تحلیل و ارزیابی مورفولوژی رودخانه مبتنی بر ویژگی‌های مورفولوژیک، سازه‌های انسان ساخت و تنظیمات آبراهه (مطالعه موردی: رودخانه تالار- از بالادست تا شیرگاه)

زهره طالبی[۱]، سیدعلی ایوب‌زاده[۱]، حسین مصطفوی[۲*]، محمدمهدی حسین‌زاده[۳] و حسین شفیع‌زاده[۱]

[۱] گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۲] گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

[۳] گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

سابقه و هدف: تغییر بخشی جدایی ناپذیر از تمام سیستم‌های رودخانه‌ای است. اکثر رودخانه‌ها در حال حاضر در شرایطی کاملاً متفاوت با رودخانه‌هایی که قبلا وجود داشتند، کار می‌کنند. مداخلات انسانی به طور غیرمستقیم فرآیندهای ژئومورفیکی مانند انتقال رسوب، فرسایش و رسوبگذاری در امتداد رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد و توزیع مکانی و سرعت این فرآیندها، تغییرات عمیقی را در مورفولوژی رودخانه ایجاد می‌کند. لذا ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی به‌ویژه برای رودخانه‌های ایران که با سطح بسیار بالایی از فشار انسانی مشخص می‌شوند، حائز اهمیت است. به همین جهت، در این پژوهش ارزیابی مورفولوژیکی از بالادست تا میانه رودخانه تالار (شمال ایران - مازندران) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی (MQI) و با هدف تعیین تغییرات کیفیت مورفولوژیک آن موردنظر بوده است.

مواد و روش‌ها: رودخانه تالار براساس رویکرد سلسله‌مراتبی و با توجه به وضعیت فیزیوگرافی به دو واحد چشم‌انداز، سه بخش و ۲۳ بازه تقسیم‌بندی گردید. ارزیابی رودخانه‌ی تالار پس از ترسیم و تحلیل واحدهای مکانی با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک MQI انجام شده است.

نتایج و بحث: نتایج بدست آمده از ۲۸ پارامتر MQI در ۲۳ بازه، نشان می‌دهد؛ حدود ۱۵٪ بازه‌ها دارای وضعیت "خوب"، تقریبا ۳۵٪ بازه‌ها دارای وضعیت "متوسط" و بیش از ۵۰٪ دارای وضعیت "ضعیف" و "خیلی ضعیف" هستند که به معنای آسیب قابل ملاحظه به کریدور رودخانه در بازه مورد بررسی و ضرورت توجه به راهکارهای اصلاحی و احیاء رودخانه و سواحل آن است. در طول رودخانه تالار، بازه‌هایی که در محدوده شهری قرار دارند بعلت حجم زیاد کشاورزی، توسعه شهری و عبور جاده دارای کلاس کیفیت مورفولوژیک ضعیف و خیلی ضعیف هستند و بازه‌هایی که در محدوده جنگلی، بکر و دست‌نخورده قرار دارند دارای کیفیت مورفولوژیک خوب ارزیابی گردیده‌اند. همچنین نتایج ارزیابی حاکی از آن است که میانگین کلاس کیفی بازه‌های مورد بررسی در شرایط «متوسط» قرار دارند.

* Corresponding Author: *Email Address*. hmostafaviw@gmail.com

نسخه پیش انتشار

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه توسعه شهری و کشاورزی و برداشت رسوب در حدبستر و حریم رودخانه صورت میگیرد و پوشش گیاهی و کریدور رودخانه در اکثر بازه‌ها از بین رفته است اقداماتی از جمله رعایت حد بستر و حریم رودخانه و همچنین کاشت گیاهانی در حاشیه رودخانه و برداشت رسوب براساس آورد سالانه به بازگردانی رودخانه در بسیاری از بازه‌ها کمک خواهد نمود. بعلاوه نتایج این ارزیابی نشان داده است که روش شاخص کیفیت مورفولوژیک MQI می‌تواند بعنوان ابزاری مناسب و موثر در تشخیص چالش‌های هیدرومورفولوژیکی باشد. همچنین شاخص کیفیت مورفولوژیک شرایط ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی را فراهم میکند ولی به تنهایی برای طبقه‌بندی وضعیت کلی هیدرومورفولوژیکی کافی نیست و باید از طریق استفاده از یک روش خاص برای ارزیابی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی یکپارچه شود.

کلید واژه‌ها: ارزیابی، مورفولوژی، هیدرومورفولوژی، رودخانه تالار، احیاء رودخانه

مقدمه

مداخلات و فعالیت‌های انسانی از دلایل اصلی تخریب رودخانه‌ها است. تغییر فرآیندهای هیدرومورفولوژیکی در رودخانه‌ها توسط انسان، عامل اصلی کاهش سلامت رودخانه و تضعیف اهداف زیست محیطی پیش بینی شده توسط سیاست-های حفاظت از رودخانه است (*Bussettini et al, 2017*). شناسایی این تغییرات مضر در هیدرومورفولوژی رودخانه برای بازسازی و مدیریت پایدار آبراهه‌ها اهمیت زیادی دارد (*Newson & Large, 2006*). همچنین برای بررسی رفتار و درک عملکرد رودخانه‌ها، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی یکی از مهمترین محورهای کاری در مطالعات مهندسی رودخانه محسوب می‌شود (*Sabzivand et al, 2006; Esmaeili et al, 2009*). طبقه‌بندی رودخانه‌ها می‌تواند واکنش آبراهه‌ها را در بازه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دهد تا خطرات ناشی از فرآیندهای رودخانه‌ای را به حداقل برساند. در واقع طبقه‌بندی سبب درک صحیح و سریع شرایط ژئومورفولوژیکی و ارزیابی مدیریت آبراهه می‌شود. به طور کلی روش‌های طبقه‌بندی متعددی در سطح جهان براساس فرآیندهای رودخانه‌ای، قدرت رود، اهداف مدیریتی و ویژگی‌های سلسله‌مراتبی توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرد (*Buffington & Montgomery, 2013*). در مطالعات پیشین رودخانه‌ها براساس ساختار شبکه آبراهه، تولید و انتقال رسوب، مورفولوژی آبراهه، مرحله تکامل، الگوی شکل پلان رودخانه، روابط کمی شیب – بده و بر مبنای مورفولوژی آنها (شامل پارامترهای کمی و کیفی) تقسیم‌بندی شده‌اند (*Horton, 1945; Strahler, 1957; Montgomery & Buffington, 1997; Leopold & Wolman, 1957; Lane, 1957; Rosgen, 1994*). طبق دستورالعمل چارچوب آب اتحادیه اروپا (*Commission of the European Communities, 2000*) برای دستیابی رودخانه‌ها به وضعیت اکولوژیکی مناسب، نیاز به یک

نسخه پیش انتشار

روش ارزیابی وجود دارد که نه تنها طبقه‌بندی رودخانه بر اساس کیفیت هیدرومورفولوژیکی آن را امکان‌پذیر سازد، بلکه تشخیص دقیق آن دسته از ویژگی‌های هیدرومورفولوژیکی اکوسیستم رودخانه که باید در یک مکان معین بهبود یابد را نیز فراهم سازد (*Wyżga et al, 2012*). از این رو شاخص کیفیت مورفولوژیکی بعنوان یک ارزیابی جامع و فرآیند محور توسط *Rinaldi et al (2013)* پیشنهاد شده است. *Müller et al (2022)* به بررسی وضعیت هیدرومورفولوژی سامانه رودخانه نانشی در شرق چین با استفاده از MQI (Morphological Quality Index) پرداختند. ارزیابی رودخانه نانشی با طول ۱۶۱ کیلومتر نشان داد که وضعیت هیدرومورفولوژیکی این رودخانه به صورت «متوسط» تا «بد» است. *Ioana-Toroimac et al (2015)* با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به ارزیابی کیفیت مورفولوژی پایین دست رودخانه پروخوا در کشور رومانی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که رودخانه پروخوا در پایین‌دست دارای کیفیت مورفولوژی خوب است. *Campana et al (2014)* به ارزیابی هیدرومورفولوژی رودخانه‌اهر در جنوب تیرول در ایتالیا پرداختند. نتایج کار نشان داد که به منظور دستیابی به تغییرات مربوطه از نظر کیفیت مورفولوژیکی، حذف عناصر انسان‌ساخت، تعریض آبراهه و افزایش تراز بستر رودخانه برای افزایش فرآیندهای انتقال رسوب در یک حد مشخص انجام شود و اقدامات بازگردانی و احیاء نباید بدون تجزیه و تحلیل دقیق از چگونگی پیشرفت تخریب آبراهه در طول سالها انجام شود. *Fendereski et al (2022)* به ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه تجن با استفاده از روش MQI و HMQI پرداختند. نتایج ارزیابی نشان داد رودخانه تجن از نظر شاخص کیفیت مورفولوژیک در بازه‌های مورد مطالعه عمدتا در طبقه کیفی متوسط قرار گرفته، در حالی‌که از نظر شرایط هیدرومورفولوژیک در طبقه ضعیف گزارش شده و دلیل اصلی آن وجود سد در حوضه بالادست در محدوده‌ی ۳۰ کیلومتری، تغییرات بده، دخالت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی است. *Yaghoub Nejad Asl (2020)* به ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ پرداختند و برای این منظور از ۳۲ شاخص تحت عنوان شاخص‌های فشار (PI, Pressure Index) و تغییر/روند تنظیم آبراهه (AI, Alteration Index) در ۶ بازه از رودخانه طالقان در قالب روش rMQI استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که رودخانه طالقان در تمامی بازه‌ها وضعیت خوبی ندارد. *Rigon et al (2013)* با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه کوردوول پرداختند. نتایج نشان داد که ۴۸٪ درصد از بازه های تحلیل شده دارای وضعیت بسیار خوب یا خوب هستند و ۳۸٪ کیفیت مورفولوژی متوسط دارند و تنها ۱۴٪ آنها از ویژگی‌های کیفی ضعیف یا خیلی ضعیف برخوردار بودند. *Khaleghi et al (2021)* در پژوهشی به طبقه‌بندی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی در رودخانه حاجی عرب واقع در غرب شهرستان بویین‌زهرا

نسخه پیش انتشار

پرداختند. نتایج حاصله بیانگر این است که رودخانه حاجی عرب در طبقه خوب قرار می‌گیرد و شرایط مناسبی دارد. شاخص انسان‌ساخت در این رودخانه صفر است که نتیجه عدم دخالت انسان در رودخانه است. *Ilanloo & Karam (2019)* به ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی بخشی از رودخانه جاجرود با استفاده از روش MQI پرداختند. این مطالعه بر پایه برداشت‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۸ لندست ۸ و سال ۱۹۷۶ لندست ۴ از منطقه انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که تمامی بازه‌های منطقه از لحاظ روش MQI در شرایط ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفته‌اند که این مسائل ناشی از قطع درختان به منظور ایجاد ساخت و سازهای انسانی، برداشت شن و ماسه، ایجاد تفرجگاه‌های متعدد در حواشی رودخانه و تغییر الگوی رودخانه می‌باشد. *Nosrati et al (2018)* به ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه طالقان واقع در استان البرز با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک (MQI) پرداختند. به این منظور ۶ بازه در بالادست رودخانه‌ی طالقان مشخص شد و با استفاده از تصاویر ماهوارهای و بازدیدهای میدانی میزان MQI برای هر بازه مشخص گردید. برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک بازه‌های رودخانه سه جنبه‌ی پیوستگی فرآیندهای رودخانه‌ای (طولی و عرضی)، شرایط مورفولوژیکی آبراهه، شکل مقطع عرضی، رسوبات بستر و پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفت، که این جنبه‌ها در قالب سه مؤلفه عملکردهای ژئومورفولوژیک، فرآیندها و اشکال رودخانه‌ای (F)، انسان‌ساخت (A) و تنظیمات آبراهه (CA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده بیانگر آن بود که مدل MQI جهت طبقه‌بندی رودخانه در دامنه‌ی جنوبی البرز مناسب است. *Esmaeili & Valikhani (2014)* با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیک به ارزیابی و تحلیل کیفیت مورفولوژیک رودخانه لاویج پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که MQI روش خوبی برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک رودخانه می‌باشد. *Ahmadi et al (2022)* به ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی رودخانه کرج در بازه شهری کرج (از پل بیلقان تا پل راه آهن) پرداختند. شاخص IHG تعداد ۹ پارامتر را در سه گروه (کیفیت عملکرد رودخانه، مورفولوژی آبراهه، پوشش‌گیاهی کناررود) ارزیابی می‌کند. مقدار هر پارامتر بین ۱ تا ۱۰، متناسب با وضعیت طبیعی و عملکرد حوضه رودخانه قرار دارد. نتایج بدست آمده نشان داد که شاخص IHG نشانگر و حسگر مناسبی برای ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها است.

رودخانه تالار به شدت توسط فعالیت‌های انسانی مانند تغییرات کاربری اراضی (شهری، کشاورزی)، برداشت شن و ماسه، پرورش ماهی و تعداد سازه‌های عبوری که منجر به ناپیوستگی‌های طولی و عرضی رودخانه می‌شود؛ تخریب شده است. تاکنون، مطالعات مورفولوژیک جامعی در سطح حوضه گزارش نشده است. این پژوهش با هدف ارزیابی و بررسی وضعیت

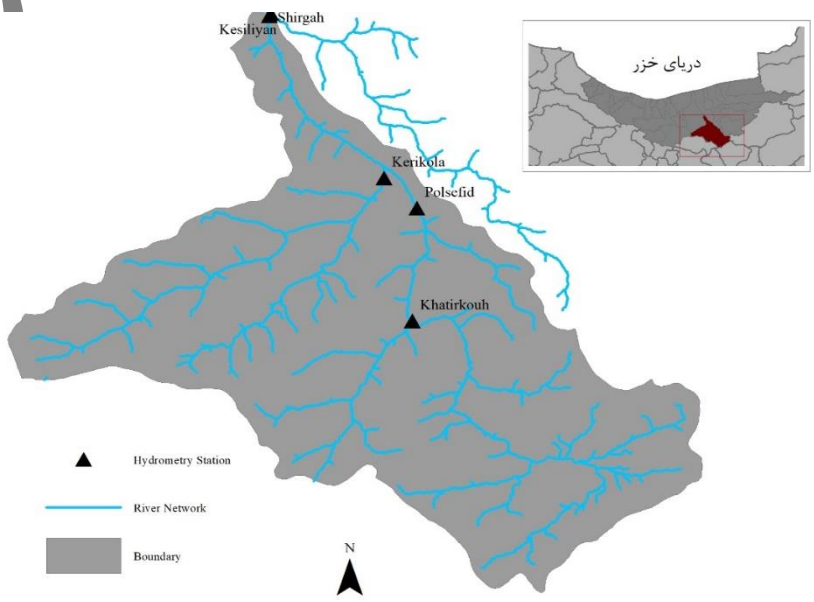
نسخه پیش انتشار

مورفولوژیک رودخانه بر اساس شاخص کیفیت مورفولوژیکی (MQI) و در راستای تامین اطلاعات موردنیاز به منظور اولویت-بندی اقدامات بازگردانی و مدیریت رودخانه انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه تالار با مساحت ۲۶۸۱ کیلومتر مربع در استان مازندران واقع شده است. طول رودخانه اصلی حدود ۱۷۰ کیلومتر در ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). در این پژوهش ۴۵/۷ کیلومتر از طول رودخانه تالار (از بالادست رودخانه تا محل شیرگاه) مورد بررسی قرار گرفته است. ارتفاع منطقه مورد مطالعه برحسب متر از سطح دریا از ۲۱۵ شروع و تا ۳۸۴۰ ادامه دارد. محدوده مورد مطالعه را می‌توان از نظر توپوگرافی به دو واحد مشخص مناطق مرتفع کوهستانی و تپه ماهور (دشت‌های مرتفع دامنه) تقسیم نمود.

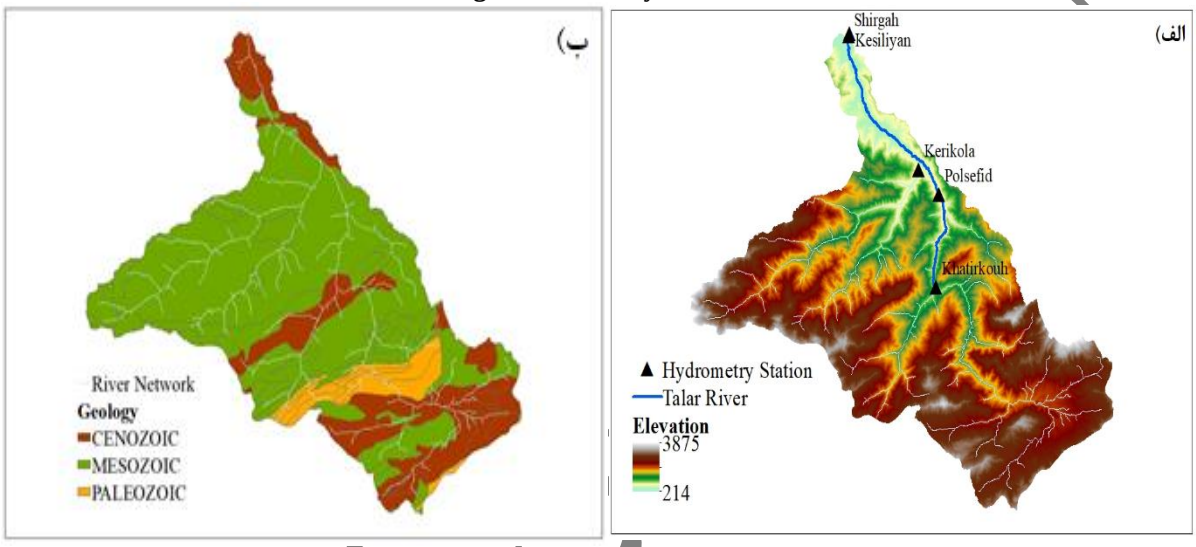
مطابق با نمودار آلتی‌متری ارتفاع متوسط حوضه ۲۰۲۷ متر از سطح دریا است. نیمرخ طولی رودخانه تالار از دو قسمت مجزا تشکیل شده است: قسمت سرآب: که شیب آن تند و در حدود ۴٪ و قسمت پایاب: که شیب آن کمتر از شیب قسمت سرآب و در حدود ۱٪ است. اغلب شاخه‌های فرعی به رودخانه می‌پیوندد و سبب افزایش بده رودخانه در قسمت‌های مختلف آن به دفعات می‌گردد. حوضه رودخانه در منطقه معتدل مرطوب و کوهستانی واقع شده است. میانگین دمای سالانه در حوضه آبریز ۸/۹ درجه سانتیگراد (با حداقل ۱/۴ و حداکثر ۱۶/۴ درجه سانتیگراد) و میزان بارش سالانه مربوطه به طور متوسط ۴۰۶/۵ میلی‌متر و میانگین بده جریان و بار رسوب در طول دوره ۹۰-۴۴ در ایستگاه هیدرومتری تالار به ترتیب ۷/۵ مترمکعب در ثانیه (معادل حدود ۲۳۷ میلیون مترمکعب در سال) و ۲۷۲۰/۹ تن در روز (معادل سالانه حدود ۱ میلیون تن) است. بنابراین غلظت میانگین سالانه بار رسوبی معادل حدود ۴۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. بستر منطقه مطالعاتی رسوبی و عمدتا از ماسه سنگ و سنگ آهک تشکیل شده است.



نسخه پیش انتشار

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Fig. 1- Case Study



شکل ۲- الف) طبقات ارتفاعی. ب) ویژگی‌های زمین شناسی.

Fig. 2- a) Elevation. b) Geological features.

مواد و روش‌ها

بر اساس روش‌های مورفولوژیکی توسعه یافته در پروژه ریفرم، ارزیابی مورفولوژیکی رودخانه تالار در دو مرحله صورت گرفت:

۱) تعریف و مشخص کردن واحدهای مکانی براساس سیستم طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی با استفاده از داده‌های بدست آمده از محیط گوگل ارث، مدل رقومی ارتفاع و بازدید میدانی.

۲) ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از اعمال شاخص MQI (*Rinaldi et al, 2013, 2017, 2016*).

تعریف واحدهای مکانی یک مرحله ضروری قبل از ارزیابی است. در این حالت رودخانه به بازه‌هایی تقسیم شده و سپس شاخص MQI بر روی آن بازه‌ها اعمال می‌شود. همچنین اینکار سبب می‌گردد تا دانش اولیه‌ای از شرایط فیزیکی لازم

برای کاربرد بسیاری از پارامترهای MQI فراهم گردد (*Rinaldi et al, 2019*). در این تحقیق، ترسیم و توصیف واحدهای مکانی حوضه آبریز تالار براساس مراحل زیر صورت گرفته است:

در ابتدا منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های موجود، الگوهای کلی آب و هوایی و پوشش طبیعی زمین شناسایی گردید. در این منطقه به دلیل تعدد حوضه، حوضه آبریز تالار به دلیل گستردگی آن انتخاب و بر اساس نقشه‌های توپوگرافی موجود تعیین حدود شد. حوضه تالار بر اساس الگوهای عمومی در ارتفاع، توپوگرافی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی به واحدهای کوچکتر با عنوان چشم انداز تفکیک و واحد چشم انداز نیز بر اساس ناپیوستگی در شیب، محدودیت دره و وجود سرشاخه‌های اصلی به چندین قطعه تقسیم شد. واحد اصلی مورد استفاده در مطالعات رودخانه‌ای واحد بازه است بنابراین تمامی قطعه‌های تفکیک شده بر اساس ویژگی‌هایی مانند محدودیت دره (نامحدود، نیمه محدود، محدود)، پلنفرم آبراهه، ضریب خمیدگی رودخانه و وجود سازه‌های اصلی مانند سرریز به واحدهای کوچکتر با عنوان بازه تفکیک گردید. برای انجام موارد فوق از نقشه‌های توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاع و تصاویر گوگل ارث استفاده شد.

روش ارزیابی کیفیت رودخانه تالار در این مطالعه، روش شاخص کیفیت مورفولوژیک (MQI) است. در این روش بر اساس سه مشخصه ذیل وضعیت کیفیت مورفولوزیک رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفت:

۱) عملکرد ژئومورفولوژیکی فرآیندها و اشکال رودخانه‌ای (F)[†]،

۲) سازه‌های انسان ساخت (A)[‡] و

۳) تنظیمات آبراهه (CA)[§]،

گروه اول شاخص‌ها شامل **شاخص‌های عملکردی ژئومورفولوژیکی** است. این مجموعه شاخص‌ها (F1- F13) برای بررسی اینکه آیا اشکال و فرآیندهای آبراهه منطبق با نوع مورفولوژی مورد انتظار هستند یا خیر، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. شاخص‌های گروه دوم (A1- A12)، **شاخص‌های انسان ساخت** هستند و عوامل انسان ساخت را در حوضه و در امتداد بازه‌ها ارزیابی می‌کنند. شاخص‌های گروه سوم (CA1-CA3) تغییرات مورفولوژیکی نسبتا اخیر را ارزیابی می‌کند که نشان‌دهنده‌ی بی‌ثباتی مربوط به **عوامل انسانی** است (*Rinaldi et al, 2019*). بر اساس روش MQI، برای هر یک از شاخص‌ها، وضعیت غالبا در سه کلاس (تعدادی دو کلاس) تعریف شده که A- وضعیت بکر و دست نخورده و یا وجود تغییرات ناچیز؛ B- تغییرات

[†] Functionality
[‡] Artificiality
[§] Channel adjustments

نسخه پیش انتشار

متوسط؛ C- وضعیت بسیار تغییر یافته است. بعد از امتیازدهی به شاخص‌ها، کیفیت مورفولوژیکی به صورت رابطه ۱ تعریف می‌گردد:

$$MQI = 1 - \frac{S_{tot}}{S_{\max}}$$ رابطه ۱)

که در آن: S_{tot} جمع امتیازات، S_{max} حداکثر امتیازات زمانی‌که تمام پارامترها در کلاس C قرار می‌گیرند. روش ارزیابی پارامترهای MQI بر اساس جدول ۱ و طبقه‌بندی کیفی مورفولوژیکی نیز بر پایه جدول ۲ انجام می‌شود.

جدول ۱- پارامترهای MQI و روش‌های ارزیابی (*Rinaldi et al, 2017, 2016*)

Table 1. MQI parameters and evaluation methods *(Rinaldi et al, 2017, 2016)*

شاخص‌های عملکرد ژئومورفولوژیکی	مولفه‌های ارزیابی
F1- پیوستگی طولی در رسوبات و شار چوبی	وجود سازه‌های عرضی تغییردهنده‌ی پیوستگی جریان رسوب و چوب
F2- وجود سیلابدشت جدید	طول و عرض سیلابدشت جدید
F3- پیوستگی کریدور رودخانه	وجود و طول المان‌های قطع کننده در هر طرف از رودخانه
F4- فرآیندهای عقب‌نشینی سواحل	وجود یا عدم وجود سواحل عقب‌نشینی شده
F5- وجود یک کریدور فرسایش‌پذیر	امتداد عرضی و طولی یک کریدور فرسایش‌پذیر
F6- شکل بستر- شیب دره	شناسایی شکل بستر و مقایسه با شکل بستر پیش‌بینی شده براساس شیب دره
F7- الگوی پلانفرم	درصد طول بازه رودخانه با تغییرات الگوی پلانفرم
F8- وجود پلان‌فرم‌های آبرفتی در سیلابدشت	وجود / عدم وجود پلانفرم در سیلابدشت
F9- تغییرات مقطع عرضی	درصد طول بازه رودخانه با تغییرات طبیعی ناهمگنی مقطع عرضی مورد انتظار
F10- ساختار بستر آبراهه	وجود/عدم وجود تغییرات رسوبات بستر
F11- حضور چوب بزرگ درون آبراهه	وجود/عدم وجود چوب بزرگ
F12- عرض پوشش‌گیاهی عملکردی	عرض متوسط پوشش گیاهی عملکردی در کریدور آبرفتی
F13- گسترش خطی پوشش گیاهی عملکردی	امتداد طولی پوشش‌گیاهی عملکردی در امتداد سواحل

سازه‌های انسان ساخت	مولفه‌های ارزیابی
A1- تغییرات جریان‌های بالادست	میزان تغییرات در بده، ناشی از مداخلات بالادست
A2- تغییرات بالادست بده رسوب	وجود، نوع و موقعیت سازه‌های مناسب معقول برای جدا کردن بار بستر

A3- تغییرات جریان در بازه	مقدار تغییرات بده ناشی از مداخلات در بازه
A4- تغییرات بده رسوب در بازه	نوع و تراکم مکانی سازه‌ها جداکننده‌ی بار بستر در امتداد بازه
A5- سازه‌های عرضی	تراکم مکانی سازه‌های عرضی
A6- حفاظت سواحل	طول سواحل محافظت شده
A7- خاکریز** انسان‌ساخت	طول و فاصله از خاکریزهای انسان‌ساخت آبراهه
A8- تغییرات انسان‌ساخت مسیر رودخانه	درصد طول بازه با تغییرات انسان‌ساخت مسیر رودخانه
A9- دیگر سازه‌های تثبیت‌کننده بستر	وجود، تراکم مکانی و نوع سازه‌های تثبیت‌کننده بستر
A10- برداشت رسوبات	وجود و شدت نسبی فعالیت‌های برداشت رسوبات گذشته
A11- برداشت چوب	وجود و شدت نسبی حذف چوب درون آبراهه
A12- مدیریت پوشش گیاهی	وجود و تراکم نسبی کاهش پوشش‌گیاهی

تنظیمات آبراهه	**مولفه‌های ارزیابی**
CA1- تنظیمات در الگوی آبراهه	تغییرات در الگوی آبراهه بر اساس تغییر در شاخص‌های سینوزیته، در هم پیچیدگی و شاخه‌های فرعی
CA2- تنظیمات در عرض آبراهه	تغییرات در عرض آبراهه
CA3- تنظیمات سطح بستر	تغییرات سطح بستر

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص کیفیت مورفولوژیک (MQI)

Table 2. Classification of Morphological Quality Index (MQI)

MQI	کلاس کیفی
۰ ≤ MQI <۰/۳	خیلی ضعیف یا بد
۰/۳ ≤ MQI < ۰/۵	ضعیف
۰/۵ ≤ MQI < ۰/۷	متوسط
۰/۷ ≤ MQI < ۰/۸۵	خوب
۰/۸۵ ≤ MQI ≤ ۱	خیلی خوب یا عالی

نتایج

** levee

ترسیم و مشخصات واحدهای مکانی

طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی اولین گام برای ارزیابی شاخص کیفیت مورفولوژیک در این پژوهش است. خلاصه‌ای از ویژگی‌های واحدهای مکانی در جدول ۴ گزارش شده است. دو واحد چشم انداز بر اساس لایه‌های زمین‌شناسی (شکل ۲ب) و ویژگی‌های فیزیوگرافی (ارتفاع و شیب، شکل ۲الف) تفکیک شد، (شکل ۳). بر اساس تقاطع سرشاخه‌های اصلی با واحدهای چشم انداز و محدودیت دره، رودخانه تالار به سه بخش و ۲۳ بازه تقسیم شد (شکل ۳). ۱۵ بازه در بخش یک قرار دارد که تمام بازه‌ها نیمه محدود هستند و بر اساس تغییرات مربوطه در شیب بستر و وجود سرشاخه‌های اصلی مشخص شدند. پنج بازه در بخش دو قرار گرفت و بر اساس مورفولوژی آبراهه، و وجود ناپیوستگی‌ها (شاخه‌های اصلی و سرریز) مشخص گردید و سه بازه در بخش سه قرار گرفت که براساس ناپیوستگی‌ها مشخص شدند. با توجه به شکل ۴ تمامی بازه‌ها نیمه محدود و از نظر الگوی آبراهه از نوع مستقیم، سینوسی و پیچانرودی (شاخص ضریب خمیدگی در محدوده ۱ تا ۱/۵۴) است و طول بازه‌ها بین ۶۷۲ تا ۴۵۴۰ متر متغیر است و متوسط طول بازه ۱۹۸۹ متر بدست آمد (جدول ۳).

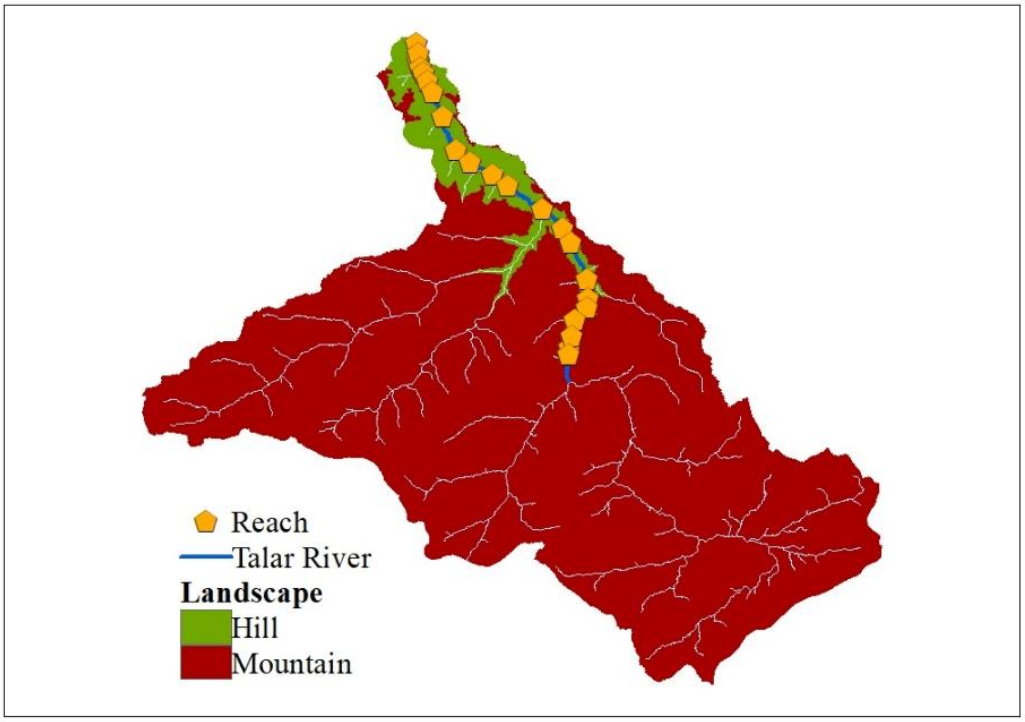
جدول ۳- ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه تالار

Table 3- Morphological characteristics of Talar River

شماره بازه Reach No.	طول بازه (m) Reach length (m)	ضریب خمیدگی Sinousity	شاخص محدودیت Confinement Index	عرض آبراهه (m) Channel Width (m)	شیب Slope	پلانفرم رودخانه River Planform
۱	۳۰۹۰	۱/۲۲	۴.۷	۱۱.۳	۰.۲۸	سینوسی
۲	۷۳۸	۱/۱۳	۱۰.۷	۹.۷	۱.۰۸	سینوسی
۳	۱۵۷۰	۱/۳۷	۱۹.۵	۱۰.۶	۰.۴۹	مئاندری
۴	۲۰۷۰	۱/۲۷	۱۰.۴	۹.۷	۰.۳۶	سینوسی
۵	۱۹۱۰	۱/۰۹	۱۳.۰۵	۱۱.۲۵	۰.۳۷	سینوسی
۶	۹۷۰	۱/۲۳	۱۲.۸	۱۱.۵۵	۰.۶۹	سینوسی
۷	۲۰۷۰	۱/۰۷	۱۰.۱	۱۱.۴	۰.۳۱	سینوسی
۸	۴۱۰۰	۱/۰۷	۹.۸	۱۵.۹	۰.۱۵	سینوسی
۹	۱۷۳۰	۱/۰۵	۹.۹	۱۱.۸	۰.۳۲	مستقیم
۱۰	۳۰۲۰	۱/۱	۱۶.۳	۱۰.۸	۰.۱۸	سینوسی
۱۱	۴۵۳۰	۱/۱۲	۱۲.۶	۱۶.۶	۰.۱۱	سینوسی
۱۲	۱۷۸۰	۱/۰۱	۱۲.۴	۲۳	۰.۲۴	مستقیم
۱۳	۲۶۹۰	۱/۰۵	۱۲.۹	۲۸	۰.۱۵	مستقیم
۱۴	۱۹۵۰	۱/۰۷	۱۰.۳	۲۴.۹	۰.۲	سینوسی
۱۵	۳۹۸۰	۱/۱۶	۱۴.۰۲	۱۹.۸	۰.۰۹	سینوسی
۱۶	۲۷۳۰	۱/۱۲	۸.۶	۱۱.۴	۰.۱۲	سینوسی
۱۷	۱۵۴۰	۱/۳	۷.۴	۱۶.۵	۰.۲۱	مئاندری
۱۸	۸۸۸	۱.۲۳	۸.۱	۱۳.۳	۰.۳۴	سینوسی

نسخه پیش انتشار

۱۹	۷۱۱	۱.۱۴	۸.۳	۱۰.۸	۰.۴۲	سینوسی
۲۰	۶۷۴	۱.۱	۸.۴	۱۳.۲	۰.۳۹	سینوسی
۲۱	۱۱۲۰	۱.۷	۱۵.۸	۲۵.۶	۰.۲۲	مئاندری
۲۲	۱۰۶۰	۱.۰۶	۱۴.۴	۲۹.۹	۰.۲۲	سینوسی
۲۳	۹۶۶	۱.۶۷	۱۲.۳	۲۲.۲	۰.۲۴	مئاندری



شکل ۳- تقسیم‌بندی واحد چشم انداز در حوضه تالار

Fig. 4- Division of landscape unit in Talar Catchment

جدول ۴- طبقه‌بندی چشم انداز، بخش و بازه‌های رودخانه تالار (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۳)

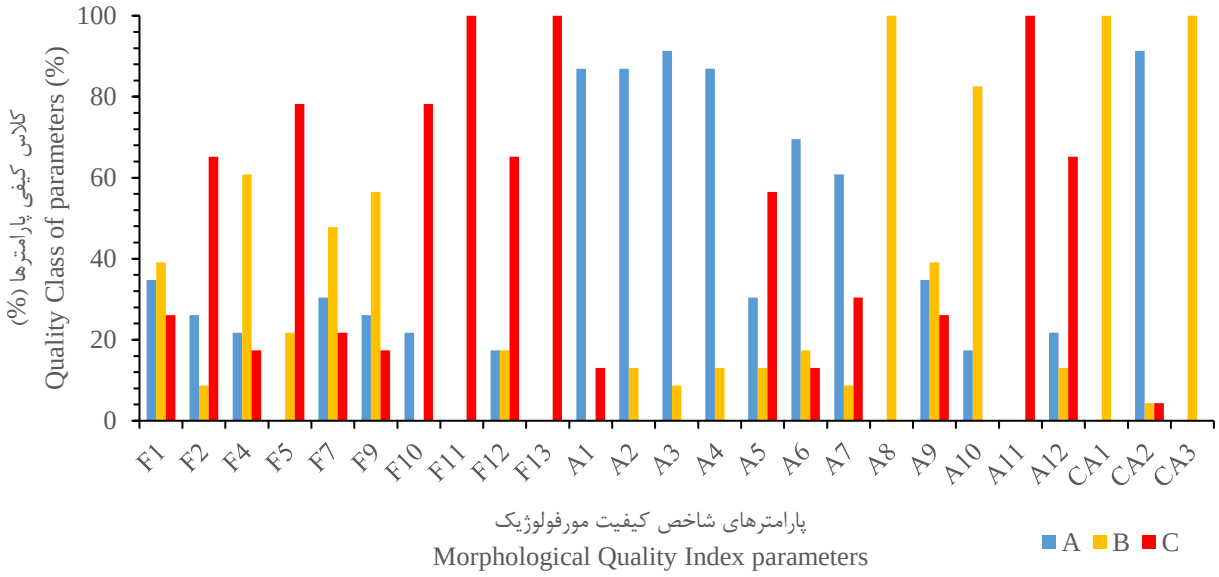
Table 4- Classification of Landscape, Segment and Reaches of Talar River (Rinaldi et al, 2013)

واحد چشم‌انداز Landscape Units	ویژگی‌های اصلی Main Characteristics
۱) کوهستانی	مناطق کوهستانی با ارتفاعی بالاتر از ۸۰۰ متر از سطح زمین)، شیب‌دار
۲) تپه ماهور	بخش‌هایی با ارتفاع غالب ۲۰۰ تا ۸۰۰ متر، مناطق تپه‌ای که با سنگ‌های نسبتاً نرم و فرسایش‌پذیر و شیب‌های ملایم مشخص می‌شوند.

بخش‌های مرتبط با واحد چشم‌انداز Segments related to the Landscape unit	ویژگی‌های اصلی Main Characteristics	بازه‌ها Reaches
۱) کوهستانی	شیب تند، بازه‌ها نیمه محدود با درصد زیاد، تغییرات ارتفاعی بین ۸۵۶ الی ۳۲۹	۱۵ بازه (نیمه محدود)
۲) تپه ماهور	شیب ملایم، بازه‌ها نیمه محدود با درصد زیاد، تغییرات ارتفاعی بین ۳۳۹ الی ۲۶۱	۵ بازه (نیمه محدود)

ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه

در اولین مرحله ارزیابی تمرکز بر درصد وقوع کلاس‌ها برای هر پارامتر شاخص کیفیت مورفولوژیک است. نتایج شاخص کیفیت مورفولوژیک از نظر درصد وقوع طبقات در شکل ۴ نشان می‌دهد که کلاس خوب (A) با ۴۸٪ برای بیشتر پارامترهای انسان‌ساخت غالب است (کلاس متوسط (B) با ۲۶٪ و کلاس ضعیف (C) با ۲۵٪) و کلاس غالب برای پارامتر تنظیمات آبراهه، متوسط (B) با ۶۸٪ (کلاس خوب (A) با ۳۱/۵٪ و کلاس ضعیف (C) با ۱/۵٪) است و برای پارامترهای عملکردی، کلاس ضعیف (C) با ۵۷٪ (کلاس خوب (A) با ۱۸٪ و کلاس متوسط (B) با ۲۵٪) غالب می‌باشد. با توجه به جدول ۵ پارامترهای حضور قطعات چوبی بزرگ درون آبراهه (F11)، گسترش خطی پوشش گیاهی عملکردی (F13)، برداشت چوب (A11) در تمامی بازه‌ها کاملا در شرایط تغییریافته قرار دارند. کمترین تغییرات مربوط به پارامترهای تغییرات جریان‌های بالادست (A1)، تغییرات بالادست بده رسوب (A2)، تغییرات جریان در بازه (A3) و تغییرات بده رسوب در بازه (A4) می‌باشد که علت آن عدم وجود سدهای مخزنی و انحرافی در سطح حوضه می‌باشد.



شکل ۴- تناوب کلاس‌های پارامترهای شاخص کیفیت مورفولوژیک (A= بدون تغییر، B= تغییرات کم، C= تغییرات شدید)

Fig. 4- Frequency of classes of Morphological Quality Index parameters (A = No change, B = Moderate changes, C = High changes)

باتوجه به جدول ۵، مقادیر شاخص کیفیت مورفولوژیک محدوده‌ای از ۰/۲۲ تا ۰/۸۳ را پوشش می‌دهد، که شرایط خیلی ضعیف تا خوب را توصیف می‌کند، میانگین این شاخص، در تمام بازه‌ها ۰/۵۶ بود که نشان دهنده وضعیت متوسط است. نتایج کلی شاخص کیفیت مورفولوژیک نشان می‌دهد که کلاس ضعیف در رودخانه تالار غالب است (۳۷٪ درصد از طول رودخانه) و تعداد کمی در کلاس خوب و خیلی ضعیف (۱۴٪ و ۱۲٪) و مابقی در طبقه متوسط (۳۵٪) قرار میگیرند.

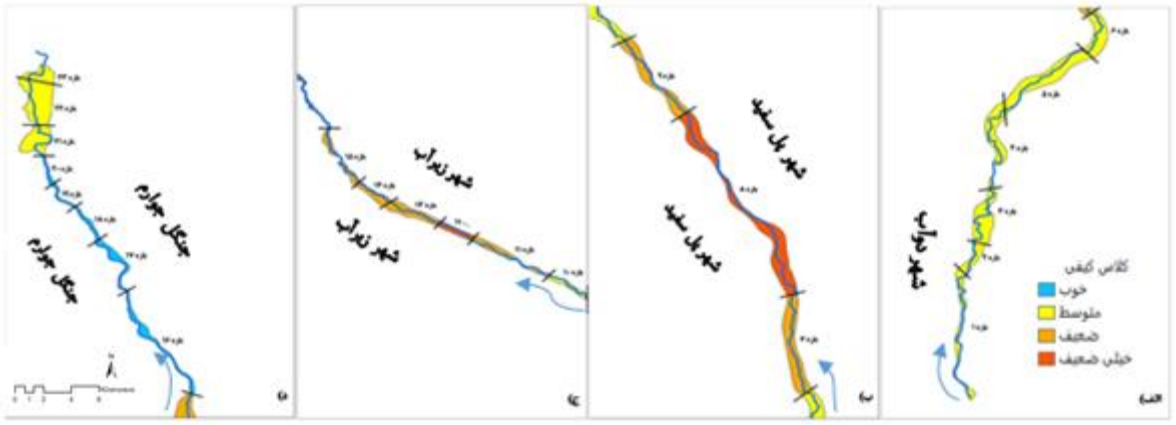
جدول ۵- ارزیابی مورفولوژی بازه‌های مختلف رودخانه تالار با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک و امتیازات سه گروه پارامترها (F عملکردی، A انسان ساخت، CA تنظیمات آبراهه)، بعنوان درصدی از مقدار کل ممکن امتیاز برای هر دسته بندی.

Table 5- Morphological assessment of different reaches of Talar River using morphological quality index and scores of three groups of parameters (functional (F), artificial (A), channel adjustment (CA), as a percentage of the total possible score for each category

CA (%)	A (%)	F (%)	MQI (%)	شماره بازه Reach No.	CA (%)	A (%)	F (%)	MQI (%)	شماره بازه Reach No.
۲۹/۱۶	۴۳/۶۱	۹۱/۳	۳۵	**۱۳**	۲۹/۱۶	۳۰/۸۵	۷۶/۰۸	۵۰	**۱**
۲۹/۱۶	۳۱/۹۱	۷۶/۰۸	۴۸	**۱۴**	۲۹/۱۶	۲۰/۲۱	۵۶/۵۲	۶۳	**۲**
۲۹/۱۶	۳۲/۹۷	۷۶/۰۸	۴۷	**۱۵**	۲۹/۱۶	۲۳/۴۰	۷۶/۰۸	۵۴	**۳**
۲۹/۱۶	۷/۴۴	۲۱/۷۴	**۸۳**	**۱۶**	۲۹/۱۶	۲۳/۴۰	۸۰/۴۳	۵۳	**۴**
۲۹/۱۶	۷/۴۴	۲۸/۲۶	۸۱	**۱۷**	۲۹/۱۶	۲۲/۳۴	۸۰/۴۳	۵۳	**۵**
۲۹/۱۶	۷/۴۴	۲۱/۷۴	**۸۳**	**۱۸**	۲۹/۱۶	۲۲/۳۴	۶۹/۵۶	۵۷	**۶**
۲۹/۱۶	۷/۴۴	۲۱/۷۴	**۸۳**	**۱۹**	۲۹/۱۶	۳۷/۲۳	۸۰/۴۳	۴۳	**۷**
۲۹/۱۶	۱۱/۷۰	۲۶/۰۸	۷۸	**۲۰**	۲۹/۱۶	۵۶/۳۸	۹۱/۳۰	**۲۲**	**۸**
۲۹/۱۶	۱۷/۰۲	۶۹/۵۶	۶۰	**۲۱**	۲۹/۱۶	۳۹/۳۶	۸۹/۱۳	۳۷	**۹**
۲۹/۱۶	۱۷/۰۲	۶۹/۵۶	۶۰	**۲۲**	۲۹/۱۶	۲۹/۷۸	۷۶/۰۸	۵۸	**۱۰**
۲۹/۱۶	۱۷/۰۲	۶۳/۰۴	۶۳	**۲۳**	۲۹/۱۶	۳۹/۳۶	۶۳/۰۴	۴۷	**۱۱**
					۲۹/۱۶	۵۴/۲۵	۹۱/۳۰	۲۸	**۱۲**

نسخه پیش انتشار

شکل ۵ وضعیت کیفیت مورفولوژیک را به صورت شماتیک در بازه‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۵- طبقه‌بندی کیفیت بازه‌ها در رودخانه تالار (از راست به چپ بازه‌ها در چهار کلاس کیفی: خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف به صورت شماتیک نمایش داده شده است.)

Fig. 5- Classification of the quality of reaches in the Talar river (from right to left, the reaches are shown schematically in four quality classes: good, moderate, poor, and very poor.)

نتایج کلی پارامترهای MQI نشان میدهد که میانگین بازه‌ها در کلاس متوسط قرار دارند و با توجه به گسترش کشاورزی و توسعه شهری در حوضه، اقدامات انسان‌ساخت در حد بستر و حریم رودخانه شدید است که کاملا در جدول ۶ مشاهده می‌شود که امتیازات کلی مربوط به پارامترهای انسان ساخت در مقایسه با امتیازهای مربوط به شاخص عملکردی و تنظیمات آبراهه کم است.

بحث

شاخص کیفیت مورفولوژیک فرآیندها و فشارهای در حال وقوع را شناسایی کرده و منجر به تمایز داخلی کیفیت هیدرومورفولوژیکی در حوضه رودخانه تالار شده و بر اساس شناسایی فشارها، رتبه‌بندی داخلی با وضعیت مورفولوژیکی تکمیل شد (*Müller et al, 2022*). توسعه شهری و کشاورزی در طول مسیر رودخانه دلیل مهمی برای تغییرات رودخانه تالار بشمار می‌آید. با توجه به اینکه سازه‌های عرضی (سرریزها و پل‌ها) در محدوده حوضه شهری زیرآب و پل سفید متعدد وجود دارد باعث تغییراتی در پیوستگی طولی (F1) در ۶۵٪ بازه‌ها (۳۹٪ در کلاس متوسط (B) و ۲۶٪ در کلاس ضعیف (C)) و همچنین پارامتر سازه‌های عرضی (A5) نیز در ۵۶/۵٪ در کلاس ضعیف (C) و ۱۳٪ در کلاس متوسط (B) قرار گرفته است. بعلت وجود

جاده در مسیر رودخانه فرآیند فرسایش سواحل (F4) (٪۶۱ در کلاس متوسط (B) و ۱۷/۵٪ در کلاس ضعیف (C)) و برداشت چوب (F11 در کلاس ضعیف (C) با ۱۰۰٪) قرار دارد. بعلت اینکه چوب در حوضه تالار جزو منابع با ارزش بشمار می‌آید در مواقع وقوع سیل اجازه ورود چوب به رودخانه را نمی‌دهند، در نتیجه هیچگونه شار چوبی در رودخانه مشاهده نگردید و علت وضعیت ضعیف بعضی از بازه‌های رودخانه ناشی از این مداخلات انسانی است (*Fendereski et al, 2021*). شکل۶ نمونه‌هایی از موانع پیوستگی را در بازه‌های مختلف رودخانه نشان می‌دهد.

شکل ۶- نمونه‌ای از موانع پیوستگی در بازه‌های مختلف رودخانه (الف) نمای از بالای موانع پیوستگی شهر پل سفید؛ ب) سازه عرضی (سرریز) موجود در بازه‌ی ۸؛ ج) سازه عرضی (سرریز) موجود در بازه‌ی ۱۳ رودخانه تالار.

Fig. 6- An example of connectivity barriers in different reaches of the river (a) View from above the connectivity barriers of Pol Sefid city; b) Transverse structure (overflow) existing in reach 8; c) Transverse structure (overflow) existing in the 13th reach of the Talar River.

با توجه به توسعه شهری و کشاورزی و کانالسازی رودخانه در حوزه شهری، شاخص تغییرات مقطع عرضی (F9) عمدتا در کلاس متوسط (B) با ۵۶/۵٪ و در کلاس ضعیف (C) با ۱۷/۵٪ قرار دارد. در رودخانه تالار بازه‌ها کاملا تغییراتی در الگوی آبراهه را تجربه کردند (CA1، ٪۱۰۰ در کلاس متوسط (B)). در ۹٪ بازه‌ها، تنگ‌شدگی عرضی اتفاق افتاده است (CA2، ۴/۵ ٪ و ۴/۵ ٪ به ترتیب در کلاس متوسط (B) و ضعیف (C)). کریدورهای بطور بالقوه فرسایش‌پذیر (شاخص F5) بشدت ناپیوسته و کم عرض هستند که دستکاری‌های انسانی منجر به تخریب و نابودی کریدورهای رودخانه‌ای شده است که در ۷۸٪ موارد در کلاس ضعیف (C) و در ۲۲٪ موارد در کلاس متوسط (B) قرار گرفته‌اند (*Fendereski et al, 2021*). شاخص A7 که مربوط به وجود خاکریزهای انسان‌ساخت می‌باشد در ۳۰/۵٪ موارد در کلاس ضعیف (C) و در ۹٪ موارد در کلاس متوسط (B) قرار دارد. شواهد میدانی نشان میدهد که شکاف بستر در بیشتر بازه‌های مورد مشاهده در رودخانه تالار اتفاق افتاده است که در ۱۰۰٪ موارد بازه‌ها در کلاس متوسط (B) قرار دارند. سیلابدشت‌های مدرن در طول رودخانه تالار بوجود آمده است اما در

بیشتر موارد نازک و ناپیوسته است (F2 در کلاس متوسط (B) و کلاس ضعیف (C) به ترتیب در ۹٪ و ۶۵٪) و سیلابدشت‌های تاریخی بشدت مورد استفاده کشاورزی قرار گرفته است. از دیگر فشارهایی که در رودخانه تالار رخ می‌دهد تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. افزایش شدت کشاورزی در حوضه آبریز تالار باعث افزایش فرسایش خاک بعلت تامین رسوبات ریز در شبکه رودخانه می‌شود مشابه آنچه که در دیگر حوضه‌های آبریز مشاهده شده است (*Rinaldi et al, 2019;Fendereski et al, 2021*).

بازه‌ی ۱۲ از بخش ۱، به دلیل توسعه شهرنشینی (در بافر ۱۰۰ متری اطراف رودخانه) و کانالیزه کردن آبراهه در محدوده‌ی شهری در ۱۰۰٪ نوار ساحلی رودخانه شرایط به مراتب بدتری مشاهده شده است. در شکل ۷، توسعه شهری و کانالیزه کردن آبراهه در محدوده‌ی کل دو طرف بازه در یک بافر ۱۰۰ متری در بازه‌ی ۱۲ رودخانه، نشان داده شده است.

شکل ۷- توسعه شهری و کانالیزه کردن رودخانه تالار در محدوده شهری پل سفید (نقاط زرد= سایت‌های بازدید میدانی، نقاط قرمز= شماره بازه)

Fig. 7- Urban development and Channelization of the Talar River in the urban area of Pol Sefid (yellow points = field visit sites, red points = Reach number)

شاخص F10 که مرتبط با تغییرات بستر هست در ۷۸٪ موارد در کلاس ضعیف (C) مشاهده شده است. در طول بازه‌های شهری و در پایین‌دست بازه‌ها مستقیم‌سازی و در نتیجه تغییرات الگوی آبراهه با شاخص A8 نشان داده شده است که همیشه در کلاس متوسط (B) قرار دارد. بعضی از فعالیت‌ها مانند برداشت رسوب، نشان دهنده تغییرات اضافی در سطح بستر است که با شاخص A10 نشان داده شده است که در ۸۲/۶ ٪ موارد در کلاس متوسط (B) قرار دارد. از دیگر ویژگی‌های ضعیف وجود پوشش گیاهی ساحلی عملکردی (F12 و F13) است. با توجه به اینکه رودخانه تالار از محدوده شهرهای پل

سفید و زیرآب می‌گذرد؛ بعلت حجم وسیع فعالیت‌های کشاورزی در دو طرف حاشیه رودخانه در بازه‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و ۱۵، پوشش گیاهی در این بازه‌ها کاملا از بین رفته و عرض پوشش گیاهی عملکردی در ۶۵٪ موارد در کلاس ضعیف (C) و ۱۷/۵٪ موارد در کلاس متوسط (B) قرار دارد و گسترش خطی پوشش گیاهی عملکردی کاملا در کلاس ضعیف (C) قرار گرفته است. شکل ۸ وضعیت پوشش گیاهی عملکردی و کریدورهای فرسایش‌پذیر در بازه‌های مختلف نشان داده می‌شود.

شکل ۸- وضعیت کریدورهای فرسایش‌پذیر و پوشش گیاهی عملکردی در بازه‌های مختلف رودخانه

Fig. 8- The condition of erodible corridors and functional vegetation cover in different sections of the river

بعلت وجود محدود سازه‌های طولی انسان ساز که در پیوستگی جانبی اثر میگذارد، حفاظت سواحل (شاخص A6) به صورت مقطعی و در مناطق شهری پل سفید و زیرآب در بازه‌های ۷، ۱۳، ۱۴و ۱۵ با ۱۷/۵٪ در کلاس متوسط (B) و در بازه‌های ۸، ۹ و ۱۲ با ۱۳٪ در کلاس ضعیف (C) قرار گرفته است.

به طور مشابه محققین دیگر با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک MQI به ارزیابی رودخانه‌های مختلف پرداختند که به طور خلاصه در جدول ۶ آورده شده است. نتایج تحقیقات صورت گرفته توسط محققین دیگر با نتایج تحقیقات این پژوهش همخوانی دارد و نشان دهنده آن است که شاخص کیفیت مورفولوژیک روش مناسبی برای ارزیابی وضعیت مورفولوژیک رودخانه‌ها می‌باشد.

جدول ۶- نتایج ارزیابی محققین با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیک

Table 6- The results of the researchers' evaluation using the morphological quality index

نام محققین Name of Researchers	سال Year	رودخانه مورد مطالعه Case Study	طول رودخانه مورد مطالعه The length of the river	مساحت Area (km^2)	متوسط بده Average Q (m^3/s)	میانگین کیفیت مورفولوژیک Average morphological quality

رینالدی و همکاران Rinaldi et al	2019	گوادالکیویر Guadalquivir	656	57000	38-114	متوسط Moderate
فندرسکی و همکاران Fendereski et al	2022	تجن Tajan	9	4000	12.81	متوسط Moderate
خالقی و همکاران Khaleghi et al	2019	حاجی عرب Haji arab	7.45	131	0.62	خیلی خوب Very Good
تحقیق حاضر Current Research	-	تالار Talar	172	2600	7.5	ضعیف Poor

برای احیاء رودخانه و اقدامات بازگردانی به جهت افزایش کیفیت بازه‌ها بسته به نیاز هر بازه که باید بررسی‌های علمی بیشتری بر روی آن صورت گیرد، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. استفاده از الوار چوبی (LWD, Large Woody Debris) در رودخانه که علاوه بر تاثیر آن بر روی جریان و شکل آبراهه، باعث ایجاد زیستگاههای مهم برای ماهیان می‌شود.

۲. رفع موانع پیوستگی برای بازگرداندن پیوستگی رودخانه، که کارآمدترین راه حل برای افزایش تبادلات بین آبراهه و کریدور رودخانه است و با راه‌حل‌های موقتی مانند مدیریت سازه‌های هیدرولیکی یا منابع آبی، اثرات موانع را نیز می‌توان کاهش داد.

۳. استفاده از پوشش گیاهی ساحلی رودخانه که نقش مهمی در حفاظت از خاک، تنوع زیستی زیستگاه، جانوران و اکوسیستم‌های آبی دارد.

۴. عدم برداشت شن و ماسه بیش از حد ظرفیت مجاز

نتیجه‌گیری

استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیک به دلیل استفاده از طیف وسیعی از شرایط فیزیکی، انسانی در ارزیابی مورفولوژیک رودخانه‌ها از جمله رودخانه تالار مفید است. شاخص کیفیت مورفولوژیک شرایط مورفولوژیکی را مشخص می‌کند ولی به تنهایی برای طبقه‌بندی کلی هیدرومورفولوژیکی کافی نیست و باید از طریق استفاده از یک روش خاص برای ارزیابی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی یکپارچه شود. روش شاخص کیفیت مورفولوژیک در حوضه آبریز تالار برای ارزیابی کیفیت مورفولوژی حوضه آبریز بکار گرفته شده است. نتایج به شرح زیر است:

نسخه پیش انتشار

۱. مقادیر شاخص کیفیت مورفولوژیک محدوده‌ای از ۰/۲۲ تا ۰/۸۳ را پوشش می‌دهد، که شرایط خیلی ضعیف تا خوب را توصیف می‌کند، میانگین در تمام بازه‌ها ۰/۵۶ بود که نشان دهنده وضعیت متوسط است.

۲. در طول رودخانه تالار، بازه‌هایی که در محدوده شهری قرار دارند بعلت حجم زیاد کشاورزی و توسعه شهری و عبور جاده دارای کلاس کیفیت مورفولوژیک خیلی ضعیف و ضعیف هستند و بازه‌هایی که در محدوده جنگلی و بکر قرار دارند دارای کیفیت مورفولوژیک خوب می‌باشند.

۳. باتوجه به اینکه طبق بازدید میدانی صورت گرفته، هیچگونه واریزه چوبی در مسیر جریان مشاهده نگردید. پارامتر A11 (برداشت واریزه‌های چوبی در مسیر جریان) امتیاز کمی را به خود اختصاص داده است. با توجه به مزایای این پارامتر برای اکوسیستم‌های آبی باید جزو پروژه‌های بازگردانی رودخانه قرار گیرد.

۴. به طور کلی وجود درختان و واریزه‌های چوبی باعث پیوستگی آبراهه اصلی و سیلابدشت رودخانه می‌شود. در مواقع پرآبی و سیلابی می‌تواند مانعی برای جریان آب عمل کند و همچنین منجر به ایجاد زیستگاه‌های آبی متنوع شده که به استراحت، تخم‌ریزی و مخفیگاه آبزیان نیز کمک می‌کند. با توجه به اینکه توسعه شهری و کشاورزی و برداشت رسوب در حدبستر و حریم رودخانه صورت گرفته و پوشش گیاهی اطراف رودخانه در اکثر بازه‌ها از بین رفته است. اقداماتی از جمله آزادسازی حد بستر و حریم رودخانه از کاربری‌های غیرمجاز، کاشت گیاهانی در حاشیه رودخانه و عدم برداشت رسوب مازاد بر آورد سالانه رودخانه به بازگردانی رودخانه در بسیاری از بازه‌ها کمک خواهد نمود.

منابع

Ahmadi, A., Ghafourpour Anbaran, P., Ghanavati, E.A., and Yasi, M. (2022). Hydromorphological analysis of the Karaj River in the urban area from Beylaqan to the railway bridge. *Geography and Enviromental Sustainability Journal.*

Buffington, J. M., & Montgomery, D. R. (2013). Geomorphic classification of rivers. *In: Shroder, J.; Wohl, E., ed. Treatise on Geomorphology; Fluvial Geomorphology, Vol. 9. San Diego, CA: Academic Press. p. 730-767.*, 730-767.

Bussettini, M., Rinaldi, M., & Grant, G. (2017). A hydromorphological framework for the evaluation of e-flows. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 18119).

Campana, D., Marchese, E., Theule, J. I., & Comiti, F. (2014). Channel degradation and restoration of an Alpine river and related morphological changes. *Geomorphology*, *221*, 230-241.

Commission of the European Communities. (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Office for Official Publications of the European Communities.

Esmaili, R., Rezaei Moghadam, M. H., and Hosseinzadeh M. M. (2010). Classification of types of rivers based on Steel River method, case study: Northern Alborz, Lavij River watershed.

Esmaili, R., and Valikhani, S. (2013). Evaluation and analysis of the hydromorphological conditions of Lavij river using the morphological quality index. *Quantitative geomorphology research*, 2(4), 37-53.

Fenderski, N., Masoudian, M., and Ratcher, K. (2022). Evaluation of hydromorphological conditions of Tajen river using HMQI method. *Watershed Engineering and Management*, 14(2), pp. 185-201.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, *56*(3), 275-370.

Ioana-Toroimac, G., Zaharia, L., & Minea, G. (2015). Using pressure and alteration indicators to assess river morphological quality: case study of the Prahova River (Romania). *Water*, *7*(6), 2971-2989.

Ilanloo, M., and Karam, A. (2019). Evaluation of hydromorphological conditions of the river using the MQI method (study area: Jajrud River). *Journal of applied research of geographical sciences*, 20(56), 35-53.

Khaleghi, S., Hosseinzadeh, M.M., and Hashemi Bouini, Z. (2021). Evaluation and analysis of hydromorphological conditions of Haji-Arab river, Buin-Zahra city. *Geography and environmental sustainability*, 11(2), 75-89.

Lane, E. W. (1957). *Study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material*, *A* (Doctoral dissertation, Colorado State University. Libraries).

Leopold, L. B., & Wolman, M. G. (1957). *River channel patterns: braided, meandering, and straight*. US Government Printing Office.

Montgomery, D. R., & Buffington, J. M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109(5), 596-611.

Müller, H., Hörbinger, S., Franta, F., Mendes, A., Li, J., Cao, P., ... & Rauch, H. P. (2022). Hydromorphological Assessment as the Basis for Ecosystem Restoration in the Nanxi River Basin (China). *Land*, *11*(2), 193.

Newson, M. D., & Large, A. R. (2006). 'Natural'rivers,'hydromorphological quality'and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, *31*(13), 1606-1624.

Nosrati, K., Rostami, M., and Tsatit, Z. (2018). Evaluation of hydrogeomorphological conditions of Taleghan river using qualitative morphological index. *Hydrogeomorphology*, 6(21), 154-133.

Rigon, E., Moretto, J., Rainato, R., Lenzi, M. A., & Zorzi, A. (2013). Evaluation of the morphological quality index in the Cordevole river (Bl, Italy). *Journal of Agricultural Engineering*, *44*(3), e15-e15.

Rinaldi, M., Baena-escudero, R., Nardi, L., Inmaculada, C., & García-martínez, B. (2019). An assessment of the hydromorphological conditions of the middle and lower Guadalquivir River (southern Spain): 3646.

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.

Rinaldi, M., Bussettini, M., Surian, N., Comiti, F., & Gurnell, A. M. (2016). Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI). Version 2. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Rinaldi, M., Belletti, B., Bussettini, M., Comiti, F., Golfieri, B., Lastoria, B., ... & Surian, N. (2017). New tools for the hydromorphological assessment and monitoring of European streams. *Journal of environmental management*, *202*, 363-378.

Rosgen, D. L. (1994). A classification of natural rivers. *Catena*, *22*(3), 169-199.

Sabzivand, R., Hashemi Avanji, S.J., Majdzadeh Tabatabai, M.R., and Shafa'i Bejestan, M. (2006). Classification of rivers from the morphological point of view, Stavand Publications, Yazd.

Schumm, S. A. (1977). The fluvial system.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *38*(6), 913-920.

Wyżga, B., Zawiejska, J., Radecki-Pawlik, A., & Amirowicz, A. (2010). A Method for the Assessment of Hydromorphological River Quality and its Application to the Czarny Dunajec River, Polish Carpathians.

Yaghoub-nejad Asl, N., Esfandiari Darabad, F., Asghari Saraskanroud, S., and Karam, and A. (2019). Evaluation of the morphological condition of Taleghan River in the period from 2006 to 2016. Quantitative Geomorphology Research, 9(1), 67-85.

Morphological analysis and evaluation of a river based on morphological characteristics, artificial structures and channel adjustment (Case study: Talar River - upstream of the Shirgah)

Zohreh Talebi,[1] Seyyed Ali Ayyoubzadeh,[1] Hossein Mostafavi,[2††] Mohammad Mehdi Hoseinzadeh[3] and Hossein Shafizadeh[1]

[1] Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[2] Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Introduction: Change is an integral part of all river systems. Most rivers now operate under fundamentally different conditions to those that existed prior to human disturbance. Human interventions indirectly change geomorphic processes such as sediment transport, erosion and sedimentation along the rivers, and the spatial distribution and rate of these processes often including profound changes to river morphology. Therefore, it is important to evaluate the morphological quality, especially for the rivers of Iran, which are characterized by a very high level of human pressure. For this reason, In this research, a morphological evaluation from the upstream to the middle of the Talar River (Northern Iran - Mazandaran) using the Morphological Quality Index (MQI) and with the aim of determining changes in its morphological quality has been considered.

Materials and methods: Talar River was divided into two landscape units, three segments and 23 reaches based on the hierarchical approach and according to the physiographic condition. The evaluation of Talar river has been done after drawing and analyzing the spatial units using Morphological Quality Index (MQI).

Results and Discussion: The results obtained from 28 MQI parameters in 23 reaches show that about 15% of the reaches have a "good" condition, almost 35% of the reaches have a "moderate" condition, and more than 50% have a "poor" and "very poor" condition, which means significant damage to the river corridor in the reaches. The subject of investigation and the need to pay attention to the corrective solutions and restoration of the river and its banks. Along the Talar River, due to the large amount of agriculture, urban development and road crossing, the reaches that are in the urban area have poor and very poor morphological quality class, and the reaches that are in the forest area, virgin and untouched, have The morphological quality has been evaluated as good. Also, the results of the evaluation indicate that the average quality class of the investigated reaches is in "moderate" conditions.

†† Corresponding Author: *Email Address*. hmostafaviw@gmail.com

Conclusion: Considering that the urban and agricultural development and sediment collection takes place in the boundary of the river bed and the vegetation cover and the river corridor have been destroyed in most of the reaches, measures such as observing the boundary of the river bed and boundary as well as planting plants On the river bank and removing sediment based on annual yield will help to restore the river in many reaches. In addition, the results of this evaluation have shown that the MQI morphological quality index method can be a suitable and effective tool in diagnosing hydromorphological challenges. Also, the morphological quality index provides the conditions for evaluating the morphological condition, but it is not enough for the general hydromorphological classification alone, and it should be integrated through the use of a special method to evaluate the changes in the hydrological regime.

Keywords: Evaluation, Morphology, Hydromorphology, Talar River, River Restoration

نسخه پیش انتشار