



Hydrogeomorphological analysis of the Khorram-Rood River in the urban area of Khorramabad

Ali Abdolmaleki¹✉, Abdolmajid ahmadi²

1. (Corresponding Author) Department of Geography Faculty of literature and human sciences University of Kermanshah Iran.

Email: a.abdolmaleki@razi.ac.ir

2. Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Razi University of Kermanshah, Iran

Email: majid.ahmadi88@gmail.com

Article Info

Article Type:

Research Article

Article History:

Received:

1 Nov 2025

Received in revised form:

11 Feb 2026

Accepted:

6 May 2026

pp.113-134

Keywords:

IHG hydromorphological index,
river morphology,
Khorramrod River,
Khorramabad

ABSTRACT

Rivers, as key elements in ecological sustainability and urban development, have undergone extensive hydrogeomorphological changes under the influence of human interventions. In the present study, the hydrogeomorphological quality of the KhorramRood River in the urban area of Khorramabad city has been evaluated using the IHG index. Using the IHG hydrogeomorphological index, the river's main course was divided into seven (intervals) and the value of this index was determined for each interval. The IHG index evaluates 9 parameters in three groups (quality of river performance, channel morphology, and riverside vegetation). The value of each parameter ranges from 1 to 10, corresponding to the natural condition and function of the river basin. The research data included topographic and geological maps, satellite images, spatial files, and field observations, which were analyzed using ArcGIS software. The results showed that intervals 1 and 6 were in poor condition, interval 7 was in intermediate condition and showed potential for ecological restoration, while intervals 2, 3, 4 and 5 were in very poor quality due to severe human interference (change in morphological pattern, creation of engineering structures in the riverbed, interruption of the main waterway, construction in the floodplain and change of use of the river floodplain area to residential and recreational use). The findings indicate that the intensity of human intervention and the preservation of the natural structure of the river are determining factors in ecological and geomorphological quality.

Cite this article: abdolmaleki,A and ahmadi,A . (2026). Hydrogeomorphological analysis of the Khorram-Rood River in the urban area of Khorramabad. *Quantitative Geomorphological Research*, 15(1), 113-134.

Doi: [10.22034/gmpj.2026.572744.1599](https://doi.org/10.22034/gmpj.2026.572744.1599)

Extended Abstract

Introduction

It is very important to assess the hydromorphological quality of rivers with the aim of managing and preventing the loss of their natural and geomorphological functions. To prevent the destruction of rivers and aquatic ecosystems, it is necessary to think of a solution and adopt an approach to protect the environment and natural functions of rivers. The approaches that are considered in leading countries in the field of river restoration are all based on maximum efforts to return the river to its pre-manipulation state. In recent years, due to the expansion of urbanization, encroachment on the river's boundaries, river organization with traditional engineering methods such as channelization and river straightening, land use change, sand and gravel extraction from the river, etc., have caused serious damage to the Khorram-Rud River ecosystem. Reducing the flow section, reducing the basin concentration time, increasing the volume of runoff and floods, and destroying the ecological environment in the river water are among the issues that result from the unprincipled use of the natural environment and river system (river basin and channel) by humans. All these factors affect the hydromorphological conditions of the river and its natural function, and therefore there is a need to evaluate the hydromorphological conditions of the Khorram-Rud River. Accordingly, in the present study, the hydrogeomorphological quality of the Khorram-Rud River in the urban area of Khorram-Abad was evaluated. Using the IHG hydrogeomorphological index, the main course of the river was divided into seven (intervals) and the value of this index was determined for each interval. The IHG index evaluates 9 parameters in three groups (quality of river performance, channel morphology, and riverside vegetation). The value of each parameter is between 1 and 10, corresponding to the natural condition and function of the river basin. Based on the results, intervals 1 and 6 have poor condition, intervals 7 have good condition, and intervals 2,3,4 and 5 have very poor quality due to human interference (including

changes in the morphological pattern, creation of engineering structures in the riverbed, interruption of the main waterway, construction in the floodplain, and change of use of the river floodplain area to residential and agricultural use). Also, the quality of the hydrogeomorphology of the urban interval of the river has the most negative effects due to the expansion of urban and residential space, and indiscriminate extraction of sand.

Methodology

The study area is one of the important branches of the Kashkan River, which collects the water of a large part of the city of Khorramabad and flows into the Kashkan River. The headwaters of this river are the Zahabi, Azadi, and Cham Chaqal rivers from the slopes of the Rimleh and Sefidkooh mountains in the north and northwest of Khorramabad. After passing through the city of Khorramabad, this river flows into the Kashkan River at a distance of 30 km. The average annual rainfall in this area is between 450 and 500 mm per year. The catchment area has a relative precipitation in the form of snow. A review of the geological maps of the region shows that more than half of the city area (from north to south) is covered by alluvial units. The formations that are exposed in the region include the Gurpi, Amiran, Kozhdami, Bakhtiari, Kashkan, Mishan formations, and sediments of alluvial deposits. This research has an applied aspect due to the identification of vulnerable areas based on hydrological, morphological and ecological characteristics, and on the other hand, due to the investigation of the impact of human interventions on the hydrogeomorphological characteristics of the river in urban areas and the application of the results in urban management basins and the provision of management solutions for river restoration and organization. The data used in this research include 1:50,000 topographic maps, 1:100,000 geological maps, 12.5 m digital elevation model (DEM) and Google Earth images. In order to complete the research analysis process, a field visit to the study area was carried out. The mapping index was used to obtain parameters such as the width and depth of the river, and the GPS device was used to obtain the coordinates of the

points. Finally, in order to achieve the research objectives, the hydromorphological assessment and analysis of the river was carried out using the hydrogeomorphological index (IHG).

Results and discussion

In this study, the hydromorphological conditions of the Khorram-Rud River in the urban area have been investigated using the hydrogeomorphology index (IHG). Based on the results of the three parameters of river functional quality, morphological quality, and riverside vegetation, it can be concluded that due to human interventions and activities, including the expansion of urban physical space and constructions on the riverside, the construction of structures and transverse intersections (dams, bridges, culverts), the creation of impermeable surfaces, river smoothing, changing channel dimensions, channel stabilization, etc., on the riverside, sand and gravel extraction has undergone severe changes in functional, morphological, and vegetation conditions.

Conclusion

The results of the hydrogeomorphological assessment in the light of three factors - namely, the functional quality of the river system, the quality of channel morphology and the quality of the riparian corridor - show that human pressures have had different effects on the river channel and floodplain. Depending on their specific characteristics, the river system responds differently to human interventions. Regarding the functional quality, the findings show that human disturbances such as urbanization, construction in the floodplain and riverbed, and sand and gravel extraction have directly affected the riverbed and reduced its quality. The poor morphological quality can be attributed to human intervention through the construction of bridges, sand and gravel extraction and the creation of diversions and channels. All of these have destroyed biodiversity and natural vegetation and put the dynamics and ecological status of the rivers at risk. The main human interventions in the Khorram-Rud River Basin that have affected the river are the construction of residential buildings, urban development projects (streets, parks and gardens), excessive sand extraction,

construction of watershed management projects (without considering changes in the flow regime and sedimentation, disrupting the dynamic balance of the river), and the creation of impermeable surfaces. Most of these manipulations have irreversible and sometimes destructive consequences. On the other hand, indiscriminate sand extraction has contributed to lateral cutting of the river and lowering of the riverbed, and has had adverse effects on the riverbank and natural sedimentation areas in the riverbed. In addition, the floodplain has been used for construction projects. All of these indicate the unstable state of the river, which is caused by the increasing speed of human activities and the loss of the natural function of the river channel. Overall, the study of the hydrogeomorphological quality of the Khorram-Rud River in seven urban areas shows that the areas that are most affected by human intervention have much lower quality and have departed from their natural state of stability.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

تحلیل هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه خرم رود در محدوده شهری خرم‌آباد

علی عبدالملکی^۱ ✉، عبدالمجید احمدی^۲

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه a.abdolmaleki@razi.ac.ir

۲- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: majid.ahmadi88@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۲/۱۶

صص. ۱۳۴-۱۱۳

واژگان کلیدی:

شاخص هیدروژئومورفولوژیکی IHG،
مورفولوژی رودخانه،
رودخانه خرم رود،
خرم‌آباد

رودخانه‌ها به‌عنوان عناصر کلیدی در پایداری اکولوژیکی و توسعه شهری، تحت تأثیر مداخلات انسانی دچار تغییرات هیدروژئومورفولوژیکی گسترده‌ای شده‌اند. در پژوهش حاضر، کیفیت هیدروژئومورفولوژی رودخانه خرم رود در بازه شهری شهر خرم‌آباد، از شاخص IHG بهره گرفته است. با استفاده از شاخص هیدروژئومورفولوژیکی IHG در طول مسیر اصلی رودخانه، به هفت (بازه) تقسیم و مقدار این شاخص برای هر بازه تعیین گردید. شاخص IHG تعداد ۹ پارامتر را در سه گروه (کیفیت عملکرد رودخانه، مورفولوژی آبراهه، پوشش گیاهی کنار رود) ارزیابی می‌کند. مقدار هر پارامتر بین ۱ تا ۱۰، متناسب با وضعیت طبیعی و عملکرد حوزه رودخانه قرار دارد. داده‌های پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، فایل‌های مکانی و مشاهدات میدانی بوده که با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تحلیل شدند. نتایج نشان داد که بازه‌های شماره ۱ و ۶ دارای وضعیت ضعیف، بازه شماره ۷ دارای وضعیت بینابینی بوده و پتانسیل بازسازی اکولوژیکی را نشان داد، درحالی که بازه‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ به دلیل دخالت‌های شدید انسانی (تغییر در الگوی مورفولوژی، ایجاد سازه‌های مهندسی در بستر رودخانه، قطع پیوستگی آبراهه اصلی، ساخت‌وساز در سیلاب‌دشت و تغییر کاربری محدوده سیلاب‌دشت رودخانه به کاربری مسکونی و تفریحی)، از کیفیت خیلی بد برخوردار هستند. یافته‌ها بیانگر آن است که شدت مداخلات انسانی، و حفظ ساختار طبیعی رودخانه، عوامل تعیین‌کننده در کیفیت اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی هستند. در مجموع، استفاده از شاخص IHG در ارزیابی رودخانه‌های شهری، ابزاری مؤثر برای شناسایی بازه‌های آسیب‌پذیر، تدوین راهبردهای حفاظتی، و ارتقای تاب‌آوری زیست‌محیطی محسوب می‌شود.

استناد: عبدالملکی، علی و احمدی، عبدالمجید. (۱۴۰۵). تحلیل هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه خرم رود در محدوده شهری خرم‌آباد. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. ۱۱۵(۱)، ۱۳۴-۱۱۳.

Doi: [10.22034/gmpj.2026.572744.1599](https://doi.org/10.22034/gmpj.2026.572744.1599)

مقدمه

مداخلات انسانی به طور غیرمستقیم فرایندهای ژئومورفیکی مانند انتقال رسوب، فرسایش و رسوب‌گذاری در امتداد رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد (رجبی و همکاران، ۱۴۰۳)، و توزیع مکانی و سرعت این فرایندها، تغییرات عمیقی را در مورفولوژی رودخانه ایجاد می‌کند (طالبی و همکاران، ۱۴۰۳). مدیریت رودخانه شامل فرایند فرسایش و حمل رسوب، مورفولوژی مجرا، تغییرات کرانه‌ها و تغییرات در رژیم رودخانه را مورد توجه قرار می‌دهد که در اصطلاح علمی و آکادمیک در حیطه علم هیدروژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی و اکولوژی کاربرد داشته و مورد بررسی قرار می‌گیرد (لارچ و نوسون^۱، ۲۰۰۶؛ رینالدی^۲ و همکاران، ۲۰۱۳؛ نگهبان و درتاج، ۱۳۹۸). با افزایش جمعیت و توسعه شهری در دل طبیعت، و بهره‌برداری هر چه بیشتر انسان از طبیعت باعث به هم خوردن توان محیطی و تخریب هر چه بیشتر محیط شده است (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۲؛ راون^۳ و همکاران، ۲۰۱۰). که این عمل باعث برهم خوردن تعادل اکوسیستم خواهد شد و برهم خوردن تعادل اکوسیستم اکولوژی گیاهی، جانوری و انسانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ناپایداری در حوزه منابع آبی را تشدید می‌کند (عباسپور و همکاران، ۱۴۰۴). به همین دلیل اگر روند تغییرات کاربری‌های زمین به مناطق مسکونی، اراضی زراعی و سایر دخالت‌های انسانی گسترش یابد آسیب بسیار جدی به پایداری محیط طبیعی وارد خواهد شد (رحمانی فضلی و همکاران، ۱۳۹۵). در اثر مداخلات انسان در سطح زمین حدود ۵۰ درصد آن تغییر یافته است (بیسواس^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ غفورپورعنبران و همکاران، ۱۴۰۲ و روادس^۵ و همکاران، ۲۰۱۶). زندگی انسان‌ها در کنار رودخانه‌ها آسیب‌های جدی را بر اکوسیستم و تعادل ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها با اعمال تغییرات در ساختار مورفولوژی رودخانه و کرانه‌های رودخانه‌ها به وجود آورده است که همین تغییرات بعدها گریبان‌گیر خود انسان‌ها خواهد شد و مشکلات فراوانی را به وجود خواهد آورد (عبدالملکی و کریمی سلطانی، ۱۴۰۴). افزایش رشد و توسعه شهرها در اطراف سامانه‌های رودخانه‌ای باعث کوچک شدن رودخانه‌ها و تغییرات بسیاری در ویژگی‌های مورفولوژی بستر و کرانه‌ها را ایفا کرده است (یوسفی^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). فعالیت‌های انسانی از طریق ایجاد کانال‌سازی و مستقیم‌سازی آبراهه، ایجاد پل، برداشت شن و ماسه، تبدیل حریم رودخانه به مناطق مسکونی و اراضی زراعی بر رودخانه تأثیرات مستقیمی می‌گذارد، و این تغییرات مدت‌هاست که برای انسان شناخته شده است (گریگوری^۷، ۲۰۰۶). برای اینکه سامانه‌های رودخانه‌ای دچار تخریب نشوند لازم است که چاره‌اندیشی شود و رویکردهای متناسب با محیط و عملکرد رودخانه‌ها اتخاذ شود (یافینگتون^۸، ۲۰۱۲). رویکردهای که در کشورهای پیشرفته و پیشرو در زمینه احیاء رودخانه‌ها وجود دارد همگی بروی بیشترین تلاش برای بازگشت به وضعیت طبیعی و قبل از دست‌کاری رودخانه است (عبدالملکی و کریمی سلطانی، ۱۴۰۴). برای اینکه تدبیر و ارائه راهکارهای مؤثری برای حفاظت و بازیابی سامانه‌های رودخانه‌ای ارائه شود درک کامل و درستی از تغییرپذیری هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها امری مهم و ضروری است (مونتگومری و بولتون^۹، ۲۰۰۳). در سامانه‌های رودخانه‌ای عامل کلیدی و حساس پویایی هیدروژئومورفولوژیکی و دینامیک است که از نظر ارزش اکولوژیکی، چشم‌انداز و زیست‌محیطی سامانه‌ها و حتی از نظر عملکردی نیز بسیار حائز اهمیت است (اولرو و همکاران، ۲۰۱۱؛ اولرو و همکاران، ۲۰۱۵). از اوایل دهه ۱۹۸۰، طیف گسترده‌ای از روش‌های ارزیابی با تفاوت‌های قابل توجه در اهداف، مقیاس‌های فضایی، کاربرد، رویکردها، شرایط مرجع و غیره توسعه یافته است (خالقی و همکاران، ۱۴۰۰). روش‌های ارزیابی هیدروژئومورفولوژیکی به ۵ دسته (ارزیابی زیستگاه طبیعی، هیدروژئومورفولوژیکی^{۱۰}، مورفولوژیکی^{۱۱}، ارزیابی زیستگاه اطراف رودخانه^{۱۲} و بررسی تداوم و استمرار حیات ماهی‌ها) تقسیم می‌شوند (بورن^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۱؛ گونزالس

¹¹ Morphological assessment

¹² Riparian assessment

¹³ Bourne

⁶ Yousefi

⁷ Gregory

⁸ Buffington

⁹ Montgomery & Bolton

¹⁰ Hydrological assessment

¹ Large & Newson

² Rinaldi

³ Raven

⁴ Biswas

⁵ Rhoads

و گارسیا^۱، ۲۰۱۱؛ مارتینز^۲ و همکاران، ۲۰۱۰ و رینالدی و همکاران، ۲۰۱۳). روش‌های ارزیابی مورفولوژیکی با روش‌های ارزیابی زیستگاه طبیعی متفاوت است؛ زیرا دیدگاه ژئومورفولوژیکی گسترده‌تری دارند و به فرایندهای فیزیکی (مانند تداوم هیدرولوژیکی و رسوب، انتقال رسوب، فرسایش، تنظیم کانال) و تغییرات ناشی از فشارهای انسانی توجه بیشتری می‌کنند و معمولاً در مقیاس‌های بازه و حوزه استفاده می‌شوند (نگهبان و مرحمت، ۱۴۰۳). همچنین روش‌های مورفولوژیکی فرایندگرا هستند و به‌طور کلی شرایط هیدرو مورفولوژیکی رودخانه را در مقیاس زمانی بیشتر ارزیابی می‌کنند (رینالدی و همکاران، ۲۰۱۳). شاخص ارزیابی هیدرو ژئومورفولوژیکی (IHG^3) برای اجرای دستورالعمل $EU/60/2000$ برای کاهش نابودی سامانه‌های رودخانه‌ای، شناسایی، درک و حل یا کاهش مشکلات زیست‌محیطی رودخانه‌ها، طبیعی بودن سامانه رودخانه‌ای، بهبود عملکرد، و شناسایی ارزش هیدرولوژی، مورفولوژی و اکولوژی آنها، برای افزایش سطح آگاهی در جامعه استفاده می‌شود (عبدالملکی و کریمی سلطانی، ۱۴۰۴). از جمله تحقیقات انجام گرفته در حوزه ارزیابی هیدروژئومورفولوژیکی، می‌توان به تحقیق اولرو و همکاران (اولرو و همکاران، ۲۰۱۵) در مطالعه خود در رابطه با بازهٔ پیچان رودی میان دست رودخانهٔ ابرو در اسپانیا، احداث سد، تغییر کاربری اراضی و احداث سیل شکن‌ها (سیل‌بند) را عامل تغییر رفتار سیستم رودخانه قلمداد کرده است. رینالدی و همکاران (عبدالملکی و کریمی سلطانی، ۱۴۰۴)، در پژوهشی با استفاده از شاخص کیفی مورفولوژیک به ارزیابی و آنالیز شرایط هیدرو ژئومورفولوژی رودخانه‌های ایتالیا پرداخته‌اند که در آن به تحول کیفیت مورفولوژیکی جریان توسط یک‌فاز از تقسیم‌بندی به بازه‌های رودخانه با مشخصه‌های مورفولوژیکی یکنواخت پرداخته‌اند.

در ایران ارزیابی کیفیت هیدرو ژئومورفولوژیکی رودخانه با استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG توسط غفورپورعنبران و همکاران (غفورپورعنبران و همکاران، ۱۴۰۲) تحت عنوان تحلیل هیدرو مورفولوژیک رودخانه کرج در بازه شهری از بیلقان تا پل راه‌آهن با استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بازه‌های که کمتر مورد دخالت فعالیت‌های انسان قرار گرفته‌اند از کیفیت هیدرو مورفولوژی ضعیف؛ و بازه ۵ به دلیل دخالت‌های انسانی از کیفیت خیلی ضعیف برخوردار هستند. همچنین، کیفیت هیدرو ژئومورفولوژی بازه شهری رودخانه کرج به دلیل دخالت‌های انسانی بیشترین اثرات منفی را دارد. در ادامه عبدالملکی و کریمی (۱۴۰۴)، در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی کیفیت هیدرو ژئومورفولوژیکی رودخانه ویهچ در محدوده شهری قروه با استفاده از شاخص IHG پرداختند. بر اساس نتایج، بازه‌های شماره ۱ و ۵ دارای وضعیت ضعیف، بازه‌های شماره ۶ و ۷ دارای وضعیت خوب و بازه‌های شماره ۲، ۳ و ۴ به دلیل دخالت‌های انسانی (تغییر در الگوی مورفولوژی، مستقیم سازی آبراهه اصلی در بستر رودخانه، قطع پیوستگی آبراهه، ساخت و ساز در سیلاب‌دشت و تغییر کاربری محدوده سیلاب‌دشت رودخانه به کاربری مسکونی و زراعی) از کیفیت خیلی ضعیف برخوردار هستند. در ادامه با استفاده از روش‌های مختلف از جمله کیفیت مورفولوژیکی رودخانه (MQI) توسط پژوهشگرانی از جمله ایلانلو و کرم (۱۳۹۹)، خالقی و همکاران (۱۴۰۰) صورت گرفته است. بیشتر تحقیقات انجام گرفته در داخل کشور شرایط مورفولوژیکی و هیدرو مورفولوژیکی رودخانه‌ها را با استفاده از شاخص‌های همچون ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی و شاخص MQI مورد بررسی قرار داده‌اند که لزوم استفاده از سایر روش‌ها جهت بررسی و تحلیل شرایط هیدرو ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها ضروری به نظر می‌رسد؛ لذا در تحقیق حاضر با استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG که شرایط (اکولوژی، مورفولوژی

³ Hydro-Geomorphological Index

² Martínez

¹ González & García

وهیدرولوژیکی)، را به صورت کامل و یکپارچه در نظر می‌گیرد، به عنوان روش تحلیلی تحقیق و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان مکمل به کار گرفته شود.

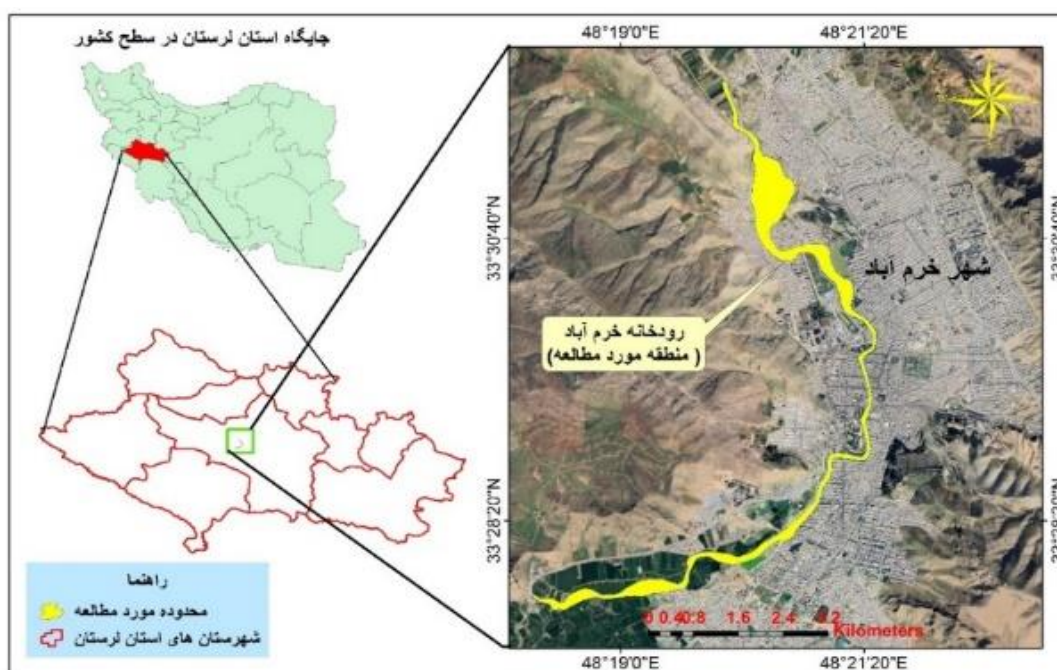
رودخانه خرم رود در طی چند دهه گذشته به دلیل گسترش توسعه شهری، تجاوز به حریم اصلی و سیلاب دشت رودخانه، مدیریت و برنامه‌ریزی رودخانه با روش‌های سنتی از جمله مستقیم سازی آبراهه اصلی، تغییر کاربری اراضی، تبدیل سیلاب دشت به زمین‌های کشاورزی و مسکونی به طور چشمگیری تحت تأثیر تغییرات اساسی هم در سطح حوضه و هم در داخل کانال قرار گرفته است. این رودخانه به دلیل واقع شدن در منطقه پرجمعیت خرم‌آباد و هم‌جواری روستاهای زیادی با این جریان، تغییرات در آن می‌تواند منجر به ازدست دادن زمین‌های کشاورزی، آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و ساختمان‌های مجاور آن شود. کاهش مقطع جریان، کاهش زمان تمرکز حوزه، افزایش حجم رواناب و سیلاب و از بین رفتن محیط طبیعی و اکولوژیکی رودخانه مواردی هستند که به دلیل استفاده غیراصولی انسان‌ها از محیط طبیعی و سامانه رودخانه است. تمامی این عوامل، می‌تواند عملکرد طبیعی و معمولی رودخانه را تحت تأثیر قرار دهد و لذا نیاز مبرم به بررسی و تحلیل شرایط هیدرو مورفولوژیکی رودخانه خرم رود احساس می‌شود. بروی رودخانه خرم رود تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است که مبنای این تحقیقات استفاده از شاخص‌های قدیمی همچون $rMQI, MQI$ و یا استفاده از داده‌های آماری و هیدرومتری منطقه بوده است و لذا استفاده از سایر روش‌ها و شاخص‌های که شرایط هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه را به صورت کامل مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند ضروری و به نوعی می‌توان گفت نوآوری تحقیق محسوب می‌گردد. بر همین اساس:

هدف تحقیق حاضر: بررسی و ارزیابی شرایط هیدرو ژئومورفولوژیکی رودخانه خرم رود در بازه‌های شهری که تحت تأثیر دخالت‌های انسان قرار دارند با استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

مرکز استان لرستان شهر خرم‌آباد که مختصات آن ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه عرض جغرافیایی است، در قسمت شمالی شهر منظره‌ای کوهستانی و ناهموار و جنوب آن چشم‌اندازی تقریباً جلگه‌ای دارد. در میان قسمت جلگه‌ای و دره‌ای شهر، عرض شهر به حداقل گردیده و حدود ۱۱۰۰ متر است (آهور و صادقیان^۱، ۲۰۱۲). رودخانه خرم‌آباد متشکل از دو رودخانه رباط و کرگانه که در مرکز شهر به هم پیوسته، تشکیل شده است. سرچشمه رودخانه کرگانه در بخش آبستان و سرچشمه رودخانه رباط از روستای رباط در شمال خرم‌آباد و به صورت چشمه‌های جوشان زیرزمینی است. این رودخانه با طی مسافتی در حدود ۱/۵ کیلومتر با رودخانه گزله تلاقی می‌کند. رودخانه دائمی خرم‌آباد در حوزه‌ای به همین نام با مساحت ۲۵۰۳ کیلومتر مربع در مرکز استان لرستان و غرب ایران واقع شده است. این رودخانه با جمع‌آوری آب سرشاخه‌های کوچک و بزرگ با جهت شرقی - غربی از مرکز شهر خرم‌آباد عبور می‌کند. طول کل رودخانه حدود ۶۴ کیلومتر است، اما در این مقاله بخش اصلی رودخانه به طول ۱۴ کیلومتر در بازه شهری که بین طول ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه و عرض ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۰ ثانیه جغرافیایی قرار دارد مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). رودخانه خرم‌آباد در مسیر حرکت خود به پایین دست، از مناطق مختلف شهری از جمله مناطق مسکونی، تفرجگاه‌ها و مناطق کشاورزی عبور می‌کند و بر همین اساس نیاز مبرم به بررسی و ارزیابی شرایط هیدروژئومورفولوژیکی این رودخانه در بازه شهری ضروری است.

¹ Ahour & Sadeghian



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، مدل ارتفاعی رقومی (DEM) ۱۲/۵ متر و تصاویر Google Earth محدوده منطقه مورد مطالعه مشخص شده و در نرم افزار ARC GIS 10.3 تهیه و ترسیم گردید. سپس با انجام بررسی های میدانی، عوارض و اشکال موجود در نقشه ها با شرایط محیط طبیعی مطابقت داده شد.

شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی

شاخص IHG^1 در مطالعات سامانه های رودخانه ای ۹ پارامتر را در بر می گیرد (شکل ۲) که در سه گروه قرار می گیرند (جدول ۱). نمره دهی هر پارامتر، بر اساس شرایط طبیعی و عملکرد رودخانه، در دامنه ۱ تا ۱۰ قرار دارد. مقدار حداکثر ۱۰ نشانگر عملکرد کاملاً طبیعی رودخانه یا وجود اثرات ناچیزی است که بر طبیعی بودن سامانه رودخانه تأثیر نگذارد. گرچه، پس از ارزیابی تأثیرات و فشارها، بر اساس معیارهای مختلف امتیاز از این مقدار اولیه کسر می شود. بر اساس جدول ۱، ارزیابی کامل هیدرو ژئومورفولوژیکی با شاخص IHG ، از مجموع نمرات ۹ پارامتر انجام می شود. بالاترین امتیاز ممکن ۹۰ امتیاز است. کیفیت هیدرو ژئومورفولوژیکی در امتیاز بین ۷۵ و ۹۰ بسیار مناسب؛ از ۶۰ تا ۷۴ خوب؛ از ۴۲ تا ۵۹ متوسط؛ از ۲۱ تا ۴۱ ضعیف؛ و از ۰ تا ۲۰ امتیاز بسیار بد در نظر گرفته می شود. برای استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی IHG ، مسیر رودخانه باید طبق شرایط بازه ها به صورت طولی تقسیم شود. بر همین اساس با استفاده از تصاویر گوگل ارث، بازدیدهای میدانی، نقشه های توپوگرافی امتیازات لازم برای مسیل ها مورد مطالعه با توجه به نمرات شاخص ارزیابی که توسط (اولرو و همکاران، ۲۰۱۱)، ارائه شده است در نظر گرفته شده است. نتایج بازه بندی رودخانه در بخش بعدی آمده است.

¹ Hydro-Geomorphological Index

کیفیت عملکردی رودخانه River performance quality	کیفیت مورفولوژی کانال Quality of canal morphology	کیفیت پوشش گیاهی حاشیه رود Quality of riverside vegetation
• طبیعی بودن رژیم جریان • The naturalness of the flow regime • تامین و جابجایی رسوب • Sediment supply and movement • عملکرد سیلابدشت • Floodplain performance	• مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه • Watercourse morphology and naturalness of the watercourse pattern • تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی • Continuity of the riverbed and the naturalness of longitudinal and vertical processes • طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی • Naturalness of the riverbank and lateral mobility	• استمرار طولی • Longitudinal continuity • وسعت پوشش گیاهی کنار رود • The extent of riverside vegetation • ساختار، طبیعی بودن و اتصال مقطعی پوشش گیاهی کنار رود • Structure, naturalness, and cross-sectional continuity of riverside vegetation

شکل ۲. پارامترهای شاخص ارزیابی هیدروژئومورفولوژیکی (IHG) (مأخذ: اولرو و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۱. نمرات کل و جزئی برای هر بخش از شاخص‌های IHG و کلاس‌های کیفیت هیدروژئومورفولوژیکی (Ollero et al, 2011).

کیفیت عملکردی Functional quality		کیفیت مورفولوژیکی Morphological quality		کیفیت پوشش گیاهی حاشیه رود Quality of riverside vegetation		مجموع شاخص هیدروژئومورفولوژیکی (IHG) Total Hydrogeomorphology Index (IHG)	
۳۰-۲۵	خیلی خوب Very good	۳۰-۲۵	خیلی خوب Very good	۳۰-۲۵	خیلی خوب Very good	۹۰-۷۵	خیلی خوب Very good
۲۴-۲۰	خوب Good	۲۴-۲۰	خوب Good	۲۴-۲۰	خوب Good	۷۴-۶۰	خوب Good
۱۹-۱۴	متوسط Average	۱۹-۱۴	متوسط Average	۱۹-۱۴	متوسط Average	۵۹-۴۲	متوسط Average
۱۳-۷	ضعیف Poor	۱۳-۷	ضعیف Poor	۱۳-۷	ضعیف Poor	۴۱-۲۱	ضعیف Poor
۶-۰	خیلی بد Very bad	۶-۰	خیلی بد Very bad	۶-۰	خیلی بد Very bad	۲۰-۰	خیلی بد Very bad

بازهبندی رودخانه خرم رود

در تحقیق حاضر، پس از چندین بار بازدید میدانی توسط کارشناسان ژئومورفولوژی، محدوده رودخانه خرم رود در بازه‌های شهری شهر خرم‌آباد به طول تقریبی ۱۴ کیلومتر، بر اساس ویژگی‌های هیدروژئولوژی، اثرات توسعه شهری، ساخت‌وسازهای انسانی، حریم سیلابدشت، مورفولوژی بستر رودخانه و حرکات جانبی کرانه‌ها به هفت بازه تقسیم شده است. سپس باتوجه به تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، مشاهدات میدانی و منابع و مستندات موجود توسط کارشناس

ژئومورفولوژیست ارزیابی شده است و در نهایت شاخص هیدروژئومورفولوژیکی بروی هر کدام از بازه‌ها باتوجه به موارد فوق اعمال ارزیابی شده است.

نتایج

ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه‌ها

بازه شماره ۱: باتوجه به شکل شماره (۳)، این بازه ابتدائی‌ترین و پایین‌ترین بازه در حوزه آبریز مورد مطالعه، به طول ۲,۵۰ کیلومتر است. این بازه از ابتدای شهر خرم‌آباد تا پل (بلوار زیباکنار) به طرف داخل شهر خرم‌آباد ادامه دارد. در سمت چپ آبراهه و رودخانه می‌توان عوارض و بافت سکونتگاهی را دید که کاملاً حریم رودخانه را محدود نموده است و دخالت مستقیم انسان در این بازه کاملاً مشهود است. ایجاد ساخت‌وسازهای مسکونی و صنعتی در بستر اصلی رودخانه، استفاده از هر دو کرانه و بستر رودخانه برای زمین‌های کشاورزی بدون توجه به محدوده سیلاب‌دشت، تغییر مسیر اصلی رودخانه و جابه‌جایی آن در این بازه اشاره داشت. این بازه از رودخانه به لحاظ کیفیت عملکردی، به دلیل انجام فعالیت‌های انسانی از جمله احداث منازل مسکونی در بالادست جریان، مستقیم نمودن و تغییر مسیر جریان در بستر رودخانه، تغییر کاربری و گسترش سکونتگاه در محدوده عملکردی و ایجاد پل ارتباطی، رژیم فصلی جریان را تغییر داده است. در این بازه باتوجه به حضور تأسیسات شهری و عوارض انسان ساخت ارتباط آبراهه با سیلاب‌دشت قطع گردیده، همچنین ایجاد پل‌های عبور و مرور بروی رودخانه باعث ایجاد تغییرات هیدروژئولوژیکی رفتار رودخانه و تغییرات در فرایندهای عمودی و طولی آبراهه و کانال گردد و موجب انقطاع تداوم طولی رودخانه شده است.



شکل ۳. بازه شماره ۱ رودخانه خرم‌آباد

گسترش و توسعه شهری باعث تجاوز به حریم اصلی رودخانه و سیلاب‌دشت، ساختار طبیعی آبراهه و تحرکات جانبی را مورد تأثیر قرار داده است که این امر تعادل فرایند فرسایش و رسوب آبراهه را نیز مختل کرده است. از نظر کیفیت پوشش گیاهی، در هر دو کرانه رودخانه زمین‌های کشاورزی وجود داشته. بر اساس توضیحات فوق امتیازدهی بازه شماره ۱ بر اساس امتیازات شاخص هیدروژئومورفولوژیکی حاکی از آن است که کیفیت عملکردی با امتیاز کلی ۱۰ از وضعیت ضعیف، کیفیت مورفولوژی با امتیاز کلی ۶ از وضعیت خیلی بد و پوشش گیاهی با امتیاز ۵ از وضعیت خیلی بد برخوردار است (جدول

۲.

جدول ۲. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۱

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
ضعیف	۱۰	۳	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۳	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۴	عملکرد سیلاب‌دشت	
خیلی بد	۶	۲	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۲	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۲	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
خیلی بد	۵	۲	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رود رودخانه
		۱	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۲	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

بازه شماره ۲: باتوجه‌به شکل (۴)، این بازه از پل (بلوار زیباکنار)، تا پل انقلاب اسلامی (نواب صفوی) را در برمی‌گیرد. هر دو کرانه رودخانه توسط عوارض انسان‌ساخت و بافت سکونتگاهی و فضای سبز محدوده شده است. در این بازه حریم رودخانه و دشت سیلابی به صورت کامل توسط بافت مسکونی و ایجاد فضاهای سبز احاطه شده است و بستر رودخانه توسط کانال‌سازی مستقیم گردیده و مورفولوژی بستر از بین رفته است. در بازه شماره ۲ به دلیل وجود شهرک‌های مسکونی و افزایش مناطق سکونتگاهی، تغییر کاربری حریم رودخانه و سیلاب‌دشت به فضاهای تفریحی و پارک‌ها، مستقیم سازی آبراهه اصلی رودخانه، ایجاد پل‌های متعدد بروی رودخانه، رژیم جریان رودخانه را تحت شعاع قرار داده و باعث قطع شدن ارتباط آبراهه با سیلاب‌دشت و دره شده است.



شکل ۴. بازه شماره ۲ رودخانه

ایجاد موانع و کانال در امتداد بازه و وجود پل، تداوم طولی و عمودی آبراهه را تحت‌تأثیر قرار داده است. در اثر گسترش فضای شهری و سکونتگاهی در بستر و حریم رودخانه، کرانه‌های سمت چپ و راست آبراهه، به‌صورت کامل

به صورت مصنوعی تغییر یافته است. وجود عناصر مصنوعی در این بازه تعادل طبیعی بی فرایند فرسایش و رسوب گذاری رودخانه را مختل کرده است و مورفولوژی طبیعی آبراهه را تحت تأثیر قرار داده است. محدوده سیلاب دشت در این بازه به صورت کامل به عنوان فضاهای تفریحی و ساختن واحدهای مسکونی مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۵). بر اساس جدول شماره ۳، کیفیت عملکردی و پوشش گیاهی و کیفیت مورفولوژی رودخانه بازه شماره ۲، از وضعیت خیلی بد برخوردار است. در مقایسه بازه شماره ۲ با بازه بالادستی یعنی بازه شماره ۱ می توان به وضوح دید که تغییرات چشمگیر مصنوعی و انسان ساخت باعث شده است که این بازه در شرایط کاملاً بحرانی قرار گیرد. در کرانه راست رودخانه در بازه شماره ۱ زمین های کشاورزی وجود دارد که همین عوارض طبیعی و پوشش گیاهی در بازه شماره ۲ به دلیل توسعه ساخت و ساز و گسترش جمعیت کاملاً تخریب و جای خود را به عوارض مصنوع انسان ساخت داده است.



شکل ۵. تغییرات بسیار شدید سیلاب دشت و بستر اصلی رودخانه. تصویر بالا مربوط به سال ۲۰۰۶ و تصویر پایین مربوط به سال ۲۰۲۵

جدول ۳. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۲

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
خیلی بد	۵	۲	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۲	تأمین و جابه جایی رسوب	
		۱	عملکرد سیلاب دشت	
خیلی بد	۵	۲	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۲	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۱	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
خیلی بد	۵	۲	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رود رودخانه
		۱	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۲	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

بازه شماره ۳ و ۴:

بازه شماره ۳ از ابتدای پل انقلاب تا پل صفوی و بازه شماره ۴ از ابتدای پل صفوی تا پل (کوچه گلستان) به طول ۳,۵۰ کیلومتر است. احاطه شدن هر دو کرانه توسط عوارض انسان‌ساخت و کانال‌سازی در بستر رودخانه به صورت کاملاً چشمگیری در این دو بازه مشاهده می‌شود. کرانه‌های این دو بازه توسط دیواره‌های انسان‌ساخت (راه‌های ارتباطی، پل‌های عبور و مرو، دیواره‌های حفاظتی)، به طور ناپیوسته تثبیت شده است و حرکت جانبی کرانه را مختل کرده است. وجود چنین دیواره‌های انسان‌ساختی باعث دستخوش مورفولوژی طبیعی آبراهه شده و همچنین حضور و ایجاد دیواره در امتداد کناره‌های بازه به عنوان موانع ثابت که مستقیماً به آبراهه غالب است باعث ایجاد محدودیت و کاهش عملکرد طبیعی سیلاب‌دشت می‌شود. باتوجه به تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات میدانی گسترش فضای شهری و سکونتگاهی، عملیات‌های عمرانی و ایجاد زیرساخت‌ها باعث ایجاد تغییرات تدریجی در مورفولوژی و الگوی رودخانه شده است. ایجاد تغییرات در سیلاب‌دشت و تبدیل حریم آن به خیابان‌های اصلی و گسترش منازل مسکونی عملکرد طبیعی سیلاب‌دشت (از جمله: اتلاف انرژی سیلاب و پراکندگی سیلاب)، را مختل کرده و باعث دور نگه داشتن از آبراهه اصلی شده است. در بازه‌های شماره ۳ و ۴ باتوجه به دخالت‌های شدید انسانی، هیچ‌گونه ارتباطی ما بین سیلاب‌دشت و اراضی پیرامون مشاهده نمی‌گردد و همین امر باعث شده است که فرایند جریان و رسوب، حمل و جابه‌جایی رسوب و فرسایش در این بازه‌ها مختل شده است. به لحاظ کیفیت مورفولوژیکی، مسیر آبراهه با هجوم هر دو ساحل تغییر یافته و عرض طبیعی آن کاهش یافته است. محدوده سیلاب‌دشت کاملاً توسط عوارض انسان‌ساخت احاطه شده است و محدوده‌های رسوب با تغییر کاربری به فضاهای مصنوعی تبدیل گردیده. افزایش توسعه شهری و فضاهای سکونتگاهی در حریم رودخانه، باعث شده است که عملکرد طبیعی آبراهه و تحرکات جانبی آن به هم خورده که در نتیجه این امر تعادل فرایند فرسایش و رسوب آبراهه را نیز مختل کرده است (شکل‌های شماره ۶ و ۷)، در این دو بازه حدوداً ۷ پل بروی رودخانه ایجاد شده است. در بازه‌های شماره ۳ و ۴ به دلیل دخالت‌های شدید انسانی، پوشش گیاهی طبیعی وجود ندارد. نتایج شاخص IHG برای بازه شماره ۳ و ۴، حاکی از وضعیت خیلی بد به لحاظ کیفیت عملکردی، مورفولوژی و پوشش گیاهی است.



شکل ۶. بازه شماره ۳ رودخانه



شکل ۷. بازه شماره ۴ رودخانه



شکل ۸. احداث پروژه آبخیزداری سیل‌بند، این امر فرایند حمل و جابه‌جایی رسوب و فرسایش را مختل کرده است.

جدول ۴. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۳

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
خیلی بد	۵	۲	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۲	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۱	عملکرد سیلاب‌دشت	
خیلی بد	۵	۲	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۲	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۱	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
خیلی بد	۳	۱	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رود رودخانه
		۱	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۱	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

جدول ۵. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۴

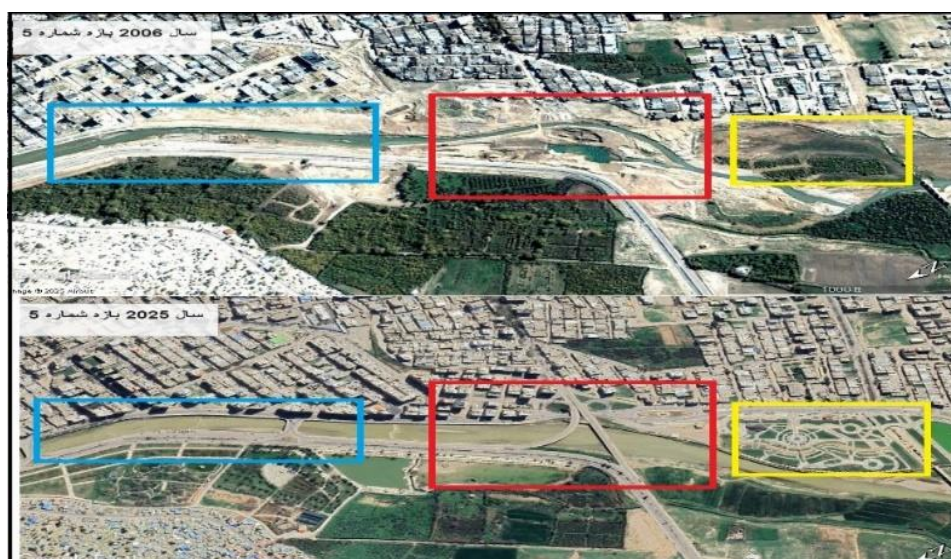
کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
خیلی بد	۵	۲	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۲	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۱	عملکرد سیلاب‌دشت	
خیلی بد	۵	۲	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۲	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۱	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
خیلی بد	۵	۲	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رود رودخانه
		۲	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۱	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

بازه شماره ۵: این بازه از ابتدای پل (کوچه گلستان) تا ابتدای پل شکسته به طول ۱,۳۸ کیلومتر است. سمت چپ کرانه کاملاً توسط عوارض انسان ساخت (بافت مسکونی، خیابان‌های اصلی)، کاملاً محدوده شده است و با گسترش جمعیت و ساخت‌وساز در این کرانه محدوده سیلاب‌دشت توسط بافت مسکونی و فضای سبز اشغال گردیده و سیلاب‌دشت کرانه چپ آبراهه نیز توسط تغییرات کاربری ایجاد شده به زمین‌های زراعی، بوستان‌ها و پارک‌های تفریحی تغییر یافته‌اند (شکل ۹). در کرانه راست آبراهه برای ساخت خیابان و پل‌های عبوری کاملاً مسیر آبراهه تغییر یافته و مسیر مآندری رودخانه به صورت کامل از بین رفته است به طوری که مورفولوژی طبیعی آبراهه دستخوش تغییرات شده و این امر جریان فرسایش و رسوب در آبراهه را مختل و از حالت طبیعی خود خارج نموده است. هر چقدر از مرکز تجمع و بازه‌های ابتدای (بازه‌های شماره ۲، ۳ و ۴) که در دل شهر قرار گرفته‌اند دورتر می‌شویم به راحتی می‌توان دید که رودخانه در حال تغییرات نسبی و آرام و برگشت به حالت طبیعی خود است و این خود نشان‌دهنده نقش مخرب انسان و عوارض مصنوعی انسان ساخت را نشان می‌دهد که باید در مدیریت شهری توسط مسئولین ادارات مختلف به صورت جدی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.



شکل ۹. بازه شماره ۵ رودخانه

جریان آبراهه در نزدیکی پل شکسته به صورت (مآندر) بوده که به وسیله کانال‌سازی در بستر آبراهه، ایجاد خیابان و پل عبوری در این قسمت باعث جلوگیری از عملکرد طبیعی و فرسایش کناره‌ها توسط آبراهه اصلی و ایجاد مآندر شده است (شکل ۱۰). در این محدوده مورفولوژی رودخانه به وسیله دخالت‌های مستقیم انسان و تغییرات مصنوعی در مورفولوژی دستخوش تغییرات بسیار زیادی شده است. این تغییرات را می‌توان در بازه شماره ۵ از نظر شکل و مسیر آبراهه، فرایندهای حمل، جریان و رسوب‌گذاری، مورفولوژی رودخانه و... به دلیل فعالیت‌های انسانی به خصوص ایجاد خیابان‌ها و پل‌ها، تبدیل حریم و سیلاب‌دشت به پارک و بوستان تفریحی و تأثیر زیرساخت‌ها مشاهده نمود. این تغییر باعث اختلال در عملکرد طبیعی جریان و رسوب در بازه مذکور شده است.



شکل ۱۰. از بین بردن کامل مماندر رودخانه و سیلاب‌دشت برای ترسیم خیابان، پل‌های گذری و ایجاد مناطق تفریحی. تصویر بالا مربوط به سال ۲۰۰۶ و تصویر پایین مربوط به سال ۲۰۲۵

جدول ۶. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۵

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
خیلی بد	۵	۲	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۲	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۱	عملکرد سیلاب‌دشت	
خیلی بد	۵	۱	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۲	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۲	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
ضعیف	۸	۳	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رودخانه
		۳	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۲	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

بازه شماره ۶: این بازه از ابتدای پل شکسته تا محله ساحلی به طول ۱٫۵۰ کیلومتر است. در سیلاب‌دشت کاربری‌های انسان‌ساخت (دریاچه، بوستان، زمین‌های کشاورزی) و منازل مسکونی گسترش یافته است که عملکرد طبیعی آن را کاهش می‌دهد و به دلیل آبراهه سازی از آبراهه دور نگه داشته شده است. تغییرات ایجاد شده در حریم سیلاب‌دشت باعث شده است که عملکرد طبیعی سیلاب‌دشت (اتلاف انرژی سیل و پراکندگی سیل) مختل گردد و هیچ‌گونه ارتباطی با اراضی پیرامونی نداشته باشد. در این بازه عملکرد فرایند حمل، جابه‌جایی و رسوب‌گذاری به دلیل مداخلات مستقیم انسان در رودخانه مختل شده است و از حالت عملکرد طبیعی خود خارج شده است.

در این بازه از رودخانه، در ابتدای مسیر خود یعنی بعد از پل شکسته برای ایجاد دریاچه و فضاهای مصنوعی آبراهه مستقیم سازی شده است و در کناره‌های کرانه‌های سمت چپ دیواره‌های حفاظتی به طور ناپیوسته قرار دارند که این امر باعث شده است حرکت جانبی کرانه‌ها دچار اختلال شود.

به لحاظ کیفیت مورفولوژیکی، مسیر آبراهه با هجوم هر دو ساحل تغییر یافته و عرض طبیعی آن کاهش یافته است. محدوده سیلاب‌دشت کاملاً توسط عوارض انسان‌ساخت احاطه شده است و محدوده‌های رسوب با تغییر کاربری به فضاهای مصنوعی

تبدیل گردیده. گسترش فضای کالبدی شهر و تجاوز به حریم رودخانه، ویژگی طبیعی بودن آبراهه و تحرک جانبی را تغییر داده است که تعادل فرایند فرسایش و رسوب آبراهه را نیز مختل کرده است. به دلیل فعالیت‌های انسانی به‌خصوص پروژه‌های آب‌خیزداری، افزایش زیرساخت‌های عمرانی و سکونتگاهی، توسعه فضاهای تفریحی و مصنوعی در کناره‌های رودخانه باعث شده است که بازه شماره ۶ از نظر فرایندهای جریان و رسوب، حمل، شکل آبراهه و از نظر مورفولوژی تغییرات بسیاری را داشته باشد



شکل ۱۱. تبدیل منطقه کنار رودخانه و سیلاب‌دشت به مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی، دریاچه‌های مصنوعی

جدول ۷. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۶

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
ضعیف	۱۰	۴	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۲	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۴	عملکرد سیلاب‌دشت	
متوسط	۱۴	۴	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۴	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۵	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
ضعیف	۱۰	۳	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رودخانه
		۴	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۳	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	

بازه شماره ۷: بازه مذکور در پایین‌دست حوضه آب‌خیز قرار داشته و عدم توسعه شهرنشینی و دخالت‌های انسانی در حال حاضر، نسبت به سایر بازه‌ها کمتر مورد تغییر قرار گرفته است. در بازه مذکور در سطح بستر، فرایند جریان و رسوب عملکرد طبیعی برقرار بوده و باتوجه به تغییرات اقلیمی و کم‌شدن بارندگی‌ها در سال‌های اخیر که باعث کم‌شدن حجم روان آب در بستر رودخانه گردیده محدوده سیلاب‌دشت باتوجه به وجود خاک حاصلخیز به زمین‌های زراعی تبدیل شده است (شکل ۱۲). در این بازه به‌صورت کامل می‌توان مشاهده کرد که خارج‌شدن رودخانه از عرصه تاخت‌وتاز انسان باعث آرامش و برگشت به حالت طبیعی رودخانه شده است.



شکل ۱۲. بازه شماره ۷ رودخانه

جدول ۸. ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه شماره ۷

کیفیت بازه	امتیاز کلی	امتیاز	پارامترها	
متوسط	۱۷	۶	طبیعی بودن رژیم جریان	ارزیابی کیفیت عملکردی رودخانه
		۶	تأمین و جابه‌جایی رسوب	
		۵	عملکرد سیلابدشت	
متوسط	۱۹	۷	مورفولوژی آبراهه و طبیعی بودن الگوی آبراهه	ارزیابی کیفیت مورفولوژی رودخانه
		۷	تداوم بستر رودخانه و طبیعی بودن فرایندهای طولی و عمودی	
		۵	طبیعی بودن کرانه رودخانه و تحرک جانبی	
ضعیف	۱۱	۴	استمرار طولی	ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کنار رود رودخانه
		۴	وسعت پوشش گیاهی کنار رود	
		۳	ساختار، طبیعی بودن و پیوستگی مقطعی پوشش گیاهی کنار رود	



شکل ۱۳. تصویر بالا مربوط به سال ۲۰۰۶ عملکرد طبیعی رودخانه را نشان می‌دهد. تصویر پایین مربوط به سال ۲۰۲۵ که دخالت‌های انسانی باعث مستقیم سازی رودخانه و تبدیل محدوده سیلاب‌دشت به زمین‌های زراعی.

باتوجه به نتایج ارزیابی معیارهای شاخص هیدروژئومورفولوژی (IHG)، از جمله: ارزیابی و بررسی کیفیت عملکردی، مورفولوژی و پوشش گیاهی حاشیه رود، رودخانه خرم رود به ترتیب شامل بازه‌های شماره ۱ و ۶ دارای وضعیت ضعیف، بازه شماره ۷ دارای وضعیت متوسط و بازه‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ از کیفیت خیلی بدی برخوردارند. بازه‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ در دل شهر خرم‌آباد قرار گرفته‌اند و این بازه‌ها کاملاً توسط عوارض انسان ساخت از جمله مناطق مسکونی، ایجاد پل‌های فراوان، سیلاب‌دشت به شدت احاطه و مورد دخل و تصرف‌های انسانی شدیدی قرار گرفته‌اند (جدول شماره ۹). این بازه‌ها به لحاظ کیفیت هیدروژئومورفولوژی در وضعیت بسیار بدی قرار دارند و از حالت طبیعی خود کاملاً خارج شده‌اند که برای برگرداندن این بازه‌ها به حالت پایدار و یا حتی نیمه‌پایدار تغییرات بسیاری را نیاز داشته و نیاز به تلاش مداخله‌ای دارد. در این بازه‌های شهری، فعالیت‌های مدیریتی و توسعه شهری به صورت دخل و تصرف در بستر و حریم مسیل‌ها، ساخت و ساز، ایجاد سطوح نفوذناپذیر، مستقیم سازی رودخانه، تغییر ابعاد کانال، تثبیت کانال و کرانه رود پیامدهایی همچون کاهش مقطع جریان، کاهش زمان تمرکز حوزه، افزایش حجم رواناب و سیلاب را به دنبال دارد.

مداخلات مستقیم انسان در مجرای اصلی و کرانه‌های رودخانه خرم رود بیشترین تأثیرات را بر عملکرد طبیعی سامانه از لحاظ تأمین، جابه‌جایی و حمل رسوب، مورفولوژی و شکل آبراهه، پوشش گیاهی و همچنین کاهش جریان آب رودخانه گذاشته است. به گونه‌ای که توسعه شهر خرم‌آباد در حاشیه رودخانه خرم رود به عنوان یک تغییر که به رودخانه تحمیل شده است باعث پاسخ متفاوت رودخانه و به هم خوردن تعادل دینامیکی و پویایی رودخانه شده است و در نهایت این تغییر و تحولات ایجاد شده بروی رودخانه باعث شده است که ماهیت سامانه هیدروژئومورفولوژی رودخانه دچار تحولات

اساسی گردد و شرایط پایداری رودخانه به مخاطره افتد.

در ارتباط با بازه‌های شماره ۱ و ۶ که دارای کیفیت ضعیف و بازه شماره ۷ که دارای کیفیت متوسط هستند باید اذعان کرد که عدم توجه و سهل‌انگاری در آینده نه‌چندان دور شرایط این ۳ بازه را نیز متحول خواهد ساخت و به سرنوشتی به‌مانند بازه‌های میانی دچار خواهند شد. به دلیل حضور و دخالت‌های مستقیم انسان، رودخانه خرم رود از حالت و عملکرد طبیعی خود خارج شده و در دوره‌های بازگشت و یا بارندگی‌های شدید و رگباری می‌تواند به بافت‌های مسکونی، خیابان‌های حاشیه رودخانه، تفرجگاه‌ها و پارک‌های تفریحی خسارت وارد کرده و ضررهای مالی و جانی به همراه داشته باشد.

جدول ۹- ارزیابی نهایی کیفیت هیدروژئومورفولوژی بازه‌های رودخانه خرم رود

شماره بازه‌ها Number of intervals	امتیاز نهایی شاخص هیدروژئومورفولوژی (IHG) Final score of the Hydrogeomorphology Index (IHG)	کیفیت هیدروژئومورفولوژی (IHG) Hydrogeomorphological Quality (IHG)
۱	۲۱	ضعیف
۲	۱۵	خیلی بد
۳	۱۳	خیلی بد
۴	۱۵	خیلی بد
۵	۱۸	خیلی بد
۶	۳۴	ضعیف
۷	۴۷	متوسط

بحث

در این تحقیق، شرایط هیدرو مورفولوژیک رودخانه خرم رود در محدوده شهری با استفاده از شاخص هیدرو ژئومورفولوژی رودخانه (IHG) و با کمک تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

بر اساس نتایج و ارزیابی نهایی از معیارهای شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی (IHG) به‌دست آمده می‌توان گفت که رودخانه خرم رود به دلایل دخالت‌های مستقیم انسانی از جمله گسترش مناطق سکونتگاهی و توسعه شهر در حاشیه رودخانه، احداث پروژه‌های آبخیزداری بدون توجه به پتانسیل‌ها و محدودیت‌های موجود رودخانه، ایجاد پل‌های متعدد، مستقیم سازی آبراهه و رودخانه، افزایش سطوح غیرقابل نفوذ در بستر و حاشیه رودخانه، تغییر در ابعاد کانال، ایجاد فضاهای مصنوعی، تفرجگاهی و تفریحی در سیلاب‌دشت و عدم توجه به محدودیت‌های جدی این قسمت از رودخانه باعث ایجاد تغییرات بسیار شدید در شرایط عملکردی، پوشش گیاهی و مورفولوژی رودخانه شده است که این نتایج با مطالعات غفورپورعنبران و همکاران (۱۴۰۲) و عبدالملکی و کریمی سلطانی (۱۴۰۴) ۱، مشابهت دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت که شرایط هیدرو مورفولوژیکی رودخانه در وضعیت بسیار نامناسبی قرار دارد. به‌گونه‌ای که مداخلات انسانی باعث ناپایداری رودخانه به‌ویژه شرایط مورفولوژیکی، هیدروژئولوژیکی و اکولوژیکی آن شده و عملکرد طبیعی رودخانه را مختل کرده است. این نتایج با پژوهش‌های خالقی و همکاران (۱۴۰۰)، شایان و همکاران (۱۳۹۶) و عبدالملکی و کریمی (۱۴۰۴)، از لحاظ دقت و نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد. ثابت است که اکثر آنها در مورد نقش شاخص‌های هیدرو ژئومورفولوژیکی در پیدایش و تغییرات فرایندهای ژئومورفولوژی رودخانه تحقیق کرده‌اند و نتایج مشابهی به دست آورده‌اند. شاخص ارزیابی هیدرو ژئومورفولوژیکی (IHG) برای اجرای دستورالعمل EU/۶۰/۲۰۰۰ طبق دستورالعمل چارچوب آب اتحادیه اروپا، برای دستیابی رودخانه‌ها به وضعیت اکولوژیکی مناسب، نیاز به یک روش ارزیابی وجود دارد که نه تنها طبقه‌بندی رودخانه بر اساس کیفیت هیدرو مورفولوژیکی آن را امکان‌پذیر سازد، بلکه تشخیص دقیق آن دسته از ویژگی‌های هیدرو مورفولوژیکی اکوسیستم رودخانه

که باید در یک مکان معین بهبود یابد را نیز فراهم سازد؛ از این رو شاخص‌های از جمله شاخص هیدرو ژئومورفولوژیکی (IHG) به عنوان یک ارزیابی جامع و فرایندمحور ارائه گردیده و می‌تواند در حوزه سامانه‌های رودخانه‌ای باعث بالارفتن آگاهی در جامعه شود. از جمله ویژگی‌های مهم و مزیت اصلی شاخص هیدروژئومورفولوژیکی این است که در سطح رودخانه بیشتر به اثرات دخالت‌های انسانی و تغییرات ایجاد شده توسط انسان می‌پردازد همان‌طور که اولرو و همکاران بر اساس مطالعه‌ای برای توضیح و تبیین شاخص ارزیابی هیدرو ژئومورفولوژیکی (IHG) در سال ۲۰۱۱ این نکته را بیان کردند. لذا با توجه به اهداف و موضوع تحقیق حاضر که بررسی وضعیت هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه خرم رود در محدوده شهری خرم‌آباد است و در این راستا در محدوده مورد مطالعه بیشترین اثرات دخالت‌های انسان چه به صورت مستقیم و چه غیرمستقیم به صورت شدید صورت گرفته است، بنابراین روش موردنظر می‌تواند پاسخگوی اهداف این تحقیق باشد.

نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها در گذر زمان به ندرت در حالت پایدار هستند و تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره مورفولوژی آنها دچار تغییر هستند و این تغییرات می‌تواند شامل ابعاد، شکل، راستا و الگو باشند. رودخانه خرم رود در مسیر حرکت خود به پایین‌دست، از مناطق مختلف شهری از جمله مناطق مسکونی، تفرجگاه‌ها و مناطق کشاورزی عبور می‌کند و اهمیت بسیاری در تأمین حق آبه زمین‌های کشاورزی و تغذیه سفره‌های زیرزمینی دارد که متأسفانه در طی دهه‌های اخیر به دلیل دخالت‌های انسانی (مستقیم و غیرمستقیم)، از جمله توسعه شهری و بافت سکونتگاهی در حاشیه‌های رودخانه، کم کردن عرض مجرای رودخانه با ایجاد پل‌ها و پروژه‌های مختلف، تبدیل محدوده سیلاب‌دشت به تفرجگاه و منازل مسکونی و صنعتی بدون توجه به محدودیت آن قرار گرفته است و شرایط طبیعی عملکرد رودخانه از جمله (مورفولوژیکی، اکوسیستم رودخانه و هیدرولوژیکی) رودخانه را به شدت ناپایدار کرده است.

کیفیت عملکردی و مورفولوژیکی رودخانه خرم رود نشان می‌دهد که تغییرات بسیار شدید انسانی در سطح کانال و حاشیه رودخانه در بازه‌های شهری کیفیت رودخانه را به شدت کاهش داده و باعث از بین رفتن اکولوژی رودخانه، دینامیک و پویایی رودخانه شده است. در حاشیه رودخانه به دلیل توسعه شهر خرم‌آباد، ساخت خیابان‌های اصلی، مناطق تفرجگاهی و تفریحی باعث از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی شده است و پوشش مصنوعی جای آن را فرا گرفته است و ارتباط طبیعی بین پوشش گیاهی کنار رود و بستر رودخانه وجود ندارد.

نتایج ارزیابی هیدرو ژئومورفولوژیکی از پارامترهای ارزیابی شده در سامانه رودخانه نشان می‌دهد که سامانه رودخانه‌ای نسبت به تغییرات و فشارهای ناشی از دخالت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف کانال و دشت سیلابی، عملکرد و پاسخ متفاوتی را با توجه به ویژگی‌های خاص خود سامانه رودخانه‌ای بیان می‌کند. بازه‌های شماره ۲، ۳ و ۴ که دقیقاً در میانه رودخانه قرار گرفته است و در بدترین شرایط خود نسبت به بازه‌های بالادست و پایین‌دست قرار دارند. بازه‌های بالادست (بازه شماره ۱) و بازه‌های پایین‌دست (۵، ۶ و ۷)، با توجه به دور شدن از منطقه گسترش و توسعه شهری و عدم دخالت فراوان عوارض انسان ساخت در حالت طبیعی بهتری نسبت به بازه‌های میانی قرار دارند و این امر نشان‌دهنده عملکرد و پاسخ متفاوت سامانه رودخانه‌ای نسبت به فشارها و دخالت‌های انسانی است؛ بنابراین، جهت بازگردانی رفتار طبیعی مورفولوژیکی رودخانه، انجام اقدامات اصلاحی مانند حفظ حریم و بستر رودخانه، عدم برداشت رسوب و مدیریت کاربری ارضی در سطح حوضه و کاربری‌های واقع در بستر و حریم رودخانه مورد نیاز است.

از دیدگاه مدیریتی، یافته‌های این پژوهش حاکی از ضرورت اتخاذ راهبردهای پایدار برای کنترل تغییرات کانال، به ویژه در بخش‌های میانی است که در دل شهر خرم‌آباد، خطرات اقتصادی و اجتماعی بیشتری را به همراه دارد و سپس اتخاذ

راهبردهای مدیریتی از جمله تثبیت کناره‌ها با روش‌های مهندسی اکولوژیک، مدیریت پوشش گیاهی و کنترل برداشت رسوب برای بازه‌های بالادست و پایین‌دست که به سرنوشت بازه‌های میانی دچار نشوند. شاخص (IHG) اگرچه نیاز به دانش جامع از سامانه رودخانه دارد، اما به‌صورت کاربردی در حوضه‌های کوچک امکان‌پذیر است. شاخص IHG ابزار مناسبی برای ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه ناشی از فعالیت‌های انسانی است.

منابع

- ایلانلو، مریم؛ و کرم، امیر (۱۳۹۹). ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه با استفاده از روش MQI (منطقه مورد مطالعه: رودخانه جاجرد). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۰ (۵۶)، بهار ۱۳۹۹. ۵۳ - ۳۵. <https://doi.org/10.29252/jgs.20.56.35>
- طالبی، زهره؛ ایوب‌زاده، سید علی. مصطفوی، حسین. حسین‌زاده، محمدمهدی و شفیع‌زاده، حسین (۱۴۰۳). تحلیل و ارزیابی مورفولوژیکی رودخانه مبتنی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، سازه‌های مصنوعی و تنظیمات آبراهه (مطالعه موردی: رودخانه تالار - از بالادست تا شیرگاه). فصلنامه علوم محیطی ۲۲ (۱)، ۲۱-۳۸. <https://doi.org/10.48308/envs.2023.1250>
- خالقی، سمیه؛ حسین‌زاده، مهدی و هاشمی بوئینی، زهرا (۱۴۰۰). ارزیابی و تحلیل شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه حاجی‌عرب، شهرستان بوئین‌زهرا. جغرافیا و پایداری محیط. دوره ۱۱، شماره ۲. ۷۵ - ۸۹. <https://doi.org/10.22126/ges.2021.6392.238>
- رحمانی فضلی، عبدالرضا؛ و صالحیان بادی، سعید (۱۳۹۵). بررسی پایداری محیطی گسترش سکونتگاه‌های انسانی در حوزه آبریز رودخانه زاینده‌رود. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۲۵ (۲)، ۱۰۵ - ۱۲۵. <https://doi.org/10.22067/geo.v5i2.55042>
- رجبی، معصومه؛ کرمی، فریبا و رنجبری، مجید (۱۴۰۳). بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه قرنق‌چای هشت‌رود به‌منظور مصارف بخش‌های کشاورزی و شرب با تأکید بر نقش سازندهای زمین‌شناسی. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. ۱۳ (۱)، ۱۷۵ - ۱۵۵. [Doi:10.22034/gmpj.2024.429465.1472](https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.429465.1472)
- شایان، سیوش؛ شریفی، محمد و ناصری، ناهید (۱۳۹۶). تحلیل عوامل مورفولوژیکی در تغییرات الگوی مکانی، فضایی رودخانه الوند. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی. دوره ۳۲، شماره ۱. ۱۳۹۶.
- عبدالملکی، علی؛ و کریمی، پیمان (۱۴۰۴). ارزیابی کیفیت هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه ویهج در محدوده شهری قروه با استفاده از شاخص IHG. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی ۱۴ (۱)، ۱۵۵-۱۷۶. [Doi: 10.22034/gmpj.2025.486267.1533.155-176](https://doi.org/10.22034/gmpj.2025.486267.1533.155-176)
- عباسپور، عسل؛ مسعودیان، محسن. راچر، کلاوس و فندرسکی، نیایش (۱۴۰۴). مقایسه هیدرومورفولوژیکی رودخانه پهنه کال در ایران و رودخانه هاردانو در آلمان به روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه (LAWA - OS). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز سال شانزدهم/ شماره ۱. ۱۴۰۴. ۵۸ - ۴۳. [doi:10.61882/jwmr.2024.1268](https://doi.org/10.61882/jwmr.2024.1268)
- غفورپورعنبران، پرستو؛ احمدآبادی، علی. قنواتی، عزت‌الله و یاسی، مهدی (۱۴۰۲). تحلیل هیدرومورفولوژیکی رودخانه کرج در بازه شهری از بیلقان تا پل راه‌آهن. جغرافیا و پایداری محیط. ۱۳ (۱)، ۳۹ - ۲۱. <https://doi.org/10.22126/ges.2022.8026.2552>
- نگهبان، سعید و درتاج، دیانا (۱۳۹۸). ارزیابی تکنیک فعال حوضه ی رودخانه سیروان با استفاده از شاخص های ژئومورفیک. هیدروژئومورفولوژی، ۶ (۱۹)، ۲۰۹-۱۸۷. <https://doi.org/10.22034/hyd.2024.62069.1742>
- نگهبان، سعید و مرحمت، مه‌ری (۱۴۰۳). پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه شهری جهرم با استفاده از الگوریتم ماشینی (Maxent). هیدروژئومورفولوژی، ۱۱ (۴۱)، ۴۷-۲۶. <https://doi.org/10.22034/hyd.2024.62069.1742>
- Ahour, M., & Sadeghian, M. P. (2012). Quality management of river systems using intelligent theories with a pollution discharge permit trading approach. Thesis for a master's degree in civil engineering (water orientation). Islamic Azad University - Islamic Azad University, Central Tehran Branch - Faculty of Engineering 2012.
- Barboza, E., Salas, R., Mendoza, M., Oliva, M., & Corroto, F. (2018). Current land use and hydrogeomorphological quality of the San Antonio River: alternatives for the fluvial restoration in northern Peru. Revista de Investigaciones Altoandinas, 20(2), 203-214.

- Bourne, C. Kehler D. Wiersma, Y. & Cote, D. (2011). Barriers to fish passage and barriers to fish passage assessments: the impact of assessment methods and assumptions on barrier identification and quantification of watershed connectivity. *Aquatic Ecology*, 45 (3), 389- 403. <https://doi.org/10.1007/s10452-011-9362-z>.
- Biswas, S. Ghosh, S. Halder, R. (2021). Impact of human intervention on assessing downstream channel behaviour of Ichamati River on the lower Gangetic Plain of West Bengal, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(3), pp.1651-1665. DOI: [10.1007/s40808-020-00895-7](https://doi.org/10.1007/s40808-020-00895-7).
- Buffington, J.M. (2012). Changes in channel morphology over human time scales [Chapter 32]. In: Church, Michael; Biron, Pascale M.; Roy, Andre G., eds. *Gravel-Bed Rivers: Processes, Tools, and Environments*. Chichester, UK: Wiley. Pp.435-463. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/40245>.
- González Del Tánago, M., & García De Jalón, D. (2011). Riparian Quality Index (RQI): a methodology for characterizing and assessing environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30 (2), 235-254. <http://dx.doi.org/10.23818/limn.30.18>.
- Gregory, K.J. (2006). The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79(3-4), pp.172-191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>.
- Hooke, R.L., Martín Duque, JF. & Pedraza Gilsanz, J.D. (2012). Land transformation by humans: a review. *GSA today*, 22(12), pp.4-10. <http://dx.doi.org/10.1130/GSAT151A.1>.
- Large, A., & Newson, M. D. (2006). Natural rivers, 'hydromorphological quality' and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, (31), 1606-1624. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1430>.
- Martínez, C., & Fernández Yuste, J. (2010). IAHRIS 2.2. Indicators of Hydrologic Alteration in Rivers. User is Manual. Ministry of the Environment – Polytechnic University of Madrid – CEDEX. <https://doi.org/10.3390/w12061745>.
- Montgomery, DR., and Bolton, S.M. (2003). Hydrogeomorphic variability and river restoration. *Strategies for Restoring River Ecosystems: Sources of Variability and Uncertainty in Natural and Managed Systems*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp.39-80. <https://doi.org/10.47886/9781888569469>.
- Newson, M., & 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), pp.1606-1624. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1430>.
- Ollero, A., Granado, D., Acín, V., Gimeno, M., Gonzalo, L.E., Ballarín, D., Díaz, E., Domenech, S., Sánchez, M., Horacio, J., & Mora, D. (2011). The IHG index for hydromorphological quality assessment of rivers and streams: updated version, *Limnetica*, 30 (2): 255-262. DOI: 10.23818/limn.30.19.
- Ollero, A., Ibisate, A., Granado, D., & de Asua. R.R. (2015). Channel responses to global change and local impacts: Perspectives and tools for floodplain management, Ebro River and Tributaries, NE Spain. In *Geomorphic approaches to integrated floodplain management of lowland fluvial systems in North America and Europe* (pp. 27-52). Springer, New York, NY. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-2380-9_3.
- Pourtabari, M., Bani Habib, MA., & Najafi Morghmalaki, S. (2017). River Restoration, Fourth International Conference on Environmental Planning and Management, Tehran. <https://civilica.com/I/6739/>. (In Persian).
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2012). Guidebook for the Evaluation of Stream Morphological Conditions by the Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180-181, 96-108. https://www.researchgate.net/publication/322012176_Guidebook_for_the_evaluat

ion_of_stream_morphological_conditions_by_the_Morphological_Quality_Index_M
QI.

- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. & Bussetini, 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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.009>.
- Raven, P J., Holmes, NT., Vaughan, I P., Dawson, F H., & Scarlett, P. (2010). Benchmarking habitat quality: observations using River Habitat Survey on near-natural streams and rivers in Northern and Western Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20: S13–S30. <https://doi.org/10.1002/aqc.1103>.
- Rhoads, BL., Lewis, QW., & Andresen, W. (2016). Historical changes in channel network extent and channel planform in an intensively managed landscape: Natural versus human-induced effects. *Geomorphology*, 252, pp.17-31. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.04.021>.
- Yousefi, S., Moradi, H.R., Keesstra, S., Pourghasemi, H.R., Navratil, O., & Hooke, J. (2019). Effects of urbanization on river morphology of the Talar River, Mazandarn Province, Iran. *Geocarto International*, 34(3), 276-292. (In Persian).