

Research Paper



Assessment of the morphological quality of the Khorramrod River, case study: upper and lower segments of Khorramabad city, Lorestan province



Shahram Amiri¹, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh^{2*}

1. Ph. D student in Geomorphology, Department of Physical Geography, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran. s.amiri2010@yahoo.com
2. Associated Professor, Department of Physical Geography, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran. m_hosseinzadeh@sbu.ac.ir

Keywords

Khorramroud, Geomorphic processes, Morphological, quality, River reach, Khorramabad. Iran.

Received: 2025/03/05

Accepted: 2025/05/01

Published: 2026/01/12

A B S T R A C T

Introduction

River morphology, hydrological regime, and river continuity are integral components of hydromorphological quality assessments, which significantly influence the biological and physical quality of rivers. These indicators must be compared and analyzed under conditions affected by human pressures. To achieve this, it is essential to describe and evaluate pressure and alteration indices across various temporal and spatial scales in a comprehensive manner. The aim of this study is to classify, assess, and determine the morphological quality status of the Khorramrud River in Lorestan Province using the revised Morphological Quality Index (rMQI).

Methodology

The hydromorphological assessment of river basins involves several steps: delineating and describing spatial units, evaluating past and present hydromorphological trends, identifying and prioritizing pressures, and developing management plans alongside implementing restoration measures. This study is based on an evaluation of past and present trends. Initially, data collection was conducted using physical tools, field observations, and measurements. Required maps were then drawn and digitized using ArcGIS software. The river was divided into two sections based on pattern changes, slope, channel position, and constructed structures. Section one consisted of six reaches and 17 cross-sections, while section two included seven reaches and 18 cross-sections. Subsequently, maps for each section and reach were created in ArcGIS according to the criteria of the rMQI method.

Some indicators of pressure and change were derived from satellite imagery and field observations. Additionally, channel cross-sections were modeled and calculated using spreadsheets created in Excel. Parameters related to channel pattern and changes within the sections and reaches were obtained based on planform mapping in the ArcGIS environment. Human interventions, identified as pressure indicators, along with their associated

*Correspondin Author: Mohammad Mahdi Hosseinzadeh. m_hosseinzadeh@sbu.ac.ir

How to cite this article: Amiri, Shahram; Hosseinzadeh, Mohammad Mahdi, (2025). Assessment of the morphological quality of the Khorramrod River, case study: upper and lower segments of Khorramabad city. Lorestan province.

Hydrogeomorphology, 12(45): 43 – 62.

DOI: [10.22034/hyd.2025.66489.1788](https://doi.org/10.22034/hyd.2025.66489.1788)



Copyright: © by the authors

Publisher: University of Tabriz

parameters, were determined through field observations. Finally, the quality of the Khorramroud River was assessed across two sections and 13 studied reaches.

Results and Discussion

Based on the rMQI analysis, the two examined sections are classified as weak. In the first section, among the six studied reaches, reaches 1, 3, and 4 fall into the weak category, reaches 5 and 6 are categorized as very weak, and only reach 2 is classified as moderate. Land-use changes, urban area development, unauthorized extraction activities, the presence of sand and gravel mines, encroachments into river boundaries, and river course modifications have contributed to placing this section in the weak category.

In the second section, out of seven studied reaches, reaches 1, 2, 3, 5, 6, and 7 are classified as weak, while reach 4 is categorized as moderate. The removal of riparian forest cover, changes in cropping patterns, destruction of river terraces for agricultural purposes, construction of diversion channels, and bed displacement—especially—have led to placing this section in the weak category.

Conclusion

The revised River Morphology Quality Index (rMQI) method provides a comprehensive approach for assessing the indicators that influence morphological changes in rivers due to human activities. This method considers pressure and change indicators within a relatively cohesive framework across various spatial scales, from reaches to geomorphic and hydraulic units. Additionally, by combining the results, it identifies key issues in river morphological quality. Furthermore, it aids in river management by prioritizing strategies to improve the ecological status of rivers.

	مقاله پژوهشی ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه خرم رود، مطالعه موردی: بخش بالایی و پایینی شهر خرم آباد، استان لرستان	
شهرام امیری¹، محمد مهدی حسین زاده² 		

^۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. s.amiri2010@yahoo.com

^۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

چکیده	کلیدواژه‌ها
رودخانه خرم رود در طی چند دهه گذشته به‌طور چشمگیری تحت تأثیر تغییرات اساسی هم در سطح حوضه و هم در داخل کانال قرار گرفته است. این رودخانه به دلیل واقع شدن در منطقه پرجمعیت خرم آباد و همجواری روستایی زیادی با این جریان، تغییرات در آن می‌تواند منجر به از دست دادن زمین‌های کشاورزی، آسیب پذیری زیرساخت‌ها و ساختمان‌های مجاور آن شود. در واقع اثرات فرایندهای ژئومورفیک (رسوبگذاری در بستر، گسترش کانال، فرسایش کرانه‌ها) این رودخانه به دلیل قرارگیری در منطقه کوهستانی می‌تواند از طغیان‌های آن مهمتر باشد. شناخت وضعیت مورفولوژیکی این رودخانه می‌تواند باعث افزایش آگاهی نسبت به احیاء آن شود. این تحقیق به منظور ارزیابی کیفیت مورفولوژی خرم رود با استفاده از روش rMQI در طی دوره زمانی ۲۰۰۶-۲۰۲۵ انجام شد. حوضه خرم رود در مختصات ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی و از ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. بر اساس یافته‌های پژوهش کیفیت رودخانه خرم‌رود در بخش اول (۶۳/۹۵ درصد) و در بخش جنوبی (۵۷/۶۵ درصد) محاسبه شده که گویای کیفیت مورفولوژیکی ضعیف است. علاوه براین در بخش اول از ۶ بازه مورد مطالعه بازه‌های یک، سه و چهار در کلاس ضعیف و بازه‌های ۵ و ۶ در کلاس خیلی ضعیف قرار دارند. تنها بازه ۲ در وضعیت متوسط قرار دارد. نتایج حاصل از ارزیابی ۷ بازه مورد بررسی در بخش دوم نشان داد که تنها بازه ۴ کیفیت متوسطی دارد و بازه‌های دیگر (۱-۲-۳-۵-۶-۷) در کلاس کیفیت مورفولوژی ضعیف قرار دارند. همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش رودخانه خرم‌رود دارای شرایط شکننده‌ای است و به نظر می‌رسد با توجه به تداوم این شرایط و در برخی از موارد با تشدید شاخص‌های فشار، وضعیت این رودخانه را حادتر کند.	خرم‌رود، فرایندهای ژئومورفیک، کیفیت مورفولوژی، بازه رودخانه، خرم آباد.
	تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۲۲

ارجاع به این مقاله: نام امیری، شهرام؛ حسین زاده؛ (۱۴۰۴). ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه خرم رود، مطالعه موردی: بخش بالایی و پایینی شهر خرم آباد، استان لرستان. هیدروژئومورفولوژی، ۱۲(۴۵): ۴۵-۶۲.

*نویسنده مسئول: محمد مهدی حسین زاده

رایانامه: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

شناسه دیجیتال مقاله: 10.22034/hyd.2025.66489.1788



Copyright: ©2025 by the authors

Publisher: University of Tabriz

مقدمه

در طول قرن‌های گذشته و به‌ویژه در نیمه دوم قرن بیستم، بسیاری از سیستم‌های رودخانه‌ای به طور چشمگیری تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار گرفته‌اند. چنین مداخلاتی هم شامل تغییرات در حوضه‌های زهکشی (توسعه شهری، تغییر کاربری اراضی، کارهای کنترل سیل) و هم در داخل کانال‌های رودخانه (مانند کانال‌سازی، سدها، برداشت شن و ماسه) می‌شود که پیامد این مداخلات منجر به برهم‌زدن تعادل طبیعی سیستم رودخانه‌ها شده است. این مداخلات در رودخانه‌ها محرک اصلی بسیاری از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در اکوسیستم‌های رودخانه و دشت سیلابی آنها هست (راش و همکاران^۱، ۱۹۸۸؛ پاور و همکاران^۲، ۱۹۹۵؛ پاور و همکاران^۳، ۱۹۹۷؛ تاکنر و استنفورد^۴، ۲۰۰۲). هر رودخانه ممکن است روند تکاملی خاصی از تغییرات کانال را نشان دهد (دفور و پیگی^۵، ۲۰۰۹) رودخانه‌های آبرفتی سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که به طور مداوم مورفولوژی خود را در پاسخ به تغییرات شرایط مرزی (مانند تغییرات در جریان آب و رسوب) تنظیم می‌کنند (خالقی و همکاران^۶، ۲۰۱۹). تغییرات کانال که در نتیجه دو عامل انسانی و طبیعی ایجاد می‌شود، می‌تواند پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی مختلفی را به دنبال داشته باشد. شناسایی علل تغییر در رودخانه‌ها که تحولات زیادی را در یک دوره زمانی نسبتاً کوتاه تجربه می‌کند (در پاسخ به کانال‌سازی، ساخت سد یا فعالیت‌های زمین‌ساختی) ممکن است ساده باشد، اما این شناسایی در سیستم‌هایی که طیف وسیعی از عوامل را در مقیاس حوضه آبریز (تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری زمین) و در مقیاس بازه (کانال‌سازی، برداشت شن و ماسه) در بر می‌گیرند، پیچیده‌تر است (لیبو و پیگی^۷، ۲۰۰۱؛ سورین و رینالدی^۸، ۲۰۰۳؛ ویزگا^۹، ۲۰۰۸؛ پرشویو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۱؛ اسکودرو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۹). این فرآیندها عواقب جدی بر شرایط اکولوژیکی کریدور رودخانه (کانال، دشت سیلابی و تراس‌های اخیر) دارند. علل چنین تغییراتی در کانال هنوز مورد بحث است. باین‌حال، اکثر نویسندگان اثر غالب را با انواع مداخلات انسانی، مانند تغییرات کاربری زمین، کانال‌سازی، ساخت سدها و برداشت رسوبات درون کانالی می‌دانند (سورین و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۳). برخی دیگر استدلال می‌کنند که تغییرات آب‌وهوا و تغییرات مرتبط در فرکانس و بزرگی سیل عوامل اصلی کنترلی تغییر کانال در کوتاه‌مدت هستند. به گفته این نویسندگان، مداخلات انسانی به‌سادگی نقش این عوامل طبیعی را تعدیل می‌کند و اغلب باعث تشدید بیشتر عمل آنها می‌شوند (حاجدوکیویچ و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۶). باین‌حال تفسیر قابل‌اعتماد از این تغییرات همیشه ساده نیست؛ زیرا بازسازی دقیق آنها نیازمند شناسایی و تجزیه و تحلیل کمی عوامل کنترل‌کننده و کشف پیوندهای بین تغییرات کانال و عوامل کنترل‌کننده است (دanz و گریگوری^{۱۳}، ۲۰۰۴؛ هابرساک و پیگی^{۱۴}، ۲۰۰۸). بررسی جزئیات روند تکاملی رودخانه‌ها در بازه‌های زمانی طولانی‌تر جهت ارزیابی بزرگی فرآیندها، شناسایی روندها و شناسایی علل تغییرات کانال بسیار مهم است. زیرا درک بهتر و علمی آنها برای تفسیر شرایط فعلی کانال یک موضوع حیاتی است. ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه‌ها برای مدیریت و حفاظت از آنها اهمیت اساسی دارد. برای این هدف، دستورالعمل شورای راهبری آب اتحادیه

1 - Rash et al
2- Power et al
3- Pough et al
4- Tuckner and Standfor

5 - Dufor and Piggy
6 - Libo and Piggy
7 – Sorian and Rinaldi
8 - Vizga
9-Pershoyo et al

10 - Escudero et al
11 - Power et al
12 - Sorian et al
13 – Hajdu Kiewicz et al
14 – Danz and Gregory

اروپا (WFD) در سال ۱۹۸۳ ارائه شد. از آن زمان تاکنون چندین روش در کشورهای اروپایی و غیر اروپایی توسعه یافته است. بر اساس این دستورالعمل، مورفولوژی رودخانه، رژیم هیدرولوژیکی و پیوستگی رودخانه اجزای یک ارزیابی کیفیت هیدرومورفولوژیکی هستند که از کیفیت بیولوژیکی و فیزیکی رودخانه‌ها حمایت می‌کنند (سورین و همکاران^۱، ۲۰۰۳). این دستورالعمل، علاوه بر ارزیابی ویژگی‌های هیدرومورفولوژیک رودخانه‌ها، موارد بیولوژیکی و فیزیکی - شیمیایی را در نظر می‌گیرد (گلفری و همکاران^۲، ۲۰۱۲) در عمل، هدف نهایی این دستورالعمل شناسایی شرایطی است که تعادل طبیعی سیستم را تعیین می‌کند و اختلالات انسانی را ارزیابی می‌کند که اغلب بر وضعیت تعادل تأثیر منفی می‌گذارد (رینالدی و همکاران^۳، ۲۰۱۰).

پس از معرفی این دستورالعمل، دیدگاه‌ها و فرصت‌های جدیدی برای در نظر گرفتن فرآیندهای فیزیکی در اقدامات و راهبردهای مدیریت رودخانه به وجود آمد و چندین روش برای اجرای آن اتخاذ شد. نمونه‌هایی از این روش‌ها شامل بررسی زیستگاه رودخانه RHS (ریون و همکاران^۴، ۱۹۹۷) ساختار استایل رودخانه (بریلی و فریس^۵، ۲۰۰۵) شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG (SYRAH) (اولرو و همکاران^۶، ۲۰۱۱) و روش ارائه شده توسط ویزگا و همکاران^۷ (۲۰۱۰، ۲۰۱۲) هستند. اغلب این روش‌ها تنها به ارزیابی زیستگاه‌های فیزیکی می‌پرداختند و در درک فرآیندهای فیزیکی و علل تغییرات رودخانه از نظر الگوی کانال، عمق، عرض، سرعت جریان، ساختار بستر رودخانه و جنس کرانه، تحت تأثیر یک‌رشته محدودیت‌ها (مقیاس فضایی بررسی، استفاده محدود از روش‌های ژئومورفولوژیکی و ثابت بودن شرایط در طول زمان) قرار داشتند (بریلی و همکاران^۸، ۲۰۰۸). در نتیجه جهت برطرف کردن این نقاط ضعف، تلاش فزاینده‌ای برای توسعه روش‌های مبتنی بر رویکرد ژئومورفولوژیکی صحیح‌تر و با در نظر گرفتن بیشتر فرآیندهای فیزیکی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مناسب صورت گرفت. در سال ۲۰۱۳ رینالدی و همکاران^۹ یک شاخص جدید با عنوان شاخص کیفیت مورفولوژیکی^{۱۰} (MQI) برای ارزیابی هیدرو مورفولوژی رودخانه‌های ایتالیا ارائه دادند. هدف این روش ارزیابی، طبقه‌بندی و نظارت بر وضعیت مورفولوژیکی فعلی رودخانه بود که بر اساس سیستم امتیازی این روش، کیفیت مورفولوژیکی رودخانه طبقه‌بندی گردید. این روش در سال ۲۰۱۵ توسط زاهاریا و همکاران^{۱۱} با تأکید بیشتر بر نقش فشارهای انسانی در سطح حوضه و داخل کریدور رودخانه اصلاح شد و با عنوان شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده^{۱۲} (rMQI) ارائه شد. روش پیشنهادی، کیفیت مورفولوژیکی رودخانه را بر اساس ۱۲ شاخص فشارهای انسانی، ۱۰ شاخص از تعدیل فرم کانال و ۱۱ شاخص عملکرد پیچان رودشدهگی ارزیابی می‌کند و با محاسبه مجموع امتیازات هر شاخص، کیفیت ژئومورفولوژی رودخانه را برآورد و طبقه‌بندی می‌کند.

1- Sorian et al
2- Golfieri et al
3- Rinaldi et al
4- Golfieri et al

5- Brierley and Friars
6- Ollero et al
7- Vizga et al
8- Brierley and Friars
9 - Rinaldi et al

10- Morphological Quality Index
11- Zahariya et al
12- Revisited Morphological Quality Inde

رینالدی و همکاران^۱ (۲۰۱۳) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه کوردوول پرداختند. نتایج نشان داد که نیمی از بازه‌های تحلیل شده دارای وضعیت بسیار خوب یا خوب هستند و بقیه آنها از ویژگی کیفی ضعیف یا خیلی ضعیف برخوردار بودند.

اسکورپیو و همکاران^۲ (۲۰۱۴) به بررسی نقش مداخلات انسانی در کیفیت زیستگاه‌ها در طی ۵۰ سال گذشته در اروپا پرداختند. نتایج نشان داد که مداخلات انسانی منجر به تغییرات سریع و شدید مورفولوژی کانال می‌شود و اثرات منفی خواهد داشت. توریماک و همکاران^۳ (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به ارزیابی رودخانه پروخوار در کشور رومانی پرداختند و نتایج نشان داد که این رودخانه در پایین‌دست دارای کیفیت مورفولوژی خوبی است. زاهاریا و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده، رودخانه پراهووا پایینی در کشور رومانی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کیفیت رودخانه در این بازه بود. 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. مولور و همکاران^۴ (۲۰۲۲) با بررسی وضعیت هیدرو مورفولوژی سامانه رودخانه ناشی با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به این نتیجه رسیدند که رودخانه وضعیتی از متوسط تا ضعیف را دارد. ماگیلو و همکاران^۵ (۲۰۲۲) ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه کالور (جنوب ایتالیا) را انجام دادند و نتایج این تحقیق نشان داد که این روش می‌تواند جهت طبقه‌بندی کیفیت مورفولوژی رودخانه‌ها استفاده گردد.

در ایران نیز تحقیقات مختلفی با این رویکرد انجام شده است. اسماعیلی و ولی‌خانی (۱۳۹۳) با روش شاخص کیفیت مورفولوژی رودخانه شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه لایچ را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بازه‌های ۱-۲-۳-۴-۵ و ۶ به علت دخالت کم عوامل انسانی در گروه بسیار خوب و خوب طبقه‌بندی شده‌اند. نصرتی و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژی رودخانه طالقان با روش شاخص کیفیت مورفولوژیک پرداختند. نتایج نشان داد که این روش برای طبقه‌بندی رودخانه‌های دامنه جنوبی البرز مناسب است. ایرانلو و کرم (۱۳۹۹) در پژوهشی به طبقه‌بندی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه جاجرد با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی پرداختند که نتایج تحقیق نشان می‌داد که تمامی بازه‌های منطقه از لحاظ روش MQI در شرایط ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفته‌اند. یعقوب‌نژاد اصل و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی به ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که رودخانه طالقان در تمامی بازه‌ها وضعیت خوبی ندارد. خالقی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به طبقه‌بندی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی در رودخانه حاجی عرب واقع در غرب شهرستان بوئین زهرا پرداختند. نتایج حاصله بیانگر این است که رودخانه حاجی عرب در طبقه خوب قرار می‌گیرد و شرایط مناسبی دارد. طالبی و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژی به ارزیابی رودخانه تالار پرداختند. نتایج نشان داد که بیشتر بازه‌ها دارای کیفیتی ضعیف تا خیلی ضعیف هستند. خسروی و تیموری (۱۴۰۳) با استفاده از ادغام شاخص‌های ارزیابی مورفولوژیکی MQI و MQIm وضعیت هیدرومورفولوژیکی رودخانه خرمارود در استان گلستان پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که ۱۵ بازه در طبقه خیلی ضعیف و ۹ بازه در طبقه متوسط و ۲ بازه در طبقه

1 - Rinaldi et al
2 - Scorpio et al

3- Turimak et al
4- Molor et al

5- Magillo et al

خوب قرار دارند. اسماعیلی و نوری زاده (۱۴۰۳) ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه هراز را تحت تاثیر فشارهای انسانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فشارهای انسانی در طی دوره زمانی مورد بررسی عرض رودخانه به طور میانگین ۶۰ درصد کاهش یافته و مساحت لندفرم های رودخانه ای شامل بستر فعال رود و موانع طولی به ترتیب ۵۰ و ۹۵ درصد کاهش یافته است.

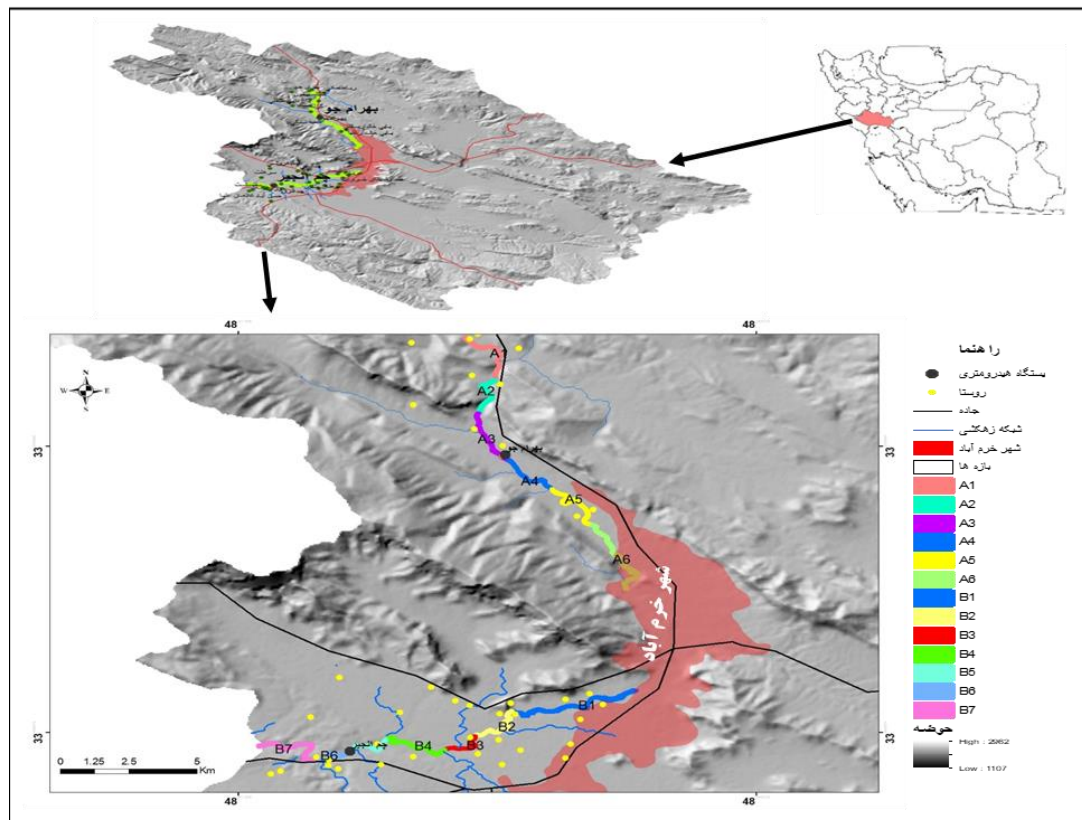
رودخانه خرم رود طی چند دهه گذشته هم در سطح حوضه و هم در داخل کریدور رودخانه به شدت تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار گرفته است و تاکنون هیچ گونه مطالعه جامعی در این راستا ارائه نشده است. بدین جهت پژوهش حاضر باهدف بررسی و ارزیابی وضعیت مورفولوژیک رودخانه خرم رود بر اساس شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی (rMQI) انجام شده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز خرم رود با مساحت ۲۴۸۴ کیلومترمربع مشتمل بر ۲ زیر حوضه کرگانه و کاکاشرف در استان لرستان با موقعیت جغرافیایی از ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی و از ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در تقسیم بندی کلان سیستم های زمین ساختی ایران (اشتوکلین ۱۹۶۸) در زون زاگرس چین خورده قرار دارد. میانگین بارش سالانه این منطقه بین ۴۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر در سال است. منطقه مورد مطالعه، شامل دو بخش در قسمت شمالی (بازه ۱ تا ۷) و بخش جنوبی (بازه ۸ تا ۱۳) شهر خرم آباد و به طول حدود ۳۴ کیلومتر می باشد. بخش اول که به موازات جاده خرم آباد- کرمانشاه از روستای دارحوض تا پل شهدای فلک الدین به طول ۱۶۷۰۰ متر است این بازه از نظر توپوگرافی، در ارتفاعی بین ۱۳۳۰ متر تا ۱۴۱۰ متر و متوسط شیب ۰/۴۷ درصد قرار دارد. از لحاظ زمین شناسی، از یال شمال شرقی طاقدیس خرم آباد شامل سازندهای کشکان، امیران و آسماری شروع می شود و به شمالی ترین بازه دشت خرم آباد تا حوالی روستای بهرام جو امتداد می یابد. سپس رو به جنوب شرقی در بازه آهک های مارنی کرتاسه که با ضخامتی از نهشته های ناپیوسته کوارترنر پوشیده شده است ادامه دارد. رودخانه از روستای دره گرم مجدداً به طور عرضی وارد هسته طاقدیس خرم آباد می شود. میانگین دبی سالانه در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در ایستگاه هیدرومتری بهرام جو ۸۷/۷ مترمکعب در ثانیه است (مرکز تحقیقات راه و مسکن شهرسازی، ۱۳۹۸). بخش دوم از پل یادگار امام (انتهای شهر) تا پل مجتمع کشت صنعت به طول ۱۷۲۵۰ متر می باشد. این بخش از نظر توپوگرافی، در ارتفاعی بین ۱۲۱۰ متر تا ۱۲۷۰ متر و متوسط شیب ۰/۳۴ درصد قرار دارد. از لحاظ زمین شناسی رودخانه در این قسمت هسته طاقدیس خرم آباد بین گسله پس رانده شمال خرم آباد و بازه مرکزی طاقدیس خرم آباد را قطع می کند و در ادامه با ویژگی های کم و بیش همانند، تا روستای گلیوران بالا، در عرض طاقدیس خرم آباد پیش می رود و از گیلوران تا ورده رودخانه از عرض طاقدیس و گسله خرم آباد گذشته، وارد دشت جنوبی خرم آباد می گردد و در امتداد پهنه گسلی خرم آباد پیش می رود. میانگین دبی سالانه در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در ایستگاه خرم آباد- چم انجیر ۱۹۴ متر مکعب در ثانیه گزارش شده است (مرکز تحقیقات راه و مسکن شهرسازی، ۱۳۹۸). پروفیل عمومی بستر رودخانه حالت نزدیک به مقعر دارد و این حالت متعلق به سیستم هایی است که قدرت حفر بسیار بالایی داشته یا در نواحی

فرونشینی جاری هستند و یا از ترکیب سنگ‌شناسی ضعیف و نامقاومی در برابر فرسایش برخوردارند در برخی از قسمت‌های رودخانه به حالت محدب تبدیل می‌شود که نشان از تغییر از حالت طولی به عرضی و عبور از مجموعه طاق‌دیس و گسله‌های خرم‌آباد دارد (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۴) (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت حوزه آبریز خرم رود در حوزه کرخه، استان لرستان و کشور ایران

Figure (1): Location of the Khorram Rud watershed in the Karkheh basin, Lorestan province and Iran

روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی و ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه خرم رود با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی بازبینی شده (rMQI) است. بدین منظور ابتدا با استفاده از ابزارهای فیزیکی مانند نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) شیت‌های (۵۶۵۶۱NW، ۵۶۵۶۴NE و ۵۶۵۷۲ SW)، نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) و مشاهدات و برداشت‌های میدانی جمع‌آوری داده و اطلاعات انجام شد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های مورد نیاز ترسیم و رقومی‌سازی شدند. پس از تهیه نقشه‌ها، رودخانه به ۲ بازه شمالی (بازه اول) و جنوبی (بازه دوم) و جهت بررسی دقیق‌تر طبق روش رینالدی و همکاران (۲۰۱۳) بخش اول به ۶ بازه (۱۷ مقطع) و بخش دوم به ۷ بازه (۱۸ مقطع) بر اساس تغییرات الگو، شیب، موقعیت کانال و سازه‌های احداث شده تقسیم شدند. سپس نقشه‌های هر کدام از بازه‌ها در راستای معیارهای روش rMQI با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ترسیم شدند. برخی از معیارهای شاخص‌های فشار و تغییر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای موجود برای سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۷-۲۰۱۹-۲۰۲۵ و مشاهدات میدانی در بهمن ماه ۱۴۰۳ تهیه شد. بر پایه برداشت‌های میدانی پارامترهای مورفومتری کانال شامل عرض و عمق مقطع، سرعت جریان، نوع پوشش

گیاهی کرانه، بافت رسوبات بستر بستر و کرانه، حد دبی لبالبی و ویژگی های کانال و دخالت های انسانی ثبت و بدست آمد. با استفاده از نرم افزار آماری Excel و یک صفحه توسعه یافته در محیط نرم افزار Excel مقاطع کانال مدل سازی شده و بر اساس داده های ورودی شامل شیب بازه، هندسه کانال و ضریب مانینگ، پارامترهای هیدرولوژیک شامل شعاع هیدرولیک، نسبت عرض به عمق، مساحت، بیشینه عمق محاسبه شد. در محیط Arc GIS بر پایه پلان ترسیم شده بازه ها از محیط گوگل ارث، پارامترهای تغییرات و الگوی کانال شامل، ضریب پیچان رودی، تغییرات عرض کانال، اندازه گیری طول و تغییرات خط مرکزی، شعاع قوس ها و نسبت شعاع به عرض کانال بدست آمد. دخالت های انسانی با عنوان اندیکاتورهای فشار و پارامترهای مرتبط با آن (پیوستگی طولی، عرضی، تغییرات کرانه و سایر مداخلات) بر اساس مشاهدات میدانی بدست آمد. در ادامه طبق روش مورداستفاده نسبت به امتیازدهی پارامترهای شاخص ها اقدام شد و در نهایت کیفیت رودخانه خرم رود در دو بخش مورد مطالعه مشخص شد. همچنین جهت محاسبه شاخص ها و ترسیم نمودارهای مورد نیاز از نرم افزارهای آماری Excel، SPSS بهره گرفته شد.

روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی بازبینی شده (rMQI)

روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده بر پایه روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی رودخانه که ابتدا توسط رینادری و همکاران ۲۰۱۳ ارائه شد قرار دارد. با این تفاوت که در این روش برای تعیین درجه تغییر، از سه شاخص سطح فشار، سطح تغییر و عملکرد رودخانه استفاده می شود. این روش بر اساس ۱۲ شاخص فشارهای انسانی، ۱۰ شاخص از تعدیل فرم کانال و ۱۱ شاخص عملکرد پیچان رودشده است. برای ارزیابی احتمال فشارهای انسانی برای چشم انداز زمانی، شاخص ها را بر اساس تأثیر فضایی آنها به چهار گروه (پیوستگی طولی، پیوستگی جانبی، لایه پوششی ساخته شده در بستر رودخانه و اثرات مختلف) تقسیم بندی می شوند. برای ارزیابی تغییرات زمانی حال و گذشته (شرایط مرجع)، از رویکرد دیاکرونیک تنظیم فرم کانال استفاده می شود. شاخص ها بر اساس ابعاد سه بعدی کانال رودخانه در سه گروه (طولی، جانبی و عمودی) تقسیم بندی می شوند. شاخص ها در ارزیابی عملکرد پیچان رودی رودخانه، با مقیاس فضایی و در چهار گروه (داخل دره آبرفتی، داخل دالان فرسایش پذیر، داخل کانال رودخانه و اتصال با دشت سیلابی) تجزیه و تحلیل می شوند (جدول ۱).

جدول (۱): اندیکاتورهای پارامترهای روش rMQI مآخذ: (زاهاریا و همکاران، ۲۰۱۵)

Table (1): Indicators and parameters of the rMQI method Reference: (Zaharia et al., 2015)

rMQI									
اندیکاتورهای فشار (PI)					اندیکاتورهای تغییر (AI)				
امتیاز	دانه	شاخص ها	اندیکاتور فشار	اندیکاتور تغییر	امتیاز	دانه	شاخص ها	اندیکاتور تغییر	اندیکاتور عملکرد
۹۰۰	>۶۶۰	مساحت حوضه بالا دست	فشار	تغییر روند	۵۰۰	<۱۰/۰-۶۶۰	وجود یک دشت سیلابی بزرگ و پیوسته در هر دو طرف طول کرانه	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۶۰۰	A-M-I	تعداد سطح مداخلات در بخش بالادست	پوستگی طولی	تغییر روند	۵۰۰	<۲۲/۰-۹۰/۰	اتصال بین تراس ها و کریدور رودخانه به خصوص ذخیره رسوب در هر دو طرف	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۶۰۰	>۱/۰	تعداد خاکبرزه های محلی یا سدهای تنظیمی در طول رودخانه	پوستگی طولی	تغییر روند	۵۰۰	I-A	شدت جابجایی جانبی مندرها	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۳۰۰	>۱/۰	تعداد بل های محلی در طول رودخانه	پوستگی طولی	تغییر روند	۶۰۰	همان شدت یا شدت >	شدت فرآیندهای میان بردگی	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۶۰۰	<۵/۰-۲۲/۰	طول کرانه حفاظت شده در هر دو طرف	پوستگی طولی	تغییر روند	۳۰۰	I-A	وجود اشکال تراکمی به صورت آبشستگی رسوب	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۳۰۰	<۵/۰-۲۲/۰	طول کرانه باز جنگل کاری شده در هر دو طرف	پوستگی طولی	تغییر روند	۶۰۰	<۲۲/۰-۶۶/۰	طول یک کریدور فرسایش پذیر در هر دو طرف	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۶۰۰	<۱/۰-۵/۰	طول خاکریز های نزدیک یا در تماس در هر دو طرف	پوستگی طولی	تغییر روند	۵۰۰	C تا تغییر به یک دره یا همان دانه	تغییرات در ترکیب پوششی بستر	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۳۰۰	>۱/۰	طول عملیات اصلاحی سنگ چین برای کرانه ها	پوستگی طولی	تغییر روند	۳۰۰	P-A	آوارهای بزرگ در داخل رودخانه	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۶۰۰	A-I	فاصلیت های محلی معادن شن و ماسه	پوستگی طولی	تغییر روند	۶۰۰	P-A	وجود اراضی مرطوب در دریاچه های تعلی شکل	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۵۰۰	A-I	برداشت چوب	پوستگی طولی	تغییر روند	۶۰۰	چندین بار یا هرگز	فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی یا دوره بازگشت بیش از ۲ سال	تغییر روند	داخل دره آبرفتی
۵۰۰	A-I	حذف پوشش گیاهی کناره ها	پوستگی طولی	تغییر روند	۶۰۰	چندین بار یا هرگز	فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی یا دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال	تغییر روند	داخل دره آبرفتی

روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده یک سیستم امتیازدهی است که به وسیله آن می توان به کمی سازی تغییرات همزمان با مقایسه شرایط مرجع اقدام کرد. با استفاده از این روش می توان به طبقه بندی رودخانه 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 می گیرد. امتیاز (۰) فقدان تغییر و (۹) بیشترین امتیاز برای تغییرات بسیار مهم است. امتیاز نهایی هر اندیکاتور در عدد ۱۰۰ ضرب و سپس تقسیم بر مجموع بیشترین امتیاز برای هر اندیکاتور می شود. در نهایت با محاسبه میانگین اندیکاتورها وضعیت کیفیت مورفولوژیکی رودخانه به دست می آید که به صورت درصد بیان می شود. این روش در پنج کلاس طبقه بندی می شود.

کیفیت مورفولوژیکی بسیار خوب (۰-۱۴ درصد) که منعکس کننده وضعیت طبیعی است. کیفیت مورفولوژیکی خوب (۱۵-۲۹ درصد)، کیفیت مورفولوژیکی متوسط (۳۰-۴۹ درصد)، کیفیت مورفولوژیکی ضعیف (۵۰-۶۹ درصد) و یک کیفیت مورفولوژیکی بسیار ضعیف (۷۰-۱۰۰ درصد) که منعکس کننده یک وضعیت به شدت تغییر یافته است.

بحث

بررسی علل وضعیت کیفیت مورفولوژیکی رودخانه خرم رود

کیفیت مورفولوژیکی بازه های بخش اول (شمالی): بررسی نتایج شش بازه این بخش در دوره زمانی مورد مطالعه نشان می دهد که در وضعیت ضعیفی از نظر کیفیت ژئومورفولوژی قرار دارد. شاخص های فشار در پارامترهای فعالیت انسانی (مانند برداشت رسوب، حذف پوشش کرانه ها) (۶۲/۵ درصد) پیوستگی جانبی (۶۰ درصد) و پیوستگی طولی (۴۵/۸۳ درصد) حداکثر تغییرات را داشته است. شاخص های تغییر نیز همانند شاخص های فشار روند مشابهی را نشان می دهند. پارامترهای تعدیل و تغییر روند (۱۰۰ درصد) حداکثر تغییر را دارند. نمونه واضح آن کاهش میانگین عرض کانال از ۵۱ متر در سال ۲۰۰۶ به ۳۷ متر در سال ۲۰۲۵ است. سایر پارامترها:

طول موج مئاندر، شعاع قوس‌ها و خط مرکزی نیز تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را از خود نشان می‌دهند. آثار حفر بستر در بیشتر طول مسیر رودخانه به‌ویژه در پایه پل‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۲). در رابطه با شاخص‌های عملکرد پیچان رودی نیز شواهد گویای دگرگونی هستند این تغییرات در پارامترهای مربوط به داخل کانال (۸۳/۳۳ درصد) و داخل دالان فرسایشی (۵۴/۱۶ درصد) بیشتر قابل تشخیص هستند. هر چند که دو پارامتر داخل دره آبرفتی (۵۰ درصد) و اتصال با دشت سیلابی (۵۰ درصد) وضعیت بهتری ندارند (جدول ۲ - شکل ۲).

جدول (۲): ارزیابی شاخص‌های کیفیت مورفولوژیکی بخش اول رودخانه خرم رود

Table (2): Evaluation of morphological quality indicators of the first section of the Khorramroud River

اندیکاتور	معیار	مجموع امتیاز	امتیاز بخش اول	درصد تغییرات	کلاس
فشار (PI)	پیوستگی طولی	۲۴	۱۱	۴۵/۸۳	متوسط
	پیوستگی جانبی	۱۵	۹	۶۰	ضعیف
	لایه پوششی ساخته شده بر کرانه‌ها	۹	۰	۰	بسیار خوب
	اثرات مختلف	۱۶	۱۰	۶۲/۵	ضعیف
	مجموع	۶۴	۳۰	۴۶/۸۷	متوسط
روند تغییر کانال	طولی و جانبی	۴۲	۴۲	۱۰۰	بسیار ضعیف
	عمودی	۱۸	۱۸	۱۰۰	بسیار ضعیف
	مجموع	۶۰	۶۰	۱۰۰	بسیار ضعیف
تغییرات (AI)	داخل دره آبرفتی	۱۰	۵	۵۰	ضعیف
	داخل دالان فرسایشی	۲۴	۱۳	۵۴/۱۶	ضعیف
	داخل کانال رودخانه	۶	۵	۸۳/۳۳	بسیار ضعیف
	اتصال با دشت سیلابی	۱۸	۹	۵۰	ضعیف
	مجموع	۵۸	۳۶	۶۲/۰۶	ضعیف
rMQI=(PI+AI)/2					۶۳/۹۵
کیفیت نهایی کانال					ضعیف



شکل (۲): الف) برش بستر رودخانه در پایه پل، ب) برش و فرسایش حاشیه رودخانه در بخش اول

Figure (2): A) Incision of river bed at the base of the bridge, B) Incision and river bank erosion in the first section

باتوجه به امتیازات به‌دست‌آمده از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۵ در این بخش مشخص شد تنها بازه ۲ (خروجی تنگ شبیخون) وضعیت مناسب‌تری نسبت به دیگر بازه‌ها دارد. کریدور رودخانه در این بازه به علت محصور بودن در

فضای کوهستانی کمتر تحت تأثیر مداخلات قرار گرفته؛ اما در سطح حوضه تحت تأثیر کاهش پوشش جنگلی قرار گرفته است. تهدید دیگری که این بازه با آن مواجهه خواهد بود ساخت و احداث سد مخمل کوه است که از سال ۱۳۹۸ به بعد در دستور کار قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بازه های (۱-۳-۴-۵ و ۶ از تنگ شبیخون تا پل فلک الدین) دچار تغییرات بسیار شدیدی از نظر شاخص‌های فشار و شاخص‌های تغییر شده‌اند. رودخانه در این بازه‌ها هرچه به منطقه شهری نزدیک‌تر می‌شود میزان تغییرات در آن بسیار بیشتر می‌شود. در بازه‌های ۳ و ۴ به‌ویژه در دهه گذشته به علت افزایش روزافزون قیمت زمین جهت ساخت مناطق ویلایی و باغ ویلا، در سطح حوضه تغییرات کاملاً نمایان است. در داخل کریدور نیز برداشت غیرمجاز شن و ماسه و تعرض به حریم رودخانه از دلایل مهم این تغییرات بشمار می‌آیند (شکل ۳).



شکل (۳): (الف) برداشت غیر مجاز شن و ماسه از بستر رودخانه، (ب) معدن برداشت شن و ماسه، (ج) فرسایش کناره ای رودخانه، (د) اشغال دشت سیلابی در بخش اول رودخانه خرم رود

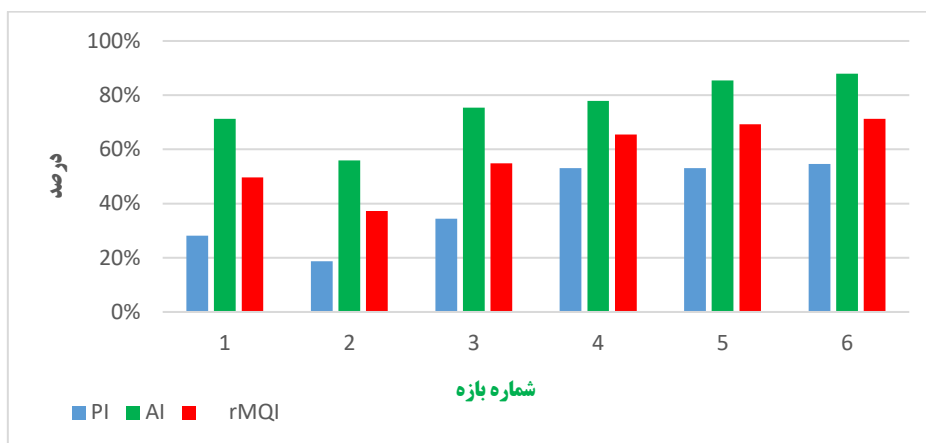
Figure (3): a) Illegal extraction of sand from the riverbed, b) Sand mining, c) River bank erosion, d) Occupying the floodplain In the first part of the Khorram Rud River

اوج این اثرگذاری در بازه‌ها ۵-۶ (کیفیت مورفولوژی بسیار ضعیف) است نقش فعالیت‌های انسانی در تغییر کاربری زمین، توسعه مناطق شهری، برداشت غیرمجاز و وجود معدن شن و ماسه، دخل و تصرف در حریم رودخانه و اصلاح مسیر رودخانه باعث شده که رودخانه بیشترین میزان تغییرات در این بازه‌ها را داشته باشد به‌گونه‌ای که رودخانه از حالت طبیعی خود خارج شده است. (جدول ۳، شکل ۴).

جدول (۳): شاخص کیفیت مورفولوژیکی بازه‌ها در بخش اول رودخانه خرم رود

Table (3): Morphological quality index of reaches in the first section of the Khorramrud River

بازه	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه ۴	بازه ۵	بازه ۶
فشار (PI) - درصد	۲۸/۱۲	۱۸/۷۵	۳۴/۳۷	۵۲/۱۲	۵۲/۱۲	۵۴/۶۳
تغییرات کانال (AI) - درصد	۷۵/۳	۵۵/۸۶	۷۵/۳۶	۷۷/۹۳	۸۵/۵۱	۸۷/۹۳
شاخص کیفیت (Rmqi) (درصد)	۴۹/۷۱	۳۷/۳	۵۴/۸۵	۶۵/۵۲	۶۹/۳۱	۷۱/۲۸
کلاس	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	بسیار ضعیف	بسیار ضعیف



شکل (۴): نمودار مقادیر فشار و تغییرات کانال و کیفیت مورفولوژی در بازه های بخش اول رودخانه خرم رود

Figure (4): Diagram of pressure values and channel changes and morphology quality in the reaches of the first part of the Khorramrud River

کیفیت مورفولوژیکی بازه های بخش جنوبی: نتایج برای بخش جنوبی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۵ از نظر شاخص های فشار مقدار ۴۶/۸۷ درصد را نشان می دهد. میزان مداخلات انسانی در این بخش نیز تاثیر قابل توجهی بر کیفیت آن گذاشته است. بررسی تصاویر ماهواره ای و مشاهدات میدانی نشان دهنده تغییرات بسیاری زیاد می باشد. شاخص های فشار در بخش دوم به طور فزاینده ای در حال رشد می باشد. شاخص های پیوستگی طولی (۵۸/۳۳ درصد)، پیوستگی جانبی (۵۳/۳۳ درصد) و اثرات مختلف (تجاوز به حریم رودخانه، تغییرات کاربری، تغییر الگوی کشت و...) (۵۰ درصد) بیشترین تغییرات را نشان می دهند. شاخص های تغییرات کانال (۸۰ درصد) گویای کیفیتی ضعیف تا بسیار ضعیف می باشند. در این شاخص ها هرچند تغییرات قابل ملاحظه ای در پارامترهای طول موج مئاندرها و طول خط مرکزی رخ نداده اما هشت پارامتر دیگر دارای حداکثر تغییرات هستند. به عنوان نمونه میانگین عرض کانال در این بازه از ۳۷/۰۷ متر در سال ۲۰۰۶ به ۴۸/۴ متر در سال ۲۰۲۵ تغییر وضعیت داده و همچنین شاخص های مربوط به تغییرات عمودی باتوجه به مشاهدات و برداشت های میدانی تغییرات شدیدی را طی این دوره زمانی داشته است (شکل ۵).



شکل (۵): (الف) برش بستر رودخانه در پایه پل، (ب) برش و فرسایش حاشیه رودخانه در بخش دوم رودخانه خرم رود

Figure (5): A) Incision of river bed at the base of the bridge, B) Incision and river bank erosion in the second section of the Khorram Rud River

از نظر شاخص‌های عملکرد مئاندرشدگی بیشترین تغییرات مربوط به داخل دالان فرسایشی (۶۶/۶ درصد)، داخل دره آبرفتی (۶۰ درصد) اتصال با دشت سیلابی (۵۰ درصد) و داخل کانال رودخانه (۳۳/۳ درصد) است (جدول ۴).

جدول (۴): ارزیابی شاخص‌های کیفیت مورفولوژیکی بخش دوم رودخانه خرم رود

Table (4): Evaluation of morphological quality indicators of the second section of the Khorramroud River

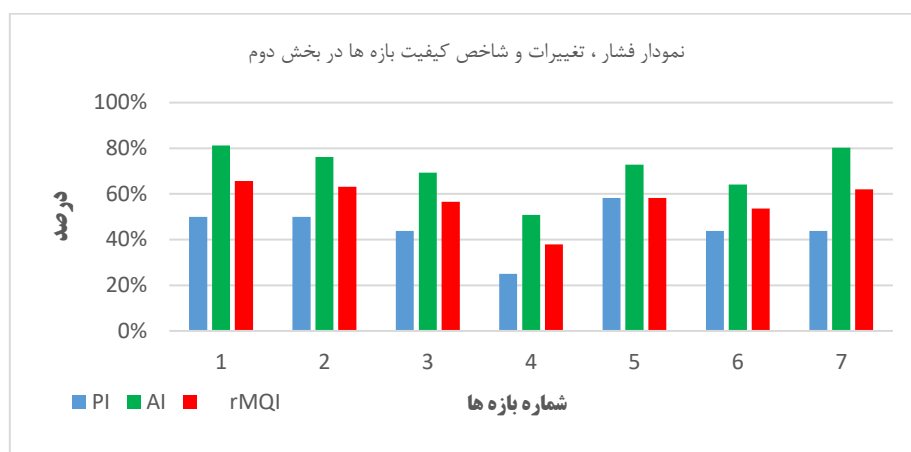
Table (7): Evaluation of morphological quality indicators of the second section of the KhorrAmrood River							
اندیکاتور		معیار	مجموع امتیاز	امتیاز بخش دوم	درصد تغییرات	کلاس	
فشار (PI)	فشار	پیوستگی طولی	۲۴	۱۴	۵۸/۳۳	ضعیف	
		پیوستگی جانبی	۱۵	۸	۵۳/۳۳	ضعیف	
		لایه پوششی ساخته شده بر کرانه ها	۹	۰	۰	بسیار خوب	
		اثرات مختلف	۱۶	۸	۵۰	ضعیف	
		مجموع	۶۴	۳۰	۴۶/۸۷	متوسط	
تغییرات (AI)	روند تعدیل/ تغییر کانال	طول و جانبی	۴۲	۳۰	۷۵	بسیار ضعیف	
		عمودی	۱۸	۱۸	۱۰۰	بسیار ضعیف	
		مجموع	۶۰	۴۸	۸۰	بسیار ضعیف	
عملکرد پیچان رودی		داخل دره آبرفتی	۱۰	۶	۶۰	بسیار ضعیف	
		داخل دالان فرسایشی	۲۴	۱۶	۶۶/۶	ضعیف	
		داخل کانال رودخانه	۶	۲	۳۳/۳	متوسط	
		اتصال با دشت سیلابی	۱۸	۹	۵۰	ضعیف	
		مجموع	۵۸	۳۳	۵۶/۸۹	ضعیف	
کیفیت نهایی کانال		rMQI =(PI+AI)/2				۷۵/۶۵	ضعیف

با بررسی‌های انجام شده از هفت بازه این بخش مشخص شد که شاخص‌های فشار در سطح بسیار بالاتری از ظرفیت رودخانه قرار دارند. بازه‌ها ابتدایی (۱-۲-۳) این بازه به علت نزدیکی به منطقه شهری دستخوش تغییرات روزافزون هستند. توسعه شهری، تغییر الگوی کشت، ایجاد کانال‌های انحرافی بیشترین اثرگذاری را در این بازه‌ها داشته‌اند. تغییرات در بازه‌ها (۵-۶-۷) بیشتر مربوط به قسمت شرقی رودخانه می‌باشد. در این بازه‌ها حذف پوشش جنگلی کرانه‌ها، تغییر الگوی کشت، تخریب پادگانه‌های رودخانه‌ای جهت کشاورزی، احداث کانال‌های انحرافی و جابجایی بستر بویژه در بازه ۷ از عوامل تاثیر گذار هستند. تنها در بازه ۴ به علت واقع شدن در فضای کوهستانی شرایط بهتری نسبت به بقیه بازه‌ها دارد. تداوم این فشارها در دوره زمانی مورد بررسی (۲۰۰۶-۲۰۲۵) تغییرات در اندیکاتورهای تغییر کانال و عملکرد پیچان‌رودی را به دنبال داشته و باعث شده که کیفیت رودخانه در این بخش در وضعیت ضعیفی قرار بگیرد (جدول ۵، شکل ۶).

جدول (۵): شاخص کیفیت مورفولوژیکی بازه‌ها در بخش دوم رودخانه خرم رود

Table (5): Morphological quality index of reaches in the second section of the Khorramroud River

بازه	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه ۴	بازه ۵	بازه ۶	بازه ۷
فشار (PI) - درصد	۵۰	۵۰	۴۳/۷۵	۲۵	۵۸/۲۵	۴۳/۷۵	۴۳/۷۵
تغییرات کانال (AI) - درصد	۸۱/۲	۷۶/۲	۶۹/۳۱	۵۰/۸۶	۷۲/۷۵	۶۴/۱۳	۸۰/۱۷
شاخص کیفیت (Rmqi) (درصد)	۶۵/۶	۶۳/۱	۵۶/۵۳	۳۷/۹۳	۵۸/۲۵	۵۳/۶۴	۶۱/۹۶
کلاس	ضعیف	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف



شکل (۶): نمودار مقادیر فشار و تغییرات کانال و کیفیت مورفولوژی در بازه های بخش دوم رودخانه خرم رود
Figure (6): Diagram of pressure values and channel changes and morphology quality in the reaches of the second part of the Khorramrud River

نتایج حاصل از بررسی و ارزیابی کیفیت رودخانه خرم رود در بخش های مورد مطالعه طی سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۵ کیفیت مورفولوژیکی ضعیفی را نشان می دهند. تغییرات قابل ملاحظه ای در هر دو بخش رخ داده است به گونه ای که کیفیت مورفولوژیکی بخش اول ۶۳/۹۵ درصد و کیفیت مورفولوژیکی بخش دوم ۵۷/۶۵ درصد در کلاس کیفیت ژئومورفولوژی ضعیف قرار می گیرند. این وضعیت ناشی از شاخص های فشار ۴۶/۸۷ درصد و شاخص های تغییر ۸۱/۰۳ درصد در بخش اول و در بخش دوم شاخص های فشار ۴۶/۸۷ درصد و شاخص های تغییر ۶۸/۴۶ درصد حاصل شده است (جدول ۶-۷، شکل ۷).



شکل (۷): مقایسه شاخص های کیفیت مورفولوژیک در بخش بالای و پایینی شهر خرم آباد در رودخانه خرم رود
Figure (7): Comparison of morphological quality indicators in the upper and lower parts of Khorramabad city on the Khorram Rud River

جدول (۶): کیفیت مورفولوژیکی بخش اول رودخانه خرم رود

Table (6): Morphological quality of the first section of the Khorram Rud River

کیفیت مورفولوژی بخش اول سال ۲۰۰۶-۲۰۲۵									
اندیکاتورهای تغییر (AI)					اندیکاتورهای فشار (PI)				
اندیکاتور عملکرد پیچانرودی			اندیکاتور تغییر / روند تعدیل کانال			اندیکاتورهای فشار			
شاخص ها	دامنه	امتیاز	شاخص ها	دامنه	امتیاز	شاخص ها	دامنه	امتیاز	
داخل دره آبرفتی			تغییرات طولی و جانبی			پیوستگی طولی			
وجود یک دشت سیلابی بزرگ و پیوسته در هر دو طرف طول کرانه	>۰/۶۶- <۰/۱۰	۳	طول موج مناندر	C	۶	مساحت حوضه بالا دست	>۰/۶۶- <۰/۱۰	۰	
اتصال بین تراس ها و کریدور رودخانه به خصوص ذخیره رسوب در هر دو طرف	>۰/۹۰- <۰/۳۳	۳	طول خط مرکزی رود	C	۶	دیگر سطح مداخلات در بخش بالادست	I	۶	
داخل دالان فرسایشی			شاخص سینوزیته	C	۶	تعداد خاکریزهای محلی یا سدهای تنظیمی در طول رودخانه	>۱/۱-۰	۳	
شدت جابجایی جانبی مناندرها	I	۵	دامنه تغییرات عرضی کانال در بازه	C	۶	تعداد پل های محلی در طول رودخانه	>۱/۱-۰	۲	
شدت فرآیند های میان بردگی	I	۶	عرض کانال	C	۶	پیوستگی جانبی			
وجود اشکال تراکمی به صورت انباشتگی رسوب	M	۲	شعاع قوس خمیدگی	C	۶	طول کرانه حفاظت شده در هر دو طرف	<۰/۵	۰	
طول یک کریدور فرسایش پذیر در هر دو طرف	۱۶۶-۲۳	۳	نسبت شعاع به عرض	C	۶	طول کرانه باز جنگل کاری شده در هر دو طرف	>۰/۳۳- <۰/۵	۳	
داخل کانال رودخانه			تغییرات عمودی			طول خاکریز های نزدیک یا در تماس در هر دو طرف			۶
تغییرات در ترکیب پوششی بستر	C	۵	مساحت مقطع عرضی	NT	۶	لایه پوششی ساخته شده برای کرانه ها			
الوارهای بزرگ در داخل رودخانه	P	۰	پیشینه عمق رودخانه	NT	۶	طول عملیات اصلاحی سنگ چین	>۱/۱-۱	۰	
اتصال با دشت سیلابی			نسبت عرض به میانگین عمق	NT	۶	طول عملیات اصلاحی نسبت به طول رودخانه	>۰/۱۰	۰	
وجود اراضی مرطوب در دریاچه های نعلی شکل			A	۰	اثرات مختلف				
فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی			چندین بار یا هرگز	۳	فعالیت های محلی معادن شن و ماسه				
فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی			چندین بار یا هرگز	۶	برداشت چوب				
فقدان، M متوسط، اشدید، NC بدون تغییر، T تغییر، R روند، NT بدون P وجود			حذف پوشش گیاهی کناره	M	۲				
شاخص تغییر = $۱۰۰ * (۲/۱۰۰ + ۶۲/۰۶) = ۸۱/۰۳$ درصد					شاخص فشار = $۱۰۰ * ۶۴/۳۰ = ۴۶/۸۷$ درصد				
شاخص کیفیت = $(۸۱/۰۳ + ۴۶/۸۷) = ۲/۱۰۰$ درصد									

جدول (۷): کیفیت مورفولوژیکی بخش دوم رودخانه خرم رود

Table (7): Morphological quality of the second section of the Khorramrud River

کیفیت مورفولوژی بخش دوم سال ۲۰۰۶-۲۰۲۵														
اندیکاتورهای فشار (PI)					اندیکاتور های تغییر (AI)									
اندیکاتورهای فشار					اندیکاتور تغییر/ روند تعدیل		اندیکاتور عملکرد پیچانرودی							
					کانال									
امتیاز		دامنه		شاخص ها	امتیاز		دامنه		شاخص ها					
پیوستگی طولی					تغییرات طولی و جانبی		داخل دره آبرفتی							
۰		>۰-۶۶		مساحت حوضه بالا دست	۶		C		طول موج مناندر	۳		<۰/۰-۱۰/۶۶		وجود یک دشت سیلابی بزرگ و پیوسته در هر دو طرف طول کرانه
۶		I		دیگر سطح مداخلات در بخش بالادست	۰		NC		طول خط مرکزی رود	۳		۰-/۹۰<۰/۳۳		اتصال بین تراس ها و کریدور رودخانه به خصوص ذخیره رسوب در هر دو طرف
۶		>۱/۱-۰		تعداد خاکریزها یا سدهای تنظیمی در طول رودخانه	۰		NC		شاخص سینوزیته	داخل دالان فرسایشی				
۲		>۱/۱-۰		تعداد پل های محلی در طول رودخانه	۶		C		دامنه تغییرات عرضی کانال در بازه	۲		M		شدت جابجایی جانبی مناندرها
پیوستگی جانبی					۶		C		عرض کانال	۶		I		شدت فرآیند های میان بردگی
۰		<۰/۵		طول کرانه حفاظت شده در هر دو طرف	۶		C		شعاع قوس خمیدگی	۲		M		وجود اشکال تراکمی به صورت انباشتگی رسوب
۲		۰-/۳۳<۰/۵		طول کرانه باز جنگل کاری شده در هر دو طرف	۶		C		نسبت شعاع به عرض	۶		<۰/۶۶		طول یک کریدور فرسایش پذیر در هر دو طرف
۶		<۵/۰		طول خاکریز های نزدیک یا در تماس در هر دو طرف	تغییرات عمودی					داخل کانال رودخانه				
لایه پوششی ساخته شده برای کرانه ها					۶		NT		مساحت مقطع عرضی	۲		C		تغییرات در ترکیب پوششی بستر
۰		>۱/۰-۱		طول عملیات اصلاحی سنگ چین	۶		NT		پیشینه عمق رودخانه	۰		A		الوارهای بزرگ در داخل رودخانه
۰		>۰-۱۰		طول عملیات اصلاحی نسبت به طول رودخانه	۶		NT		نسبت عرض به میانگین عمق	اتصال با دشت سیلابی				
اثرات مختلف										۰		A		وجود اراضی مرطوب در دریاچه های نعلی شکل
۰		A		فعالیت های محلی معادن شن و ماسه						۳		چندین بار یا هرگز		فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی با دوره بازگشت بیش از ۲ سال
۳		M		برداشت چوب						۶		چندین بار یا هرگز		فرکانس سیل های موثر از نظر ژئومورفولوژیکی با دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال
۵		I		حذف پوشش گیاهی کناره						A:فقدان، M:متوسط، I:شدید، NC:بدون تغییر، C:تغییر، T:روند، NT:بدون روند، P:وجود				
شاخص فشار=۱۰۰*۶۴/۳=۴۶/۸۷ درصد										شاخص تغییر =۶۸/۴۴=۲/۸۰+۵۶/۸۹ درصد				
شاخص کیفیت=۲/(۶۸.۴۴+۴۶.۸۷)=۵۷/۶۵ درصد														

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از روش rMQI در هر دو بخش به خوبی نشان دهنده وضعیت غیرطبیعی رودخانه خرم رود است. بخش اول از نظر کیفیت مورفولوژیکی با امتیاز $63/65$ درصد در طبقه بندی ضعیف قرار گرفته است، در بخش اول توسعه مناطق شهری و روستایی، تخریب پوشش جنگلی کرانه ها، تعرض به حریم رودخانه، برداشت رسوبات و جابه جایی بستر و در بخش دوم شاخص کیفیت مورفولوژیکی امتیاز $57/65$ درصد را نشان می دهد که گویای کیفیت ضعیف آن می باشد. تخریب پوشش جنگلی کرانه ها، تغییر الگوی کشت، تخریب پادگانه های رودخانه ای جهت کشاورزی، احداث کانال های انحرافی و جابجایی بستر از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر تغییر رفتار رودخانه هستند. رودخانه خرم رود دچار شرایط شکننده ای شده و به نظر می رسد با توجه به تداوم این شرایط و در برخی از موارد با تشدید شاخص های فشار وضعیت این رودخانه را حادثر کند. در این بین تنها بازه ۲ در بخش شمالی و بازه ۴ در بخش جنوبی شرایط بهتری دارند. علت این امر می تواند ناشی از شرایط فیزیکی این بازه ها باشد.

بنابراین، جهت بازگردانی رفتار طبیعی مورفولوژیکی رودخانه، انجام اقدامات اصلاحی مانند حفظ حریم و بستر رودخانه، عدم برداشت رسوب و از همه مهم تر مدیریت کاربری ارضی در سطح حوضه و کاربری های واقع در بستر و حریم رودخانه مورد نیاز است. از آنجایی که وابستگی معیشتی ساکنان حاشیه رودخانه به کشاورزی و تأثیر عوامل مختلف محیطی، اقتصادی و اجتماعی از چالش های اقدامات اصلاحی است، لذا پیشنهاد می گردد این اقدامات از طرف سیاست گذاران و مدیران باید به گونه ای انجام پذیرد که رعایت حقوق عرفی مالکان و بهره برداران را نیز در نظر بگیرد.

روش شاخص کیفیت مورفولوژی بازبینی شده رودخانه (rMQI) روشی جامع برای ارزیابی شاخص های مؤثر بر تغییرات مورفولوژیکی رودخانه ها ناشی از فعالیت های انسانی است. زیرا این روش، شاخص های فشار و تغییرات را در یک چارچوب نسبتاً منسجم و در مقیاس های مختلف فضایی، از بازه گرفته تا واحدهای ژئومورفیک و هیدرولیک در نظر می گیرد. همچنین با ترکیب یافته ها، می توان مسائل کلیدی را در خصوص کیفیت مورفولوژیکی رودخانه شناسایی کرد. علاوه بر این با تعیین اولویت ها و تدوین راهبردها به منظور مدیریت رودخانه و بهبود وضعیت اکولوژیکی رودخانه کمک کند.

References

- Brierly, G.J & Fryirs, K. A. (2005). *Geomorphology and River Management Application of the River Style*. UK: Blackwell Publishing, London.
- Brierley, G., Fryirs, K.A., Jain, V. (2006). Landscape connectivity: The geographic basis of geomorphic applications. *Area* 2006. 38, 165–174.
- Brierley, G.J., Fryirs, K.A., Boulton, A., Cullum, C. (2008). Working with change: The importance of evolutionary perspectives in framing the trajectory of river adjustment. In *River Futures: An Integrative Scientific Approach to River Repair*. Society for Ecological Restoration International.
- Brierley, G., & Fryirs, K.A. (2008). Society for Ecological Restoration International, Island Press: Washington, DC, USA, 2008.
- Downs, P.W., & Gregory, K.J. (2004). *River Channel Management: Towards Sustainable Catchment Hydrosystems*. Edward Arnold, London (395 pp.).
- Esmaili, R. & Valikhani, S. (2013). Evaluation and analysis of hydromorphological conditions of Lavij River using morphological quality index. *Quantitative Geomorphology Research*. 2(4), 37-53.

- Esmaili, R. & Nourizadeh Nesheli, N. (2024). Evaluation of the morphological changes of Haraz river following human pressures in the Amol city, Mazandaran. *Hydrogeomorphology*, 11(40): 40 – 57.
- Golfieri, B, Suriana, N, Hardersen, S. (2018). towards a more comprehensive assessment of river corridor conditions: A comparison between the Morphological Quality Index and three biotic indices, *Journal Ecological Indicators*, 84, 525-534.
- Habersack, H., & Piégay, H. (2008). River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges. In *Gravel- Bed Rivers VI—From Process Understanding to River Restoration, Developments in Earth Surface Processes*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 703–738.
- Hajdukiewicz, H., Wy' zga, B., Miku's, P., Zawiejska, J., Radecki-Pawlik, A. (2016). Impact of a large flood on mountain river habitats, channel morphology, and valley infrastructure. *Geomorphology* 2016, 272, 55–67.
- Ilanloo, M., & Karam, A. (2020). Assessment of hydromorphological conditions of the river using the MQI method (Case study area: JAJROOD River). *Jgs*, 20 (56) ,35-53 (In Persian). <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3017-fa.html>.
- Nosrati, K., Rostami, M. and Etminan, Z. (2020). Assessment of Taleghan River Hydrogeomorphological Conditions Using Morphological Quality Index. *Hydrogeomorphology*. 6 (21), 133-154.
- Khaleghi, S., Hosseinzadeh, M.M., and Hashemi Boueini, Z. (2021). The Assessment and Analysis of the Hydromorphological Condition of Haji- Arab River, Bouein Zahra County. *Geography and environmental sustainability Journal*, 11 (2), 75-89. DOI: 10.22126/GES.2021.6068.2363.
- Khosravi, Gholamreza, Teimouri, Mehdi. (2024). Evaluating and Determining the Morphological State of Khormaroud River Using integrated Approach of the MQI and MQIm Indices. *Hydrogeomorphology*, 11(41): 162 – 178.
- Khorshiddoost, A., Mohammad, R., Banafsheh., Mir Hashemi, H., Kakolvand, Y. (2015). Investigating the trend of precipitation and discharge changes in the Karkheh River basins using nonparametric methods, case study: Kashkan basin, *Journal of Irrigation Science and Engineering*, Volume 38,. 177-188.
- Leopold, L. B., & Wolman, M. G. (1957). *River channel patterns: braided, meandering, and straight*. US Government Printing Office.
- Muller, H., Horbinger, S., Franta, F., Mendes, A., Li, J., Cao, P., Baoligao, B., Xu, F., Rauch, H.P. (2022). Hydromorphological assessment as the basis for ecosystem restoration in the Nanxi River Basin (China). *Land*. 11(2), 193. <https://doi.org/10.3390/land11020193>.
- Müller, H., Hörbinger, S., Franta, F., Mendes, A., Li, J., Cao, P., Baoligao, B., Xu, F., Rauch, H.P. (2022). Hydromorphological Assessment as the Basis for Ecosystem Restoration in the Nanxi River Basin (China). *Land* 2022, 11, 193.
- Ollero, A. (2010). Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology* 2010, 117, 247–260.
- Resh, V. H., A. V. Brown, A. P. Covich, M. E. Gurtz, H. W. Li, G. W. Minshall, S. R. Reice, A. L. Sheldon, J. B. Wallace, and R. Wissmar. (1988). The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 7:pp433-455.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussetini, M. (2012). *Guidebook for the Evaluation of Stream Morphological Conditions by the Morphological Quality Index (MQI)*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma (90 pp).

- 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* 180–181, 96–108.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M. (2016). *Sistema di Valutazione Idromorfologica, Analisi e Monitoraggio dei Corsi d'acqua—Versione Aggiornata 2016*; ISPRA: Roma, Italy, 2016.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M. (2010). *Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d'acqua—Manuale tecnicooperativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua-Versione 0*. In Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale; ISPRA: Roma, Italy, 2010; p. 191. ISBN 978-88-448-0438-1.
- Rinaldi, M., Belletti, B., Bussettini, M., Comiti, F., Golfieri, B., Lastoria, B., Marchese, E., Nardi, L. and Surian, N. (2017). hydromorphological assessment and European streams. *Journal of Environmena Management*. 202, 363-378.
- Rosgen, D.L. (1994). A classification of naturalrivers. *Catena*. 22(3), 169-199.
- Scorpio, V., Rosskopf, C.M. (2016). Channel adjustments in a Mediterranean river over the last 150 years in the context of anthropic and natural controls. *Geomorphology* 275, 90–104.
- Surian, N., & Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology* 50 (4), 307–326.
- Talebi, Z., Ayyoubzadeh, S. A., Mostafavi, H., Hosseinzadeh, M. M., & Shafizadeh, H. (2024).Morphological Analysis and Assessment of a River Based on Morphological Characteristics, Artificial Structures and Channel Adjustment (Case Study: Talar River - Upstream of the Shirgah). *Environmental Sciences*, 22(1), 21-38.
- Tockner, K., and J. A. Stanford. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29:pp308-330.
- Yaghoob Nejad ASL, N., Esfandiary Darabad, F., Asghari, S. and Karam, A. (2020). Evaluation of morphological status of Taleghan River from 2006 to 2016. *Quantitative Geomorphological Research*.9(1), 67-85.
- Wyżga, B. (2008). A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century. *Gravel-Bed Rivers VI – Fromprocess understanding to river restoration*.In: Habersack, H., Piégay, H., Rinaldi, M. (Eds.), *Developments in Earth Surface Processes*. 11. Elsevier, pp. pp525–555.
- 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, Polish Carpathians. *Cultural landscapes of river valleys*. Agricultural University in Kraków, Kraków, 145- 164.
- Wyżga, B., Zawiejska, J., Radecki-Pawlik, A., Hajdukiewicz, H. (2012). Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian Rivers. *Earth Surf. Process. Landf*. 2012, 37, 1213–1226.
- Zaharia, G. I. & 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.