ اما از مشاهدات میدانی که در سال ۲۰۱۶ از این بخش از بازه صورت گرفت وجود یک دیواره سنگچین مانند به طول $4/54$ کیلومتر مشاهده شد. نسبت شعاع بر عرض کanal در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ به ترتیب، $2/48$ و $2/96$ محاسبه شد. مطالعه این ارقام نشان داد که جابه‌جایی

بستر رودخانه طی این مدت تقریباً زیاد بوده است. شاخص اتصال بین تراس‌ها و کریدور رودخانه در هر دو طرف طول کرانه‌ها تغییرات زیادی نداشته است؛ به‌طوری‌که برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ مقدار آن به ترتیب، در حدود ۹۹/۲۴٪ و ۸۴/۲۳٪ محسوب شد. در سال ۲۰۱۶ نیز مانند بازه پنجم از شدت مهاجرت جانبی مئاندرها کاسته شده به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۶ ج به‌جایی در حدود ۶۷/۷۶ متر اندازه‌گیری شد امادر سال ۲۰۱۶ در مقایسه با سال ۲۰۰۶ از میزان مهاجرت مئاندر کاسته شده به‌طوری‌که در حدود ۹۱/۳۳ متر اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، از میزان فرسایش‌پذیری کریدور رودخانه کاسته شده به‌طوری‌که اندازه‌گیری برای سال ۲۰۰۶ رقمی در حدود ۶/۵۳٪ و در سال ۲۰۱۶ رقمی در حدود ۸/۳۸٪ را نشان داد؛ اما علل کیفیت ژئومورفولوژیک بسیار ضعیف این بازه را می‌توان ناشی از عواملی از قبیل افزایش مداخلات در بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در سطح شدید، احداث دیواره سنگچین مانند در این بازه از رودخانه و جابه‌جایی نسبتاً شدید بستر رودخانه دانست.

در کل، از بررسی‌هایی که از رودخانه طالقان با استفاده از مشاهدات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفت می‌توان این طور استنباط کرد که در سال ۲۰۱۶ در حیطه عوامل انسانی، علاوه بر احداث پل‌ها و عملیات اصلاحی به‌منظور حفاظت از کرانه رودخانه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای بیشترین نقش را در تخریب بازه اول داشته‌اند. لذا عوامل طبیعی بر تخریب بازه اول برای سال ۲۰۱۶ نقشی نداشته‌اند اما در سال ۲۰۰۶ نقش عوامل طبیعی بر تخریب بازه اول اثبات می‌شود. مطالعات انجام‌شده در بازه دوم رودخانه برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ نشان داد که هردو عوامل طبیعی به صورت مئاندرشدگی و عوامل انسانی از طریق مداخلات در بخش بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای در تخریب بازه دوم نقش داشته‌اند. بررسی‌های انجام‌شده در بازه سوم رودخانه نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ افزایش مداخلات در بخش بالادست حوضه بیشترین نقش را در تخریب بازه سوم داشته است و عوامل طبیعی نقش زیادی را در تخریب این بازه نداشته‌اند. بررسی‌های انجام‌شده در بازه چهارم رودخانه نشان داد که در سال ۲۰۰۶ آندیکاتور مئاندر شدگی بیشترین نقش را در تخریب این بازه داشته است و عوامل انسانی نقش زیادی در تخریب این بازنده‌اند؛ در حالی که در سال ۲۰۱۶، تأثیر اقدامات انسانی به بیشترین میزان خود می‌رسد. مطالعات انجام‌شده در بازه پنجم نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ در زمرة عوامل انسانی غلبه با افزایش مداخلات در بخش بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای بوده است و در زمرة عوامل طبیعی مئاندرشدگی بیشترین نقش را در تخریب بازه پنجم داشته است. مطالعات انجام‌شده در بازه ششم نشان داد که در سال ۲۰۰۶ در حیطه اقدامات انسانی افزایش مداخلات در بخش بالادست حوضه، برداشت چوب و حذف پوشش گیاهی کناره‌ای و در زمرة عوامل طبیعی، مئاندرشدگی از جمله دلایل اصلی در تخریب این بازه از رودخانه هستند و در سال ۲۰۱۶ علاوه بر افزایش مداخلات در بخش بالادست حوضه، مئاندرشدگی نیز از جمله دلایل اصلی بازه ششم رودخانه طالقان محسوب می‌شوند.

تغییرپذیری شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه طالقان

در پژوهش حاضر ۳۲ شاخص تحت عنوان اندیکاتورهای فشار (PI) و تغییر/رونده تعديل کاتال (AI) در شش بازه از رودخانه طالقان در قالب روش $rMQI$ اندازه‌گیری، محاسبه و امتیازدهی شدند؛ اما در مورد آن دسته از شاخص‌هایی بحث شد که نقش کلیدی را در تغییرات کیفیت مورفولوژیک رودخانه طالقان داشته‌اند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمامی بازه‌های این رودخانه تغییرات چشمگیری را در شاخص‌های مورفولوژیکی خود داشتند؛ اما این که علت این تغییرات چیست، اولاً از داخل نتایج این پژوهش به دست آمده و دوم این که بررسی این تغییرات موضوعی است که هدف این پژوهش نبوده و نیاز به بررسی‌های بیشتر و تخصصی تر دارد. هدف این پژوهش ارزیابی تأثیر عوامل طبیعی و انسانی بر ویژگی‌های کیفی ژئومورفولوژیک رودخانه طالقان بود که از بین مدل‌های موجود در این زمینه از مدل شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده $rMQI$ برای بررسی این ویژگی‌های کیفی استفاده شد. در راستای مطالعات تغییرات مورفولوژیک رودخانه باید هم عوامل

طبیعی (تکتونیک) را از طریق روش‌های ژنودینامیکی و داده‌های مربوط به آن و هم عوامل انسانی به صورت بررسی فرسایش و رسوب‌گذاری از طریق مطالعه سد قبل و بعد از احداث آن بررسی شوند. چنانچه که مقصودی و همکاران (۱۳۸۷) برای بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه تجنب از شاخص‌های مورفو-تکتونیک و روش ژنودینامیک و داده‌های حاصل از آن استفاده کردند. علاوه بر این، در پژوهش حاضر داده‌ها و اطلاعات قبل از احداث سد وجود نداشت تا بتوان حداقل از طریق آن تغییرات مورفولوژیکی رودخانه طالقان را مخصوصاً در حیطه عوامل انسانی بررسی نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعات انجام‌شده برای سال ۲۰۰۶ نشان داد که بازه‌های ۲، ۵ و ۶ دارای کیفیت بسیار ضعیف و بازه‌های ۱، ۳ و ۴ دارای کیفیت متوسط بوده‌اند. در حالی که در سال ۲۰۱۶ بازه‌های ۱، ۴، ۵ و ۶ کیفیت بسیار ضعیفی دارند و بازه ۳ رودخانه دارای کیفیت ضعیف از لحاظ کیفیت مورفولوژیک هست. دراقعیت توان این طور نتیجه‌گیری کرد که مثاندرشدگی رودخانه، دخالت‌های انسانی در قالب تغییرات مورفولوژیکی شکل رودخانه و تغییرات کاربری اراضی بیشترین نقش را در دارا بودن کیفیت مورفولوژیکی ضعیف و بسیار ضعیف این رودخانه داشته‌اند. در راستای آمایش و بهبود کیفیت مورفولوژیکی این رودخانه پیشنهاد می‌شود که با توجه به تغییر کاربری اراضی گستره در بازه‌های اول و دوم اقدام به محافظت از پوشش طبیعی منطقه شود. ضمناً به‌منظور جلوگیری از فرسایش کناری رودخانه اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای توصیه می‌شود. در بحث اقدامات سازه‌ای راه‌کارهایی از قبیل جلوگیری از اشغال حریم رودخانه و حفظ و گسترش پوشش طبیعی منطقه جهت جلوگیری از فرسایش کناری باید مدنظر قرار گیرد. در بازه سوم، برای بالادست حوضه، تو سعه پوشش طبیعی منطقه و جلوگیری از تخریب کاربری اراضی منطقه و برای پایین دست هوای کاهش مداخلات انسانی توصیه می‌شود. در بازه‌های ۴، ۵ و ۶ جابجایی شدید بستر رودخانه باعث افزایش میزان فرسایش کناری رودخانه درنتیجه آزادی عمل رودخانه در دشت و تغییرات کاربری اراضی بالادست شده است؛ بنابراین، باید در این بازه‌ها اقدامات سازه‌ای جهت کنترل جابجایی رودخانه در بستر فراخ ایجاد گردد. باید توجه داشت که علت اصلی تمامی این موارد تغییر کاربری اراضی منطقه است و تا احیای کاربری اراضی طبیعی منطقه اقدامات سازه‌ای پاسخ مناسبی به رفتار فرسایشی و تخریبی رودخانه خواهد داد. علاوه بر این، مثاندرشدگی رودخانه طالقان بر اساس شرایط طبیعی منطقه نبوده که علت آن مداخلات بیش از حد در حوضه آبریز این رودخانه است و بازه‌های مختلف رودخانه با توجه به میزان تأثیرپذیری از این مداخلات از یک طرف و از طرف دیگر با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی خود بازه‌ها پاسخ‌های متفاوتی از روندهای فرسایش، فرسایش کناری و مثاندرشدگی را از خودشان نشان داده‌اند؛ بنابراین جهت ثبت رفتار مورفولوژیکی رودخانه و جهت جلوگیری از روند تخریب رودخانه تهیه یک بانک اطلاعاتی از کلیه خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه برای هر بازه باید تهیه شود و با استفاده از یک سامانه پاییشی به روزه‌گونه تغییرات در خصوصیات حوضه و زیر حوضه‌ها (عمدتاً تغییر و تخریب کاربری اراضی) ثبت و اقدامات اصلاحی در جهت آن شاخص موردنظر انجام شود. در غیر این صورت، رفتار رودخانه از حالت طبیعی خارج شده و میزان بازیبینی شده رودخانه (rMQI) روشی نسبتاً آسان، دقیق، کم‌هزینه و فاقد صرف وقت و زمان زیاد بوده که در آن تمامی پارامترهایی را که در کیفیت مورفولوژیک رودخانه تأثیر می‌گذارند را بررسی می‌کند. در راستای مطالعات مربوط به ژئومورفولوژی رودخانه‌ای نیز پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

- ۱- استفاده از داده‌های بسیار دقیق تر تو صیه می‌شود؛ زیرا برخی از عوارض ژئومورفولوژی رودخانه‌ای مانند تراس‌های رودخانه‌ای به قدری کوچک هستند که حتی با تصاویر ماهواره‌ای با رزولاشن نسبتاً بالا قابل مشاهده و قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند یا تشخیص این عوارض بر روی این گونه تصاویر بسیار سخت و زمان بر بود.

۲- احداث سواحل حفاظت شده یا حتی عملیات اصلاحی سنگچین مانند در جهت بهبودی رودخانه توصیه نمی شود(شکل ۴).



شکل ۴: احداث سنگچین ها در بازه سوم رودخانه (منبع: نگارندهان، ۱۳۹۶)

سیاست گزاری

این پژوهش با همکاری سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و سازمان آب منطقه‌ای استان البرز و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز و سازمان هواشناسی کشور انجام شد. از سازمان جغرافیایی نیروهای وزارت دفاع و سازمان آب منطقه‌ای استان البرز و اداره منابع طبیعی استان البرز و سازمان هواشناسی کشور کمال تشكر و قدرانی را داریم.

منابع

اسماعیلی، ر.، رضایی مقدم، م.ح، و حسین زاده، م.م. ۱۳۸۵. طبقه‌بندی انواع رودها بر اساس روش استیل رود،

مطالعه موردی: البرز شمالی، حوزه آبریز لاویج رود، محیط جغرافیایی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۱-۱.

اسماعیلی، ر، و ولی خانی، س، ۱۳۹۳. ارزیابی و تحلیل شرایط هیدرومorfولوژیکی رودخانه لاویج با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۵۳-۳۷.

اکبری، ا.، ابراهیمی، م، نژاد سلیمانی، ح، و فیضی زاده، ب، ۱۳۹۴. ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری ارضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۶، شماره ۴، صص ۱۷۰-۱۵۱.

اسدی، ف، فضل اولی، رامین، و عمادی، ع، ۱۳۹۶. بررسی تغییرات بستر رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS4.0، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۸، شماره ۱۵، صص ۳۵-۲۵.

بوستانی، آ، و اسماعیلی، ک، ۱۳۹۴. مهندسی رودخانه از گذشته تا آینده (بررسی رویکردها و چشم‌انداز)، آب و توسعه پایدار، دوره ۱، شماره ۳، صص ۶۷-۷۲.

پرنون، ف، ۱۳۹۴. بررسی ژئومورفولوژیکی رودخانه قره‌سو با تأکید بر مدیریت رودخانه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه یزد، صص ۲۰۳-۱.

حسین زاده، 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، سرزمین، دوره ۲، شماره ۱، صص ۶۶-۵۳.

- رضایی مقدم، م. ح، جباری، ا، و پیروزی نژاد، ن، ۱۳۹۵. بررسی الگوهای رودخانه‌ای متأندری، شریانی و آنابرنچینگ با استفاده از شاخص‌های شریانی و خمیدگی در رودخانه گاماسیاب، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۷، شماره ۱۳، صص ۲۵-۳۵.
- طالبی، ل، و بایزیدی، ش، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از طبقه‌بندی Rosgen (مطالعه موردی رودخانه سبزکوه)، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، صص ۱-۱۰.
- علائی طالقانی، م، حاصلی، ف، و احمدی ملاوردی، م، ۱۳۹۲. ارزیابی نقش انسان در فرسایش کناره‌ای و گسترش جانبی متأندرهای رودخانه گاماسیاب در دشت بیستون، جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۳، شماره ۶، صص ۱۰۷-۱۲۰.
- مرشدی، ج، علوی پناه، س، ک، سردشتی، م، و دوستکام، ن، ۱۳۸۹. نقش ساختارهای زمین‌شناسی در تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه کارون (دشت خوزستان)، همایش ژئوماتیک ۸۹، صص ۱-۱۳.
- مقصودی، م، و کامرانی دلیر، ح، ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کanal رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه تجن)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، دوره ۴۰، شماره ۶، صص ۳۷-۵۵.
- نوحه‌گر، ا، و محمودی، ف، ۱۳۸۲. بررسی اثرات برداشت مصالح (شن و ماسه) بر شکل بستر و رژیم رودخانه میناب، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۵، شماره ۴۵، صص ۴۵-۵۸.
- یمانی، م، و تورانی، م، ۱۳۹۳. طبقه‌بندی ژئومورفولوژیکی الگوی آبراهه طالقان رود در محدوده شهرک طالقان از طریق روش رزگن، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۲، صص ۱۹۸-۱۸۳.
- Gălie, A., Popescu, V. and Moldovan, C., 2015. Assessment of the ecological status using different quality elements in the Prut River Basin. Work Package 6- Pilot Case Studies, pp. 1-35.
- Gurnell, A.M., Bussettini, M., Camenen, B., González, D.T., Grabowski, M. R.C. and Hendrik, D., 2014. A multi-scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. Deliverable 2.1, Part 1, of Reform (Restoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656, pp. 2- 237.
- James, L. A. and Marcus, W. A., 2006. The human role in changing fluvial systems: Retrospect, inventory and prospect. *Geomorphology*, 79(3- 4), pp. 152-171.
- Mossa, J., 2016. The changing geomorphology of the Atchafalaya River, Louisiana: A historical perspective. *Geomorphology*, 252(1), pp. 1 – 16.
- Noor, H., Vafakhah, M., Taheriyou, M. and Moghadasi, M., 2014. Hydrology Modelling in Taleghan Mountainous Watershed Using SWAT. *Water and Land Development*, 20(1), pp. 11-18.
- Nardi, L., Rinaldi, M., Belletti, B., Comiti, F., Golfieri, B. and Marchese, E., 2015. Application of the Morphological Quality Index (MQI) to European case studies. D7.5 Conference proceedings 'Novel approaches to assess and rehabilitate modified rivers', pp. 143 – 149.
- Polvi, L. E., Wohl, E. E. and Merritt, D. M., 2011. Geomorphic and process domain controls on riparian zones in the Colorado Front Range. *Geomorphology*, 125(4), pp. 504 – 516.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. and Bussettini, M., 2013. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 2013(180- 181), pp. 96 – 108.
- Rinaldi, M., Belletti, B., Bussettini, M., Comiti, F., Golfieri, B., Lastoria, B., Marchese, E., Nardi, L. and Surian, N., 2017. New tools for the hydromorphological assessment and monitoring of European streams. *Environmental Management*, 202(2), pp. 363-378.
- Scorpio, V., Loy, A., Di Febbraro, M., Rizzo, A. and Aucelli, P., 2014. Hydromorphology Meets Mamal Ecology River Morphological Quality, Recent Channel Adjustments and Otter Resilience. *River Research and Applications*, 32(3), pp. 1 – 13.

- Serban, P. and Rădulescu, D., 2004. Abiotic criteria for the heavily modified water bodies designation. In Proceedings of the 3rd European Conference on River Restoration, pp. 355-365.
- Yin, J., He, F., Xiong, Y. J. and Qiu, G. Y., 2016. Effect of land use/land cover and climate changes on surface runoff in a semi-humid and semi-arid transition zone in Northwest China. *Hydrology and Earth System Science*, 21(1), pp. 183- 196.
- Zaharia, G. I. and Lili, G. M.T., 2015. Using Pressure and Alteration Indicators to Assess River Morphological Quality: Case Study of the Prahova River (Romania). *Water*, 7(6), pp. 2971-2989.
-